

II - 076 – INVESTIGAÇÃO DO MÉTODO DE SEPARAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO VIA FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO EM EFLUENTE ORIUNDO DE EMPRESA DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO

Raphael Gomes Cardoso⁽¹⁾

Graduando em Química Industrial modalidade Bacharelado pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e Técnico em Química pela Escola Projeção Central de Ensino do Triângulo (Uberlândia). Aluno de Iniciação Científica pelo Laboratório de Armazenamento de Energia e Tratamento de Efluente (LAETE/UFU).

José Pedro Thompson Jr.

Químico Industrial e especialista em Gestão Ambiental pela Universidade São Francisco, mestre em Química pela Universidade Federal de Uberlândia. Professor na Universidade São Francisco.

André Luiz de Oliveira

Professor Doutor da Faculdade de Engenharia Civil/UFU. Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Civil/ UFU

Sheila Cristina Canobre

Professora Doutora do Instituto de Química/ UFU. Laboratório de Armazenamento de Energia e Tratamento de Efluente (LAETE/UFU)

Fábio Augusto do Amaral

Professor Doutor do Instituto de Química/UFU. Laboratório de Armazenamento de Energia e Tratamento de Efluente (LAETE/UFU)

Endereço⁽¹⁾: Instituto de Química – Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 1D, Campus Santa Mônica, Bairro Santa Mônica - Uberlândia – MG - CEP: 38408-100 – Brasil – Tel: (34) 9912-4745 – e-mail: raphaelgomescardoso@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo principal investigar as condições ideais para produção de água saturada com microbolhas empregada no processo de separação sólido-líquido por Flotação por Ar Dissolvido (FAD). O efluente utilizado neste trabalho, passou por tratamento físico-químico convencional realizado em ensaios de “jar test”, consistindo de etapas de geração de cargas, adequação das faixas de pH e coagulação/floculação. Após o tratamento físico-químico foi utilizada a FAD para a separação sólido-líquido do efluente foram utilizados três parâmetros de controle sendo eles volume de lodo, tempo e remoção de turbidez para se avaliar a tratabilidade do método escolhido. De modo geral, a saturação realizada com maiores pressões geraram maiores remoções de turbidez e estabilidade do lodo. A dosagem do surfactante também contribuiu favoravelmente na qualidade das microbolhas produzidas na saturação, com substancial diminuição de volume de lodo.

PALAVRAS-CHAVE: flotação por ar dissolvida, saturação, micro-bolhas, efluentes industriais

INTRODUÇÃO

A partir do final da década de 60, a sociedade tem se mostrado cada vez mais preocupada com o meio ambiente. O homem começou a observar que os pequenos atos por ele cometido contra a natureza, os amplificando em escala global são preocupantes. (STF, 2014)

Todos os problemas dos quais estamos acostumados a saber pelos meios de comunicação são reflexos deste abuso e da falta de soluções viáveis para que se possa reverter esse quadro alarmante. Sendo assim um desses problemas é a escassez da água, que é primordial a vida e a faz parte de muitas atividades humanas. A água é um recurso natural continuamente contaminada, desde o desenvolvimento agrícola e industrial até a produção de vários bens de consumo atuais.

Portanto tendo em vista que a água é um recurso de tamanha importância em diversas atividades da vida humana e de todos os seres vivos, é necessário ter em mente que todas as formas de se preservar e reutilização este bem primordial a vida humana; a água; deve ser amplamente observado e avaliado pela sociedade. Assim

as possibilidades de tratamento encontradas devem ser amplamente estudadas e aprimoradas para a máxima eficiência de reaproveitamento desse recurso tão importante.

Uma técnica que vem ganhando bastante espaço em estações de tratamento de água e efluentes é a da Flotação por Ar Dissolvido (FAD). A FAD é uma técnica de separação sólido-líquido baseado no gradiente de solubilidade do ar em água em diferentes condições de pressão. A água é inicialmente saturada em uma unidade especial, denominada câmara de saturação ou câmara de pressurização, com ar sob pressão elevada (normalmente de 4 a 6,5 Kgf/cm²), relativamente superior a pressão atmosférica. Quando a água saturada é introduzida na câmara de flotação ou em Jarros adaptados, a redução da pressão para condições de pressão atmosférica permite a liberação das bolhas de ar no meio líquido e o arraste do material floculado para a superfície do sistema. (DI BERNARDO, 1993)

A saturação da água dentro da câmara do flotador é de extrema importância. Esta é afetada por diversas variantes como a pressão de saturação e adição de surfactante. A pressão de saturação utilizada influencia na taxa da troca entre gás e líquido o que influencia a produção de micro-bolhas de ar. Já adição de surfactantes tem a função de reduzir a tensão superficial da água, controlar o tamanho e estabilizar as micro-bolhas formadas assim criando um sistema com condições mais favoráveis para sua posterior aplicação. Portanto este trabalho teve como foco a investigação das condições ideais para produção de água saturada com microbolhas empregada no processo de separação sólido-líquido para o tratamento de efluente. (CHO, 2002)

OBJETIVOS

Este trabalho teve como foco a investigação das condições ideais para produção de água saturada com microbolhas empregada no processo de separação sólido-líquido para o tratamento de efluente oriundo de empresa de Transporte Rodoviário (Lavagens de veículos e seções de manutenção) utilizando a técnica da Flotação por Ar Dissolvido (FAD). Sendo assim foram investigados diversos fatores como pressão de saturação e adição de surfactante “à câmara de saturação”. Os parâmetros de controle utilizados neste trabalho foram volume de lodo residual, tempo necessário para a flotação e remoção de índices de turbidez procurando gerar um efluente que atenda tanto aos interesses da atividade comercial como da legislação ambiental vigente.

MATERIAIS E MÉTODOS

O tratamento físico-químico do efluente foi estabelecido em ensaios em “jar test” (Nova Ética, modelo 218). As principais etapas do tratamento do efluente provindo das seções de lavagem e manutenção dos veículos foram a geração de cargas; adequação das faixas de pH; coagulação/floculação e separação sólido-líquido (FAD).

A fim de regular o pH para a atuação dos coagulantes/floculantes no tratamento, fez-se adequação para pH 9,0 com NaOH 10% (m/v). Na etapa de coagulação foi utilizado Tanino (TANFLOC classe SG), compostos fenólicos, de peso molecular suficientemente elevado contendo um número suficiente de grupos hidroxila ou outros grupos adequados, de forma a possibilitar a formação de complexos estáveis com proteínas e outras macro-moléculas, para que houvesse a redução de forças eletrostáticas de repulsão que mantêm as partículas separadas em suspensão, criando condições para formação de coágulos. A etapa posterior foi a adição do alcalinizante (Ca(OH)₂) como auxiliar de coagulação, cuja função se semelha à do coagulante, a desestabilização das cargas de repulsão do efluente facilitando o processo de coesão das partículas em suspensão além da correção final do pH do efluente para a neutralidade. (Jorge, 2001)

A floculação foi a etapa final do tratamento físico-químico do efluente, sendo responsável pela união dos coágulos formados, visando a formação de flocos de tamanhos maiores que facilitassem sua remoção via flotação por ar dissolvido. Nessa etapa foram utilizados Polieletrólito de caráter aniônico (Nalclear 8173: Poliacrilamida Aniônica), polímeros originários de proteínas e polissacarídeos de natureza sintética, de massas moleculares geralmente elevadas e adequados para a floculação, pois estabelecem ligações entre partículas pequenas dispersas na água, facilitando sua aglutinação. (Vanacor, 2005)

No processo de sólido-líquido via Flotação por Ar Dissolvido (FAD). Na FAD ocorreu a produção de bolhas de ar pela despressurização de uma corrente aquosa saturada com ar em uma pressão acima da pressão

atmosférica ($3,5\text{--}5,0 \text{ Kg f cm}^{-2}$) que são utilizadas para capturar partículas sólidas (e/ou líquidas) dispersas em um meio aquoso. (Thompson, 2012)

Portanto devido à importância que a FAD tem no processo de separação sólido líquido, neste trabalho investigou-se a variação da pressão de saturação e da adição de surfactante na câmara de saturação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente investigou-se a influência da adição direta na câmara de saturação do dodecil sulfato de sódio (SDS), em diferentes concentrações e pressões de saturação para avaliação da redução de turbidez inicial. A FIGURA 1 apresenta a variação da pressão de saturação em função da variação da remoção de turbidez, seja pelo uso ou não de surfactante na câmara de saturação.

É perceptível que o tratamento aplicado aliado à separação sólido-líquido por flotação por ar dissolvido fornece reduções de significativas de turbidez (acima de 75% na maioria dos casos). Mas se faz importante destacar que a adição de surfactante na câmara de saturação faz com que haja um aumento nos percentuais de redução de turbidez quando comparado a mesma aplicação de água saturada na ausência de surfactante.

Isso ocorre provavelmente pela maior formação e estabilidade das micro-bolhas estabilizadas pela adição do surfactante, o que aumenta a taxa que transporte dos flóculos para a zona superior do jarro melhorando tanto a remoção como a compactabilidade do mesmo na zona superior do jarro.

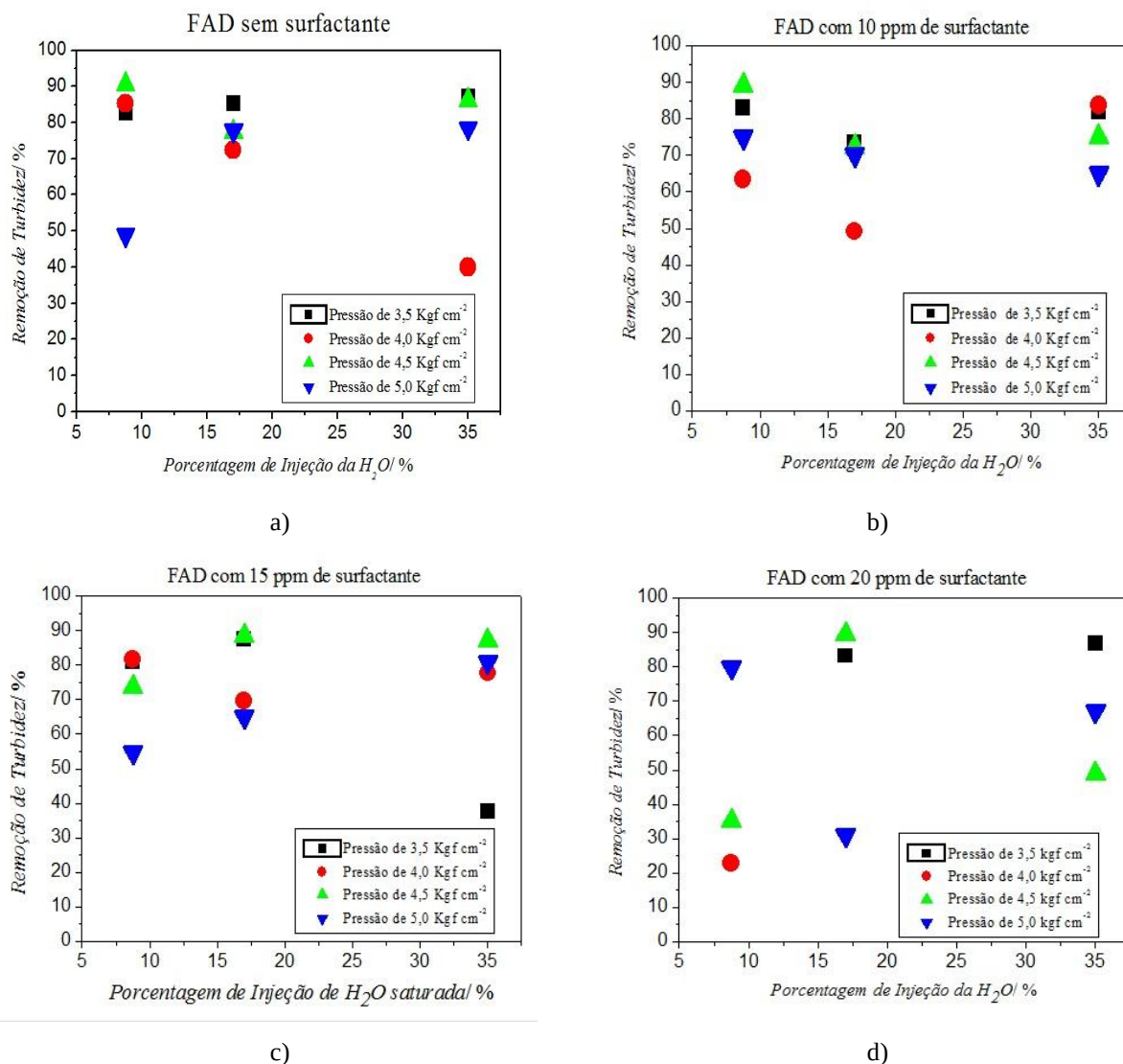


FIGURA 1 – Variação da remoção de Turbidez em função da porcentagem de injeção de água saturada em diferentes pressões de saturação para aplicação da FAD: a) na ausência de surfactante; b) na presença de 10 ppm; c) na presença de 15 ppm de surfactante e d) na presença de 20 ppm de surfactante; aplicado na câmara de saturação.

Em seguida, investigou-se o efeito da variação da adição de surfactantes em diferentes pressões sobre o tempo necessário para a FAD como demonstrado na FIGURA 2.

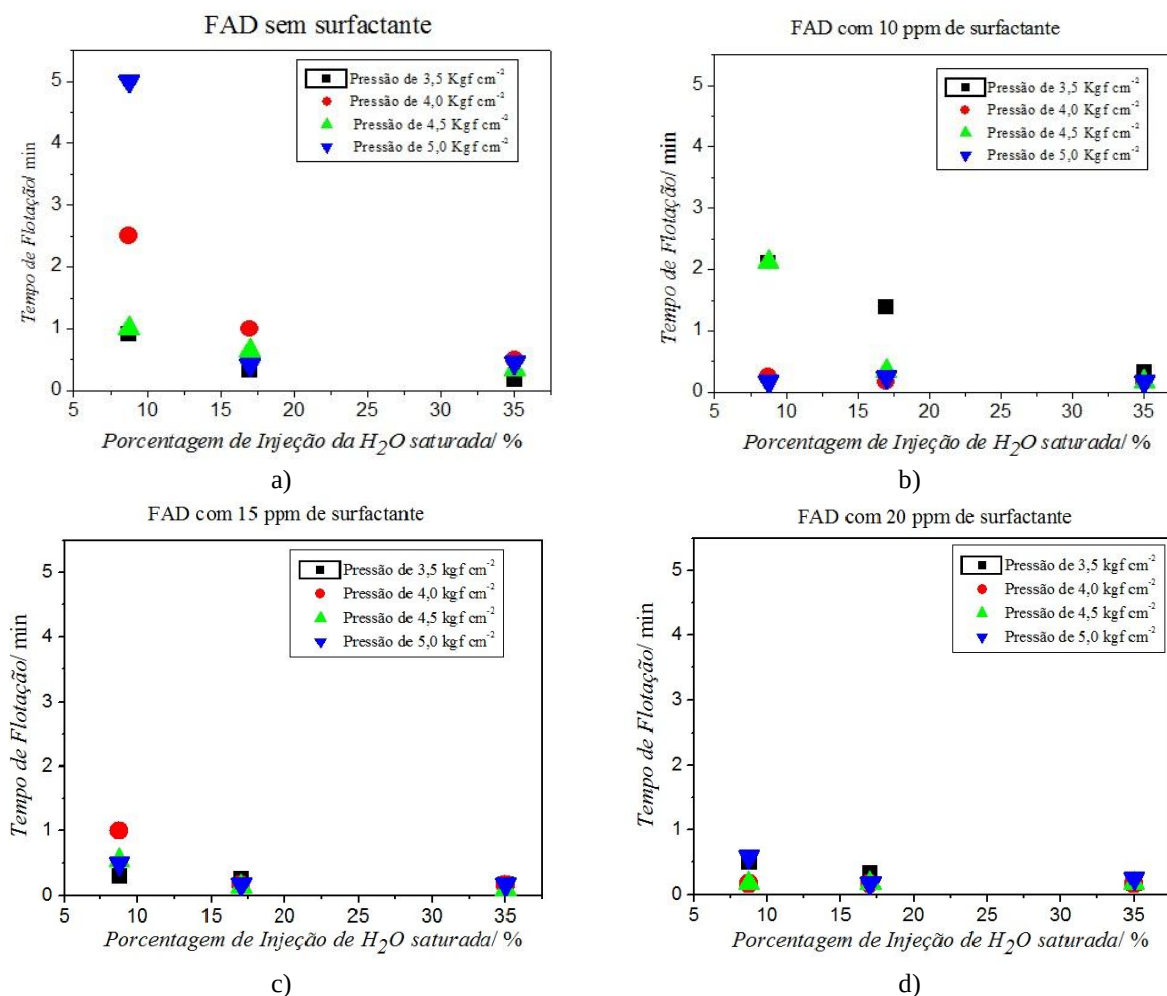


FIGURA 2–Variação do Tempo de Flotação pela Injeção de água saturada em diferentes pressões de saturação para aplicação da FAD: a) na ausência de surfactante; b) na presença de 10 ppm; c) na presença de 15 ppm de surfactante e d) na presença de 20 ppm de surfactante; aplicado na câmara de saturação.

Um fato interessante pode ser visto pela análise dos tempos necessários para a flotação. Para as taxas de injeção a 35% de água saturada verificou-se que os tempos de flotação foram inferiores dos obtidos para as aplicações de menor porcentagem de água saturada, provavelmente pela maior capacidade de transporte que tal taxa agrega. Mas a partir da aplicação do SDS na câmara de saturação, ficou evidenciado que o tempo necessário para flotação foi reduzido em relação a aplicação de água saturada na ausência de surfactante, o que leva a concluir que o surfactante teve a função de reduzir a tensão superficial da água, controlar o tamanho e estabilizar as micro-bolhas formadas, assim aumentando o desempenho da flotação pela redução considerável do tempo necessário para sedimentaçãoⁱⁱ. (CHO, 2012)

A próxima averiguação foi visualizar o comportamento do volume de lodo flotado em função da porcentagem de água saturada adicionada como demonstrado na FIGURA 3.

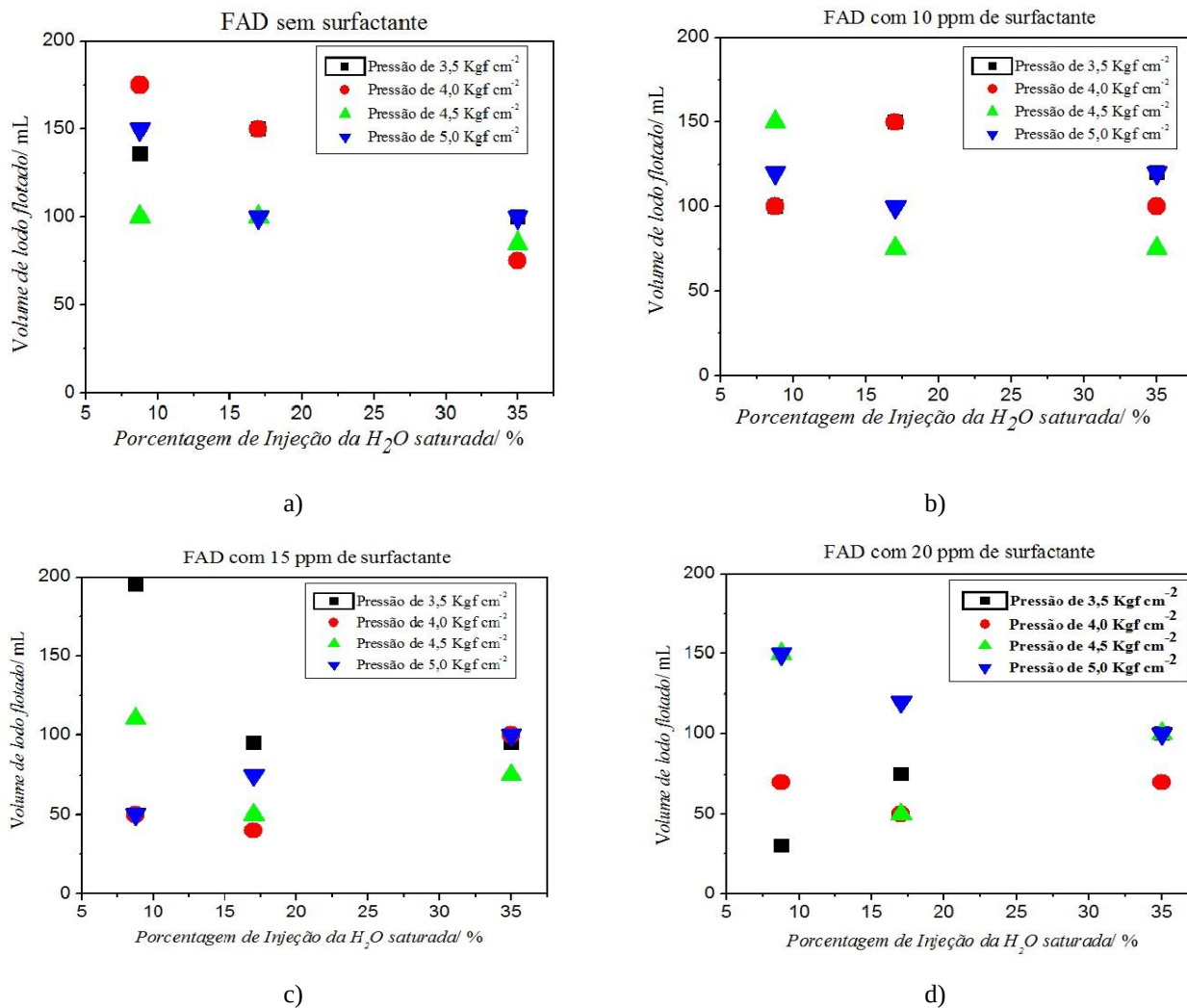


FIGURA 3 – Variação do volume de lodo flotado em função Injeção de água saturada em diferentes pressões de saturação para aplicação da FAD: a) na ausência de surfactante; b) na presença de 10 ppm; c) na presença de 15 ppm de surfactante e d) na presença de 20 ppm de surfactante; aplicado na câmara de saturação.

Em vista dos resultados apresentados, fica evidente que a adição de surfactante na câmara de saturação proporciona maior compactação no volume de lodo final. Pode-se perceber que a adição de surfactante aliada a uma pressão de saturação de 4,5 Kg/cm² confere uma redução de cerca de 50 mL de lodo/ L de efluente, quando comparado ao volume obtido sem o uso de surfactante. A redução do volume de lodo observado a cada variação das condições de água saturada torna este parâmetro aceitável para a avaliação da efetividade do processo FAD como método de separação sólido-líquido para este tipo de efluente.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

A saturação realizada com maiores pressões geram maiores remoções de turbidez devido a maior capacidade de transporte do lodo para a superfície do jarro e a estabilidade adquirida dos flocos pela maior aderência da micro-bolha a partícula. A dosagem do surfactante também contribuiu favoravelmente na qualidade das microbolhas produzidas na saturação e, conseqüentemente, no processo de separação sólido-líquido via FAD principalmente em relação ao menor tempo gasto para realizar para o processo de separação, com substancial diminuição do volume de lodo. Com base nestes resultados, permite-se afirmar que a flotação com água saturada produzida com a adição de SDS, além de favorecer a compactação do lodo, resultando no menor volume de sólido, proporcionou também uma maior eficiência na remoção da turbidez.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Uberlândia, pela infraestrutura oferecida e disponibilidade de recursos. A FAPEMIG pelo apoio financeiro aos processos PCE00086-12, APQ2279 e EXA018 e a Rede Mineira de Química (RQ-MG) pelo auxílio financeiro. E ao Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia (FECIV/UFU) pela disponibilidade do espaço físico concedido para a realização das atividades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHO, Y. S.; LASKOWSKI, J. S. **Effect of flotation frothers on bubble size and foam stability.** International Journal of Mineral Processing, v. 64, n. 2-3, p. 69-80, 2002.

DI BERNARDO, L.; PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com turbidez elevada e cor verdadeira baixa.** In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 6., 2002, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: ABES, 2002. Pág 5.

JORGE, F. C.; BRITO, P.; PEPINO, L.; PORTUGAL, A.; GIL, H.; COSTA, R. P. **Aplicações para as Cascas de Árvore e para os Extractos Taninosos: Uma Revisão.** In: WOODTECH – Consultadoria e Intermediação Tecnológica para as Indústrias dos Produtos Florestais, 2001. Departamento de Engenharia Química. Universidade de Coimbra: Silva Lusitana - EFN, Lisboa, Portugal, 2001. vol. 9, n.2. p. 225 – 236.

Superior Tribunal de Justiça. **Linha do tempo: um breve resumo da evolução da legislação ambiental no Brasil.** Online Disponível em
<http://www.stj.jus.br/portal_stj/publicacao/engine.wsp?tmp.area=398&tmp.texto=97547>. Acessado em
03/03/2014 às 10h40min.

VANACÔR, R. N. **Avaliação do Coagulante Orgânico Veta Organic utilizado em Estação de Tratamento de Água para Abastecimento Público.** 2005. 188 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

THOMPSON JR., J. P. **Investigação da flotação por ar dissolvido no tratamento de efluente de lavanderia industrial utilizando coagulante de fonte renovável: tanino.** Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Química, UFU, Uberlândia, 2013.

THOMPSON Jr., J. P.; CARDOSO, R. C.; COSTA, T. F. R.; CANOBRE, S. C.; AMARAL, F. A. **Tratamento de Efluentes de Lavanderias Industriais por Flotação por Ar Dissolvido com Emprego de Coagulante Vegetal.** Apresentado na Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, AIDIS 2012, Salvador – BA