



Exacta

ISSN: 1678-5428

exacta@uninove.br

Universidade Nove de Julho

Brasil

Oliveira Junior, Antonio Martins; de Jesus Nascimento, Alisson Geraldo; Santos Silva, Tamires Cruz;  
França Andrade, Sonja; Santos, Edilson Jesus; Jailton Marques, José

Uso de reator air-lift em batelada para tratamento de efluentes de uma indústria de beneficiamento de  
coco

Exacta, vol. 9, núm. 2, 2011, pp. 251-259

Universidade Nove de Julho

São Paulo, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81021138010>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# Uso de reator *air-lift* em batelada para tratamento de efluentes de uma indústria de beneficiamento de coco

*Batch air lift reactor for the treatment of the wastewater from industrial process of coconut*

Antonio Martins Oliveira Junior

Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da UFS e do Departamento de Tecnologia de Alimentos. Doutor em Engenharia Química – COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, RJ [Brasil]  
antonio\_martins@pq.cnpq.br

Alisson Geraldo de Jesus Nascimento

Engenheiro de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe – UFS. São Cristóvão, SE [Brasil]  
alissonmetalmilita@yahoo.com.br

Tamires Cruz Santos Silva

Engenheira de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe – UFS. São Cristóvão, SE [Brasil]  
tss.cruz@gmail.com

Sonja França Andrade

Discente do curso de Engenharia de Alimentos e Bolsista de Iniciação Científica. Universidade Federal de Sergipe – UFS. São Cristóvão, SE [Brasil]  
sonjinha.franca@hotmail.com

Edilson Jesus Santos

Doutorado em Engenharia Química – FEQ/UNICAMP, Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal de Sergipe – UFS. São Cristóvão, SE [Brasil]  
edilsonjs@ufs.br

José Jailton Marques

Doutorado em Engenharia Química – FEQ/UNICAMP, Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal de Sergipe – UFS. São Cristóvão, SE [Brasil]  
jjailton@uol.com.br

## Resumo

Neste trabalho, objetivou-se caracterizar o efluente (teor de óleos e graxas (TOG), turbidez, e pH), construir um reator *air-lift* para utilização no tratamento de efluentes provenientes da indústria de beneficiamento do coco, operando em regime de batelada, usando o processo de decantação com sulfato de alumínio e avaliar sua eficiência. Realizaram-se condicionamento e avaliação do desempenho de um reator *air-lift* de bancada em diferentes tempos de processo (0,5 h e 1 h) e análises de teor de óleos e graxas (TOG), turbidez, e pH da amostra de efluentes. Observou-se redução dos níveis de TOG, para 0,035 g/L, e de pH, para 5,17, em diferentes tempos de processo sem adição de sulfato de alumínio, em conformidade com a Resolução 357/05 do CONAMA. Verificou-se que o mesmo não ocorreu em relação à turbidez, embora tenha havido significativa redução para 34 NTU com a adição de sulfato de alumínio. Apesar disso, o reator *air-lift* mostrou ser uma boa opção para tratamento de efluentes dessa natureza, apresentando baixo custo operacional.

**Palavras-chave:** Coco. Tratamento de efluente. Reator *air-lift*.

## Abstract

This paper aimed to characterize the effluent (grease and oil content (TOG), turbidity, and pH, construct an air-lift reactor for use in wastewater treatment coconut industry, operating under batch, using the decantation process with aluminum sulfate, and also evaluate the equipment efficiency. Conditioning and performance evaluation of a batch air-lift reactor in two treatment periods (0.5 h and 1 h) were conducted. A reduction in the level of TOG to 0.035 g/L, and pH to 5.17 for different process times without the addition of aluminum sulfate, in accordance with Resolution 357/05 of the CONAMA (*Conselho Nacional do Meio Ambiente*) were observed. It was verified that this effect did not occur in relation to turbidity, despite the significant reduction to 34 NTU with the addition of aluminum sulfate. Nevertheless, the air-lift reactor proved to be a good option for treatment of wastewater of this nature with low operating costs.

**Key words:** Air-lift reactor. Coconut. Wastewater treatment.

## 1 Introdução

### 1.1 Indústria de beneficiamento do coco

Estudou-se cuidadosamente o processo industrial com a finalidade de conhecer bem a linha de produção da indústria e as fontes geradoras de resíduos. As unidades de produção da Fruteb Sergipe (empresa cedente das amostras de efluente) foram visitadas e, assim, determinadas todas as fontes geradoras de efluentes. A indústria trabalha no regime de 24 horas, produzindo 50.000 l/dia de leite de coco, 12 t/dia de coco ralado, 1.800 kg/dia de óleo para fabricação de sabão e 600 kg/dia de ração animal.

O processamento da polpa de coco nessa indústria é dividido nas seguintes etapas:

- A indústria recebe a matéria-prima, diariamente, transportada por caminhões com capacidade para 10 a 15 toneladas. Já sem o mesocarpo fibroso, os carregamentos de polpa de coco são pesados e descarregados em silos de madeira com capacidade para 15 toneladas.
- A polpa de qualidade inferior passa pelo mesmo processo de despolpamento que a de qualidade superior, porém em outra linha que, posteriormente, é direcionada ao processo de extração de óleo.
- As amêndoas removidas e despeliculadas passam por uma lavagem rotativa com água clorada (20 ppm), em seguida, recebem uma segunda lavagem por infusão em tanque inox com água clorada.
- Os frutos lavados seguem por meio de um transportador para o setor de Trituração e prensagem.
- Os resíduos sólidos em maior volume são as cascas do coco. Essas são usadas como combustível para as caldeiras a vapor que, por

sua vez, são utilizadas no cozimento dos frutos, esterilização a quente, em secagens, entre outros processos.

- Os resíduos líquidos predominantes são águas de lavagem, leite de coco e óleo derramado. Os resíduos gasosos são emitidos em volume desprezível.
- A unidade industrial possui atualmente um sistema de tratamentos de efluentes baseado em um sistema de tratamento físico acoplado a um de tratamento biológico.

### 1.2 Regulamentação ambiental

Embora já esteja devidamente comprovado que são aproveitadas praticamente todas as partes da estrutura do coco, verifica-se que seu processamento industrial gera despejos sólidos, líquidos ou gasosos. Callado e Paula (1999) relatam que numa indústria de processamento de coco os resíduos gerados são casca, aparas, brotos, rejeitos de polpa, coco seco e um grande volume de água de lavagem. Esses despejos não devem ser lançados *in natura* no meio ambiente.

Efluentes são despejos líquidos resultantes tanto de processos industriais como de esgotos domésticos urbanos lançados no meio ambiente. A principal motivação para tratá-los nas indústrias se deve a escassez de água potável em nosso planeta. Desse modo, o aumento de custo da água tratada, bem como os critérios cada vez mais rígidos de descarte de efluentes têm incentivado ainda mais as indústrias a reaproveitarem a água industrial. Aquelas que não necessitam de água processada com qualidade potável são as que têm maior potencial para o reaproveitamento.

Os tratamentos de efluentes industriais envolvem processos necessários à remoção de impurezas geradas na fabricação de produtos de interesse. Os métodos de tratamento estão diretamente associados ao tipo de efluente gerado, ao controle operacional da indústria e às carac-

terísticas da água utilizada. Além disso, o rejeito deve ser descartado de forma que não confira ao corpo receptor características em desacordo com padrões estabelecidos por órgãos ambientais, como o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (BRASIL, 2005).

Entre os vários processos, podem-se destacar os tratamentos físicos, que são caracterizados pelos seguintes métodos de separação de fases: sedimentação, decantação, filtração, centrifugação ou flotação dos resíduos que, além de ser um método de alta eficiência e de baixo custo operacional para remoção de contaminantes, aumenta o teor de oxigênio dissolvido no efluente tratado, além de diminuir níveis de cor, turbidez e óleos e graxas (ADLAN et al., 2011). Esses métodos correspondem à transferência dos resíduos para uma nova fase.

Para verificar a eficiência de um tratamento, diversos parâmetros (pH, temperatura, óleos e graxas, materiais sedimentáveis, matéria flutuantes, turbidez, metais pesados) podem ser analisados. Destacam-se o teor de óleos e graxas para os efluentes oleosos (TOG) (PALMEIRA et al., 2010).

Segundo a norma NBR 14063 (ABNT, 1998), os sistemas de tratamento de efluentes contendo óleos e graxas podem envolver vários níveis de tratamento.

### 1.3 Processos *air-lift* de tratamento de efluentes

O termo *air-lift* abrange um amplo conjunto de dispositivos gás-líquido-sólido pneumáticos de contato que são caracterizados pela circulação de fluidos em um padrão cíclico definido por meio de canais construídos especificamente para esse fim. No *air-lift*, o conteúdo é pneumáticamente agitado por uma corrente de ar ou outros gases. Nesses casos, o nome do flotador *gas-lift* é usado. Além de agitação, o fluxo de gás tem a importante função de facilitar o intercâmbio de material en-

tre a fase gás e do meio; o oxigênio geralmente é transferido para o líquido e, em alguns casos, os produtos de reação são removidos por intercâmbio com a fase gasosa.

Os reatores *air-lift* caracterizam-se principalmente:

- pela ausência de partes mecânicas móveis e por serem de construção industrial simples, apresentando boa transferência de calor e massa; e
- por requisitarem baixa quantidade de energia em sua operação, podendo ser construídos em pequenas áreas, devido a sua altura e diâmetro.

Apesar dessas vantagens notáveis, eles são difíceis de dimensionar em decorrência da complexidade do comportamento hidrodinâmico. Isso torna a predição da taxa de aeração (razão entre o volume e gás presente na fase líquida e o volume total de dispersão) essencial para um bom dimensionamento e uma boa modelagem para esse tipo de reator.

Os reatores *air-lift* são normalmente utilizados com fluidos menos viscosos e também quando há necessidade de agitação mais suave e transferência eficiente de oxigênio. Além disso, a combinação do uso de ar saindo da parte inferior do reator em direção à parte superior (agindo como um flotador), com o uso de uma microbiota específica (reator biológico), torna tal reator muito eficiente para tratamentos de efluentes e reduções de parâmetros nocivos.

O reator *air-lift* é utilizado como um biorreator na fermentação industrial em batelada que promove ligação entre o líquido do topo e o da base, com direcionamento do gás de modo a obter turbulência e autocirculação dirigida, permitindo elevada transferência de oxigênio. A aeração é fator importante para que se obtenha uma maior

formação de massa celular viável durante o processo fermentativo. A injeção de gás serve para agitar e aerar, eliminando o gasto de energia para agitação e promovendo um aumento na capacidade de transferência de massa e calor.

Este equipamento é de construção simples e econômica, possibilitando uma manutenção fácil e barata, podendo representar uma alternativa ao processo industrialmente mais utilizado, o sistema em batelada contínua, tendo em vista, especialmente, a economia de energia, um dos principais custos do processo industrial (MULLER et al., 2007).

O uso do reator *air-lift* para tratamentos de efluentes vem crescendo paulatinamente. Isso se deve, sobretudo, ao seu fácil manuseio, custo e demais vantagens em relação a alguns tratamentos tradicionais. Nesse campo, sua utilização tem sido mais direcionada para o tratamento de efluentes de indústrias geradoras de resíduos oleosos, como indústrias mecânicas e algumas de alimentos.

Neste trabalho, objetivou-se caracterizar o efluente (teor de óleos e graxas (TOG), turbidez, e pH), construir e aplicar um reator aerado no tratamento de efluentes de uma indústria de beneficiamento do coco, usando o processo de decantação com sulfato de alumínio.

## 2 Material e métodos

### 2.1 Material

Foram utilizadas amostras de efluente real, cedidas pela Fruteb Sergipe, empresa localizada na BR 101, São Cristovão (SE), que realiza processamento de coco e frutas tropicais, com grande predominância da matéria-prima que é foco neste estudo, sendo a carga de efluente após esse processo desprezível em relação à carga de efluentes decorrentes do beneficiamento do coco.

As amostras de efluente foram coletadas em recipientes de polietileno de alta densidade (PEAD) em três diferentes fases do tratamento, a saber: sem tratamento (bruto), com tratamento na saída da segunda lagoa aerada e com tratamento após uso de cloro para reutilização na própria empresa.

Todas as análises foram realizadas nos Laboratórios de Inovação Tecnológica (LABITEC) e de Química Ambiental (LQA) dos Departamentos de Engenharia Química e de Química, respectivamente, da Universidade Federal de Sergipe.

### 2.2 Montagem experimental do reator *air-lift*

O reator *air-lift* utiliza ar injetado em um único ponto de forma que a contribuição direta da injeção de ar à dinâmica do sistema seja pequena. A circulação de líquido e gás é facilitada pela diferença do *holdup* de gás entre o *riser* e o *downcomer* do reator, criando uma diferença de pressão na parte inferior do equipamento, a qual força o fluido do fundo do *downcomer* para o *riser*. No processo em batelada, há um ambiente relativamente constante, com a minimização de mudanças bruscas nas forças mecânicas que agem de partículas em suspensão. A vantagem do uso desse reator é a simplicidade mecânica do dispositivo – o qual se encontra em processo de pedido de patente – que separa o *riser/downcomer* do separador de gás. Todos os pontos mencionados acima são particularmente relevantes para processos sofisticados em que o produto é normalmente de alto valor agregado. O reator *air-lift* com o dispositivo utilizado pode ser usado também para o tratamento de efluentes, caso em que a eficiência do uso das utilidades industriais pode tornar-se o ponto-chave para o processo.

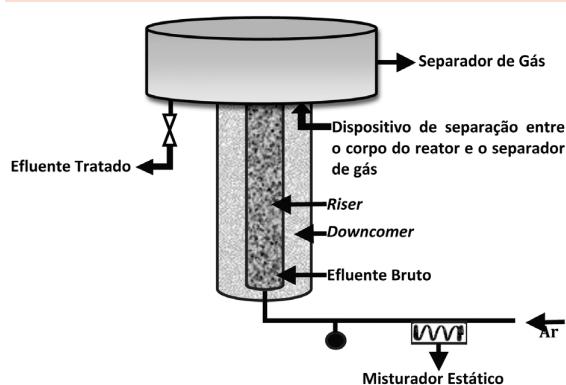
A planta piloto utilizada neste trabalho é mostrada na Figura 1. O reator foi feito de tubos de acrílico e PVC, com um volume aproximado de

trabalho de 2 dm<sup>3</sup>. As dimensões principais estão resumidas na Tabela 1. O ar foi introduzido com o auxílio de um compressor, passando por um misturador estático. A injeção de ar está localizada a 0,04 m da base do reator.

**Tabela 1:** Dimensões principais do rea

Dimensões	Valor (m)
Altura do tubo interno concêntrico	0,41
Diâmetro do tubo interno excêntrico	0,03
Diâmetro do tubo interno concêntrico	0,02
Diâmetro do separador de gás	0,15
Altura do separador de gás	0,06

Fonte: Os autores.



**Figura 1:** Representação esquemática do reator *air-lift*

Fonte: Os autores.

Inicialmente, montou-se o equipamento, em seguida, realizaram-se testes com água para analisar a vazão e o tamanho das bolhas e verificar a existência de vazamentos. Logo depois, os experimentos foram iniciados utilizando-se o efluente bruto (EB).

## 2.3 Análise das amostras

O trabalho foi dividido em duas etapas:

1<sup>a</sup> etapa – caracterização do efluente em três estágios: bruto, após sair da segunda lagoa aerada

e após tratamento com cloro para reuso. Para tal, foram realizadas análises de pH, de sólidos sedimentáveis, de turbidez e de TOG (teor de óleos e graxas), de acordo com as metodologias descritas por Clesceri et al. (2005), em amostras obtidas em diferentes dias na caixa de captação principal do efluente.

2<sup>a</sup> etapa – desenvolvimento de testes em um reator *air-lift*, utilizando o efluente bruto em diferentes tempos de residência. Além disso, usou-se sulfato de alumínio (1.000 mg/L) como agente coagulante, a fim de verificar a eficiência do tratamento. Logo após os testes foram realizadas análises de TOG, turbidez, e pH, de acordo com as metodologias descritas por Clesceri et al. (2005). Foram realizados testes nos tempos de 30 minutos e uma hora no reator *air-lift*, obedecendo a uma vazão de ar com pressão de 1 Bar e de bolhas bem pequenas para obter-se uma melhor eficiência no processo, aumentando-se a superfície de contato efluente-bolha. Para restringir a passagem de ar e aumentar o número de bolhas, utilizou-se um filtro de cigarro. A capacidade volumétrica do reator utilizado é de cerca de 2 L.

O sulfato de alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ) foi escolhido como coagulante por ser o mais utilizado em estações de tratamento de efluentes brasileiras, e também devido ao seu baixo custo e de sua eficiência. É caracterizado pela cor branca-acinzentada e sua síntese pode ser obtida pela dissolução de hidróxido de alumínio,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , em ácido sulfúrico,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (FRANCO, 2009).

As condições de funcionamento do reator foram reproduzidas com base no trabalho de Silva et al. (2010).

A Figura 2, a seguir, mostra o reator *air-lift* montado em uma bancada preenchido com o efluente fabril bruto.



**Figura 2: Reator *air-lift* experimental construído e utilizado**

Fonte: Os autores.

**Tabela 2: Resultados obtidos para o tratamento com reator *air-lift* sem e com sulfato de alumínio em diferentes tempos**

Tempo	pH	TOG (g/L)	Turbidez ( <i>Nephelometric Turbidity Unit - NTU</i> )
0 Efluente bruto (EB)	5,17	1,576	936
0,5 h Sem sulfato de alumínio	5,17	0,0325	496
1,0 h Sem sulfato de alumínio	5,17	0,0375	543
0,5 h Com sulfato de alumínio	3,6	0,016	34
1,0 h Com sulfato de alumínio	3,6	0,018	54
CONAMA 357/05	5-8	0,05	Virtualmente ausente

Fonte: Os autores.

### 3 Resultados e discussão

O reator *air-lift* foi construído e testado com objetivo de avaliar a eficiência no tratamento do efluente bruto. Os parâmetros utilizados para a verificação da eficiência foram as análises de TOG, turbidez e pH, de acordo com as metodologias descritas por Clesceri et al. (2005). Os resultados médios para o tratamento do efluente bruto com esse equipamento, sem e com utilização de sulfato de alumínio, estão expressos na Tabela 2.

O EB possui aspecto leitoso e alta turbidez. Após o tratamento, pode-se notar que o efluente foi clarificado, apresentando também baixa turbidez. A turbidez ocorre devido à presença de materiais insolúveis no meio aquoso com diâmetros superiores a  $10^{-3}$  µm. Os diâmetros das partículas contribuem significativamente com o aumento da turbidez do EB e do efluente tratado. As partículas apresentaram diâmetros em torno de 10 µm, sendo consideradas sólidos suspensos. Grande parte dos micro-organismos patogênicos desenvolve-se na presença dessas partículas, por isso, é necessário eliminá-las (CRESPILO et al., 2004).

Os resultados da turbidez podem ser influenciados no caso de soluções que apresentam emulsões como ocorrem com os efluentes de coco. O melhor resultado de redução de turbidez foi encontrado no tratamento com sulfato de alumínio (96%). Apesar do uso do sulfato de alumínio como coagulante, a turbidez do efluente tratado foi superior ao estabelecido pela Resolução 375 de 2005 do CONAMA. A biomassa, em conjunto com parte da matéria orgânica (de natureza diferenciada da matéria orgânica presente no efluente bruto), permanece em suspensão em todo o efluente, o que justifica o valor de sua turbidez ainda elevado. Deve-se ressaltar que o reator *air-lift* sem adição de agentes coagulantes conseguiu reduzir a turbidez em 47%.

Observa-se que o tratamento do efluente bruto utilizando o reator *air-lift* foi eficaz no que diz respeito à redução dos parâmetros em um período de tempo significativamente reduzido, quando comparado ao tratamento realizado usando-se as lagoas aeradas existentes na unidade industrial em que o efluente bruto foi coletado. É necessário frisar que a modalidade de tratamento de efluentes existente na unidade

industrial satisfaz plenamente a legislação, todavia o tempo de residência indispensável para o tratamento ser completado nas lagoas aeradas é bem superior (24 horas), quando comparado ao tempo de tratamento com o reator *air-lift*. Além disso, os gastos de energia com o funcionamento dos aeradores é muito maior do que o consumo energético desse reator.

Os testes com reator *air-lift* apresentaram bons resultados para redução do teor de óleos e graxas (TOG). O tratamento de 0,5 h sem uso de sulfato de alumínio reduziu o TOG em 98%. Já o tratamento com uso de sulfato de alumínio para o mesmo tempo apresentou uma diminuição de 99%. Silva et al. (2010) obtiveram uma redução de TOG de apenas 91%, utilizando o sulfato de alumínio como coagulante. Crespilho et al. (2004) avaliaram o tratamento de efluentes de uma indústria de leite de coco, usando a eletroflotação com diferentes níveis de pH e obtiveram uma redução de TOG de 96%. Deve-se ressaltar que o reator *air-lift* sem adição de qualquer agente coagulante conseguiu satisfazer a legislação no tocante ao teor de óleos e graxas, mostrando eficiência semelhante ao que foi encontrado no trabalho de Crespilho et al. (2004).

O pH para os dois tratamentos (sem e com sulfato de alumínio) apresentaram diferenças significativas. Quando se utilizou o sulfato de alumínio, o pH diminui significativamente, pelo fato desse agente ser um componente extremamente ácido, sendo necessária a utilização de outros insumos químicos com a função de compensar tal diminuição. Sabe-se que a faixa de pH ideal para o tratamento é de 5 a 8 (SILVA et al., 2010). Como as amostras estavam na faixa de atuação do coagulante (pH de 5,17) não foi necessário fazer uma correção de pH para a utilização do sulfato de alumínio.

Silva et al. (2010) testaram o sulfato de alumínio como coagulante de amostras de efluente

sintéticos constituídos a partir de leite de coco produzido em uma unidade industrial. As amostras apresentavam pH que variavam de 5,3 a 5,5, e após a coagulação com sulfato de alumínio elas mostraram pH de 3,7, muito próximo ao encontrado com o uso do sulfato de alumínio como agente coagulante, durante o tratamento no reator *air-lift*. Como era esperado, o uso do reator *air-lift* sem agentes coagulantes não conduziu nenhuma variação do pH, mantendo o efluente nos parâmetros da legislação vigente no Brasil.

Diante dos resultados apresentados acima, observa-se que o tratamento com o reator *air-lift* foi capaz apenas de manter o TOG e o pH nos parâmetros estabelecidos na Resolução 375 de 2005 do CONAMA. A adição do sulfato de alumínio conseguiu reduzir significativamente a turbidez, mas não foi suficiente para que se atingisse os critérios determinados na legislação, além de provocar a redução de pH, impossibilitando o descarte de efluente fora da faixa ideal de pH.

Adlan et al. (2011) otimizaram o processo de flotação por ar dissolvido (FAD), combinado com o de coagulação com cloreto ferro ( $\text{FeCl}_3$ ) para um tratamento de efluentes semiaeróbio. Os parâmetros (taxa de vazão, dosagem de coagulante, pH e tempo de injeção) otimizados pela metodologia da superfície de resposta (RSM), utilizando *design* do componente central (CCD) para descobrir as melhores condições de tratamento a fim de remover o máximo de turbidez, demanda química de oxigênio (DQO), cor e nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ). As condições ótimas do modelo foram testadas para confirmar os resultados preditos. As concentrações iniciais de turbidez (259 NTU), DQO (2010 mg/L), cor (4.000 mgPt/L) e  $\text{NH}_3\text{-N}$  (1.975 mg/L) foram reduzidas em 50, 75, 93 e 41%, respectivamente. Os resultados foram consistentes com os preditos pelo modelo. As condições ótimas de operação para coagulação e flotação por ar dissolvido foram 599,22 mg/L de  $\text{FeCl}_3$  a um pH de

4,76, seguido de uma pressão de saturação de 600 kPa, com uma taxa de fluxo de 6 L/min e tempo de injeção de 101s.

Mineta et al. (2011) mediram o coeficiente de transferência de oxigênio e a taxa de absorção de oxigênio em chorume em coluna de bolhas com lodo ativado, variando a concentração de lodo (2.000 a 8.000 mg/L) e/ou a taxa de aeração (0,3 a 1,5 L/min). Esses foram determinados separadamente por métodos distintos. A taxa de absorção de oxigênio endógeno do lodo ativado foi estimada por monitoramento da mudança de concentração de oxigênio dissolvido, após desligar-se a entrada de ar na coluna. O coeficiente volumétrico de oxigênio dissolvido foi determinado utilizando o perfil de concentração e as taxas de absorção predeterminadas por meio das medidas realizadas separadamente. Enquanto a taxa de absorção de oxigênio teve um aumento linear com a concentração de lodo ativado, o coeficiente volumétrico de transferência de oxigênio decresceu quando essa concentração aumentou.

As correlações empíricas foram obtidas como funções da concentração de lodo ativado, com dados experimentais apropriados. A degradação aeróbica do p-nitrofenol (PNP) por aclimação em lodo ativado, os modelos dinâmicos para o balanço de massa do oxigênio dissolvido e para a cinética da degradação do PNP, com as correlações propostas pelo coeficiente volumétrico de transferência de oxigênio e pela taxa de absorção desse gás puderam simular com sucesso os perfis de concentração de oxigênio dissolvido e PNP durante o tempo de biodegradação aeróbica do PNP.

Durante o processo, sem a utilização do sulfato de alumínio para o tempo de 0,5 h, notou-se uma maior aglomeração de material sólido chamada flóculos os quais eram bem maiores que os obtidos no tratamento realizado no tempo de 1 h (Figura 3).



**Figura 3: Experimento com formação de flóculos para o tempo de 30 minutos**

Fonte: Os autores.

Esperava-se que um maior tempo de tratamento melhorasse os resultados, porém esse comportamento não foi evidenciado experimentalmente. Uma das hipóteses a ser levantada é o fato de haver um excesso de sólidos presentes no local de coleta, decorrida uma hora do início do experimento.

Outra situação percebida é que, possivelmente, entre 30 e 60 minutos, há um “ponto de saturação” do sistema, ou seja, existe um determinado tempo de tratamento nesse intervalo citado que precisa ser descoberto, pois tudo indica que quando se continua a tratar o material durante certo período, além desse ponto de saturação, ocorre um efeito reverso, isto é, todos os parâmetros que estavam diminuindo em seus valores absolutos passam a aumentar novamente devido a um desprendimento de resíduos sólidos que se depositam no suporte que sustenta o tubo interno do reator.

## 4 Conclusão

No que diz respeito ao comparativo com a Resolução 357 de 2005 do CONAMA, observa-se que o tratamento em reator *Air-Lift*, sem sulfato de alumínio e com sulfato de alumínio, para os tempos de meia e de uma hora, o teor de óleos e

graxas do efluente tratado foi satisfeito. Os tratamentos sem adição de sulfato de alumínio obedeceram a legislação quanto ao parâmetro pH. Quando se adicionou sulfato de alumínio houve uma redução de pH que não atendeu à legislação vigente. Sugerem-se novos testes em diferentes situações e em diversos tempos de análise para avaliar a eficiência desse sistema em operação contínua. O reator *air-lift* demonstrou ser uma boa opção para tratamento de efluentes de indústrias de beneficiamento de coco, além de ter baixo custo operacional.

## Referências

- ADLAN, M. N.; PALANIANDY, P.; AZIZ, H. A. Optimization of coagulation and dissolved air flotation (DAF) treatment of semi-aerobic landfill leachate using response surface methodology (RSM). *Desalination*, 2011, (doi:10.1016/j.desal.2011.04.006). Article in Press.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR 14063: Óleos e graxas – Processos de tratamento em efluentes de mineração*. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. *Resolução n. 357 de 17 março de 2005: dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes*. Diário Oficial da União, 18 mar. 2005.
- CALLADO, N. H.; PAULA, J. Gerenciamento de resíduos de uma indústria de processamento de coco-estudo de caso- In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1999, Anais... Rio de Janeiro, RJ: Anais em 'CD-ROM' II-067, 1999.
- CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E.; EATON, A. D. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, 21<sup>st</sup> ed., APHA: Washington, 2005.
- CRESPILHO, F. N.; SANTANA, C. G.; REZENDE, M. O. O. Tratamento de efluente da industria de processamento de coco utilizando eletroflotação. *Química Nova*, v. 27, n. 3, p. 387-393, 2004.
- FRANCO, E. S. *Avaliação da influência dos coagulantes sulfato e alumínio e cloreto férrego na remoção de turbidez e cor da água bruta e sua relação com sólidos na geração de lodo em estações de tratamento de água*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)– Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 2009.
- MINETA, R.; SALEHIA, Z.; YOSHIKAWAB, H.; KAWASE, Y. Oxygen transfer during aerobic biodegradation of pollutants in a dense activated sludge slurry bubble column: Actual volumetric oxygen transfer coefficient and oxygen uptake rate in p-nitrophenol degradation by acclimated waste activated sludge. *Biochemical Engineering Journal*, 2011, p. 266-274.
- MULLER, J. L. et al. Comparação do crescimento de *Saccharomyces boulardii* em fermentador por batelada tipo Air-lift e shaker. *Ciência Tecnologia de Alimentos*, v. 27, n. 4, p. 688-693, 2007.
- PALMEIRA, V. A. A. et al. Tratamento de efluentes da industria do coco utilizando os processos de coagulação e flotação por ar dissolvido. In: XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 149-98221161. Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, 2009, Foz do Iguaçu. Disponível em: <<http://www.cobeqic2009.feq.ufu.br/uploads/media/98221161.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2010
- SILVA, S. R.; SANTOS, A. M.; PALMEIRA, V. A. A.; SOLETTI, J. I.; CARVALHO, S. H. V. Tratamento de Efluente oleoso através de flotação por ar induzido nas configurações tanque e coluna. In: XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, Foz do Iguaçu, Anais... Foz do Iguaçu, PR: Editora Cubo Multimídia, 2010.

Recebido em 10 abr. 2011 / aprovado em 4 jun. 2011

### Para referenciar este texto

OLIVEIRA JUNIOR, A. M. et al. Uso de reator *air-lift* em batelada para tratamento de efluentes de uma indústria de beneficiamento de coco. *Exacta*, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 251-259, 2011.

