

II-141 TRATAMENTO DE EFLUENTES DE LAVANDERIAS INDUSTRIAIS POR FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO COM EMPREGO DE COAGULANTE VEGETAL.

José Pedro Thompson Jr.⁽¹⁾

Graduado em Licenciatura e Bacharelado em Química Industrial pela Universidade São Francisco, Pós Graduado em Gestão Ambiental pela Universidade São Francisco e Mestrando do Programa de Pós Graduação em Química da Universidade Federal de Uberlândia.

Raphael Gomes Cardoso

Graduando em Química Industrial/ UFU

Talita F. R. Costa

Mestranda do Programa de Pós Graduação em Química/ UFU

Sheila Cristina Canobre

Professora Doutora do Instituto de Química/ UFU

Fábio Augusto do Amaral

Professor Doutor do Instituto de Química/ UFU

Endereço ⁽¹⁾: Instituto de Química – IQUFU. Av. João Naves de Ávila, 2121 Bairro Santa Mônica – Uberlândia – Minas Gerais – 38400-902 - Tel: +55 (34) 9936-3739
E-mail: thompson.jr@uol.com.br

RESUMO

Os efluentes de lavanderias industriais, de maneira geral, contêm sujeiras removidas das roupas, uniformes e EPIs e substâncias adicionadas nos processos de lavagens, que normalmente são tratados por processos físico-químicos de coagulação/floculação e sedimentação. Neste trabalho foram realizados ensaios de bancada objetivando a formação de flocos nas etapas de coagulação/floculação com formatos e densidades propícios para separação do lodo por flotação por ar dissolvido para um efluente proveniente de uma lavanderia industrial. Os ensaios foram realizados em aparelho "jar test" com jarros adaptados para a injeção de água saturada, utilizando o tanino como agente coagulante e polieletrólito aniônico como agente floculante. Esta metodologia buscou também aperfeiçoar a etapa de separação sólido-líquido com o emprego da flotação por ar dissolvido, alternativa esta, não muito comum para esta característica de efluente (elevada concentração de sólidos). Neste trabalho foram investigadas as condições de produção de água saturada com ar, variando as pressões de saturação em $2,5 \text{ Kgf. (cm}^2\text{)}^{-1}$ e $5,0 \text{ Kgf. (cm}^2\text{)}^{-1}$, variando-se a concentração de surfactante Dodecil Sulfato de Sódio na água saturada com ar em 10 e 20 ppm. Os parâmetros de controle foram: volume de lodo formado, índices de turbidez do efluente tratado e tempo de separação sólido-líquido. Quanto à metodologia empregando coagulante vegetal, os menores índices de turbidez (1,2 NTU) e volume de lodo formado (300 mL/L de efluente) foram obtidos utilizando-se 400 ppm de coagulante a base de tanino e 1,5 ppm de polieletrólito aniônico. Quanto ao processo de separação por flotação por ar dissolvido, os menores índices de turbidez e volume de lodo formado foram obtidos quando adicionado 20 ppm de surfactante Dodecil Sulfato de Sódio na água saturada, pressão ajustada em $2,5 \text{ Kgf/cm}^2$ e aplicada em proporção de 17,5% (água saturada/efluente). Observou-se também, que no processo de separação sólido/líquido via flotação por ar dissolvido foram obtidas remoções de turbidez na ordem de 99,8% e 99,7% para os coagulantes, sulfato de alumínio (inorgânico) e tanino catiônico (orgânico biodegradável), respectivamente. Quanto ao tempo de separação, a FAD apresentou menores tempos de separação para ambos os coagulantes, comparada à decantação convencional.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de Efluentes Industriais, Coagulante Vegetal, Flotação por Ar Dissolvido.

INTRODUÇÃO

A escassez da água é uma questão cada vez mais preocupante em todo mundo. O esgotamento dos recursos hídricos tornou-se realidade em algumas regiões do planeta, de modo que muitos países já sofrem extremamente com este problema. Estima-se que 18% da população mundial não tenham água disponível para suprir suas necessidades e em 2050 às estimativas são ainda mais catastróficas: caso a situação atual não se altere três quartos dos habitantes da Terra não terão acesso a este recurso essencial à vida.¹

Segundo VAZ, no Brasil a legislação federal Resolução nº 357, de 17/03/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA 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, e dá outras providências.¹ O tratamento das águas residuárias é condição fundamental para se evitar e/ou controlar a poluição hídrica, além de ser um dos instrumentos da estratégia do desenvolvimento sustentável.

As lavanderias industriais são empresas que geralmente prestam serviços a hotéis, fábricas, hospitais e até mesmo domicílios, terceirizando a lavagem de roupas e uniformes realizando várias operações, tais como: amaciamentos, desbotamentos, lavagens, estonagens e desengomagens. Os despejos das lavanderias são geralmente alcalinos, altamente coloridos, apresentam turbidez elevadas e contém grandes quantidades de sabões e detergentes sintéticos, óleos e graxas, sujidades e corantes, além disso, apresentam uma DBO 2 a 5 vezes maior que a apresentadas pelos esgotos domésticos.² A água que possui índices elevados de turbidez faz com que as partículas em suspensão reflitam a luz, não permitindo que esta alcance os organismos aquáticos, já a cor nas águas acaba por suprimir os processos fotossintéticos nos cursos d'água.

Devido à extrema complexidade e diversidade dos compostos que podem ser encontrados nos efluentes têxteis é que surge uma preocupação constante em desenvolver processos direcionados a uma aplicação de tratamentos mais adequada.

Os processos de flotação podem ser classificados de acordo com o método de geração de bolhas. Baseado nesses métodos convencionais de geração de bolhas tem-se os seguintes processos de flotação: Eletro-flotação, Flotação por Ar Dissolvido e Flotação por Ar Induzido.³

O processo de flotação é conhecido há mais de um século na área minero-metalúrgica e se encontra totalmente incorporado na maioria dos processos extrativos e de beneficiamentos de minerais.³ Por outro lado, a flotação, principalmente a flotação por ar dissolvido (FAD), é uma das técnicas de separação sólido-líquido que vêm ganhando espaço no cenário dos processos de tratamento de efluentes, como um processo de descontaminação de águas pela remoção de poluentes, tais como pequenas partículas e/ou colóides, íons precipitados, macromoléculas, microorganismos, fibras, algas e outros materiais da água. Entretanto, a FAD pode ser considerada como um processo eficiente, prático e confiável na remoção de óleos e graxas, químicos, solventes, sólidos ultrafinos e coloidais, para reduzir DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio) e no espessamento de lodos.⁴

A flotação por ar dissolvido é um processo de separação sólido-líquido (e/ou líquido-líquido) no quais bolhas de ar, produzidas pela despressurização de uma corrente aquosa saturada com ar em uma pressão acima da pressão atmosférica, são utilizadas para capturar partículas sólidas (e/ou líquidas) dispersas em um meio aquoso.

Este processo de separação vem ganhando espaço entre as demais alternativas de tratamento por apresentar várias vantagens como maior taxa de aplicação superficial, maior eficiência do processo, ocupar menor área útil e proporcionar a geração de um lodo mais adensado.⁵

As características do floco ideal para o favorecimento da FAD pode ser compreendido pelo mecanismo de varredura, que consiste na formação de flocos maiores e de estrutura aberta e consequentemente, de menor densidade e maior estrutura, favorecendo a formação do aglomerado floco-bolha.⁵

O processo de flotação surge como alternativa para o tratamento de águas que apresentam dificuldades de serem tratadas pelo processo de sedimentação, como as águas com partículas de baixa densidade que possuam tendência natural para flutuar, águas ricas em nutrientes, cor elevada, baixa turbidez e alcalinidade e águas turvas com baixo conteúdo orgânico, que ao serem submetidas ao tratamento químico utilizado produtos normalmente empregados para coagulação, produzem flocos com baixa velocidade de sedimentação.⁶

As características do efluente de uma lavanderia industrial sugerem o tratamento pelo processo de decantação convencional, pois, geralmente apresentam elevadas concentrações de sólidos suspensos e partículas densas, elevada turbidez e alcalinidade.

Caso ocorra a viabilidade do emprego da FAD no tratamento de efluentes de lavanderias indústrias, certamente, este processo apresentaria muitas vantagens a serem consideradas, tais como: melhor controle da produção de bolhas, maior velocidade de separação sólido-líquido, maior economia (já que os gastos com

obras civis são menores), possibilidade de operação em maiores vazões, beneficiamento das disposições de resíduos sólidos, requer menores espaços para serem instaladas.⁷

OBJETIVOS

Este estudo teve por objetivo investigar o tratamento de efluente de lavanderia industrial com emprego de coagulante a base de taninos catiônicos, comparado aos resultados obtidos com sulfato de alumínio. Os parâmetros: volume de lodo, índice de turbidez e tempo de compactação de lodo foram adotados como referências para avaliação do desempenho do processo de flotação por ar dissolvido na separação (sólido-líquido).

Objetivos Específicos

- Verificar a influência da pressão de saturação na estabilização das micro bolhas;
- Verificar a influencia da concentração de surfactante para estabilização das micro bolhas;
- Avaliar a eficiência do processo de flotação por ar dissolvido comparado ao processo de decantação;
- Verificar a influência das características do floco no processo de separação sólido-líquido via FAD;
- Avaliar a eficiência da remoção de turbidez variando a pressão de saturação.

METODOLOGIA

Neste trabalho foram utilizados efluentes provenientes de uma lavanderia industrial localizada na cidade de Arujá - SP. Esta lavanderia atua na área de prestação de serviços a empresas, fábricas, hospitais e domicílios, terceirizando a lavagem de roupas e uniformes realizando várias operações, tais como: amaciamentos, desbotamentos, lavagens, estonagens e desengomagens. Para a caracterização e tratamento dos efluentes foram realizadas coletas de amostras diretamente do tanque de equalização da estação de tratamento de efluentes. Os estudos de tratamento do efluente em laboratório foram realizados em um aparelho de “Jar Test” (Nova Ética, modelo 218) com 6 jarros adaptados para ensaios de flotação providos de sistema ajustável de agitação (diferentes hélices).

De maneira geral, para investigação dos coagulantes e flotação por ar dissolvido, foram adotadas condições otimizadas das concentrações dos auxiliares de coagulação e polieletrólito, tempo de agitação, tipo de agitador e pH ideal para cada etapa do processo.⁸ A Figura 1 apresenta o procedimento experimental desenvolvido para esta metodologia.

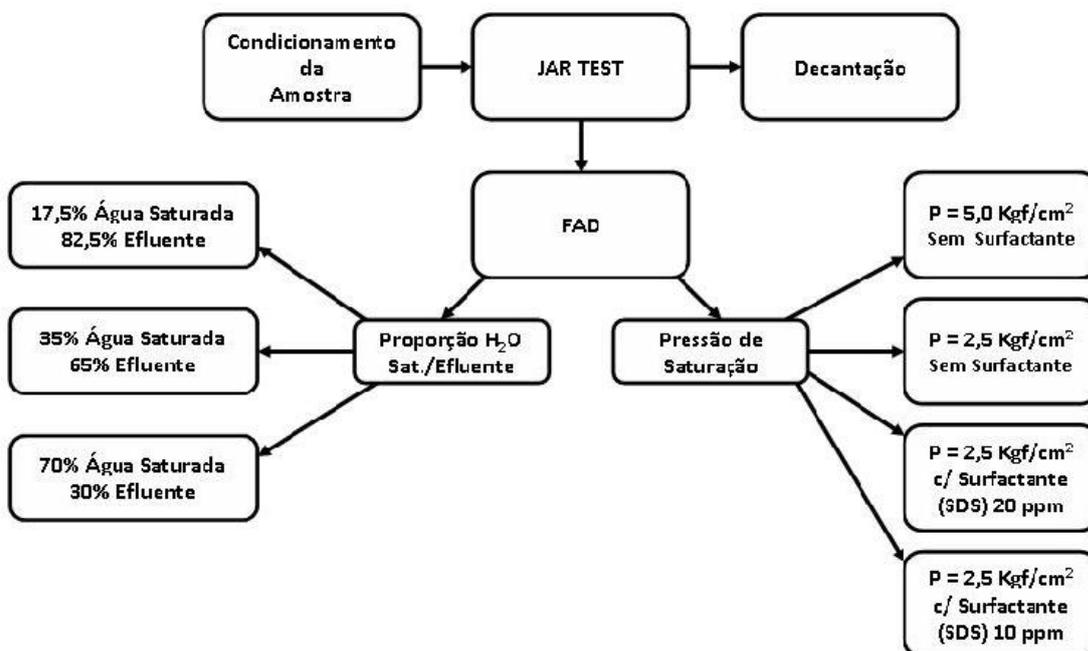


Figura 1: Esquema geral da metodologia adotada neste estudo.

- **Coleta e Preparação das Amostras:**

As amostragens foram realizadas de maneira composta com coletas diárias e em horários estratégicos a fim de obter-se uma composição de efluente bruto similar ao encontrado no tanque de recebimento da estação local. Para a caracterização e tratamento dos efluentes foram realizadas coletas de 0,875 L a cada 3 horas de amostras diretamente do tanque de equalização da estação de tratamento de efluentes por 7 dias seguidos, totalizando 49 L por semana.

- **Flotação por Ar Dissolvido (FAD):**

Como pode ser observada na Figura 2, a FAD apresenta mecanismos de formação de bolha distintos da flotação convencional e caracteriza-se pela geração e utilização de microbolhas (20-100 μm), que são formadas pelo processo de saturação com ar a altas pressões (3 a 5 atm). A Figura 3 apresenta o sistema Floteste, desenvolvido e construído para utilização neste estudo. Este equipamento é composto por uma câmara de pressurização (cap. 6,0 Kgf/cm^2), conjunto motor-agitador dos testes de jarros, jarros em acrílico transparente com dimensões de 115 x 115 mm, cada um com capacidade para 2 L.

Diferente dos jarros convencionais, as bases (inferior) destes jarros foram modificadas para permitir a introdução e a distribuição uniforme de água saturada com ar e, consiste basicamente de placas contendo 121 orifícios de 2 mm cada, uniformemente distribuídos, assentada a 5 mm da placa de fundo do jarro.

A etapa subsequente incluiu a injeção de um volume, previamente definido de água saturada com ar (taxa de reciclo) na célula de flotação, através de uma válvula de constrição de fluxo. Neste ponto ocorreu a depressurização e a geração de microbolhas.

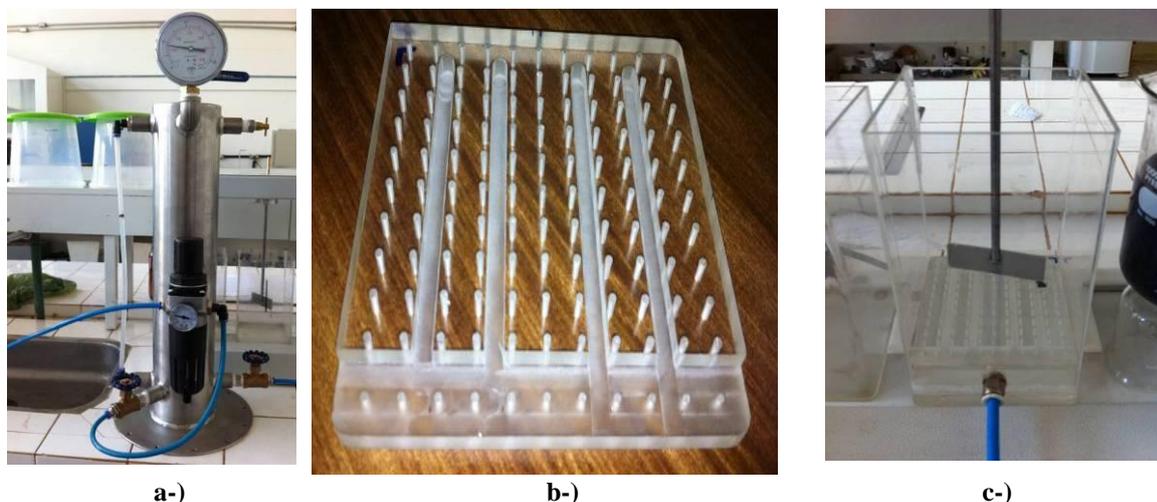


Figura 3: Fotos ilustrativas do Saturador (a), Placa inferior do jarro desenvolvida para distribuição das microbolhas e Célula de flotação (Jarros adaptados para injeção de água saturada com microbolhas de ar), (c).

- **Emprego de Surfactantes na Água de Saturação (FAD)**

Nesta etapa do estudo utilizou-se o Dodecil Sulfato de Sódio (SDS) como agente tensoativo (surfactante aniônico) variando a aplicação em duas concentrações, 10 e 20 ppm.

- **Coagulante Vegetal**

Utilizou-se como coagulante vegetal o produto Tanfloc SL, caracterizado como um coagulante orgânico-catiônico de baixo peso molecular, apresentando coloração escura e elevada viscosidade. O produto foi cedido pela empresa TANAC S. A.⁹ De acordo com a empresa fabricante, este coagulante possui origem essencialmente vegetal e se mostra competitiva com os tradicionais produtos empregados no tratamento de águas, com a vantagem de ser completamente biodegradável.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A água residuária proveniente da lavanderia industrial continha elevadas concentrações de substâncias adicionadas nas lavagens, entre elas desengraxantes a base de hidróxido de sódio, que promoverá a remoção dos óleos e graxas dos tecidos e implicará na elevação destes resíduos na água de descarte, além das sujeiras comuns removidas das roupas.

Nesta etapa foi adicionado H_2SO_4 em solução 10% adotando o controle de pH como principal referência. A solução ácida foi dosada até o ajuste do pH na faixa de 2,0 a 3,0 e com tempo de residência de aproximadamente 15 minutos, todo o óleo livre e grande parte do óleo emulsionado foi separado da água por flotação. Nesta etapa a velocidade de agitação foi fixada em 100 rpm. As principais características do efluente bruto: pH 9,5 e índice de turbidez 1.350 NTU.

Para o estudo do método de separação sólido-líquido pela FAD, inicialmente foram investigadas as melhores condições de produção de água saturada. Para tal, foram avaliadas as pressões de saturação e também o emprego de tensoativo, neste caso o dodecil sulfato de sódio, para redução da tensão superficial da água de saturação. Nestas primeiras etapas (Figuras 4 e 5), os reagentes e respectivas dosagens adotadas foram: 160 ppm de Hidróxido de Sódio (correção de pH), 400 ppm de Sulfato de Alumínio (etapa de coagulação), 160 ppm de Hidróxido de Cálcio (alcalinização) e 1,5 ppm de Polieletrólito Aniônico (floculação), conforme melhores resultados obtidos nos ensaios de jarro realizados anteriormente com este mesmo efluente.⁸

Investigação da Pressão de Saturação com Influência da Adição de Surfactante

Com objetivo de avaliar primeiramente a influência da pressão de saturação no volume de lodo compactado, observa-se na Figura 4 que as pressões adotadas para produção de água saturada foram fixadas entre máxima (5,0 Kgf/cm^2) e mínima (2,5 Kgf/cm^2), porém, na faixa mínima foram aplicadas diferentes dosagens de surfactante, 10 e 20 ppm. A taxa de recirculação de água saturada com ar padronizada para este estudo foi de 17,5%.

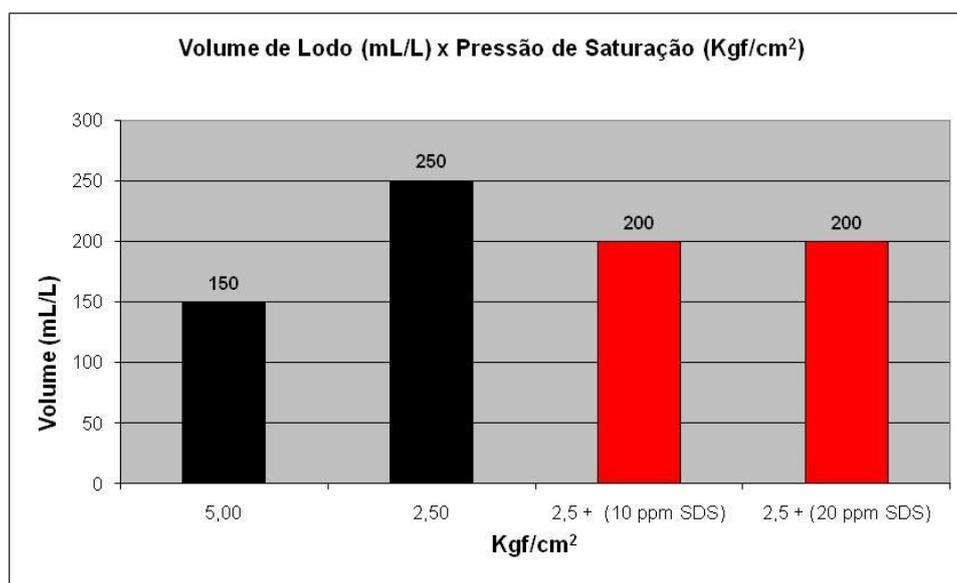


Figura 4: FAD - Volume de lodo compactado x Variação das condições de produção de água saturada.

Observa-se também neste gráfico que, a água saturada com 5,0 Kgf/cm^2 de pressão, apresentou melhores resultados quanto ao volume de lodo compactado e, conforme as demais colunas apresentadas nesta mesma Figura, os valores obtidos nas pressões mínimas de produção de água saturada com ar, com adição de 10 e 20 ppm de surfactante, demonstraram uma redução considerável de volume de lodo. Nestas condições, também foram observadas que, as diferentes concentrações de SDS aplicadas não alteraram este parâmetro.

Com relação à turbidez, a Figura 5 mostra que, com exceção do ensaio contando com água saturada produzida convencionalmente com 2,5 Kgf/cm², todos os demais ensaios apresentaram índices satisfatórios deste parâmetro, ou seja, eficiência acima de 99% de remoção de turbidez.

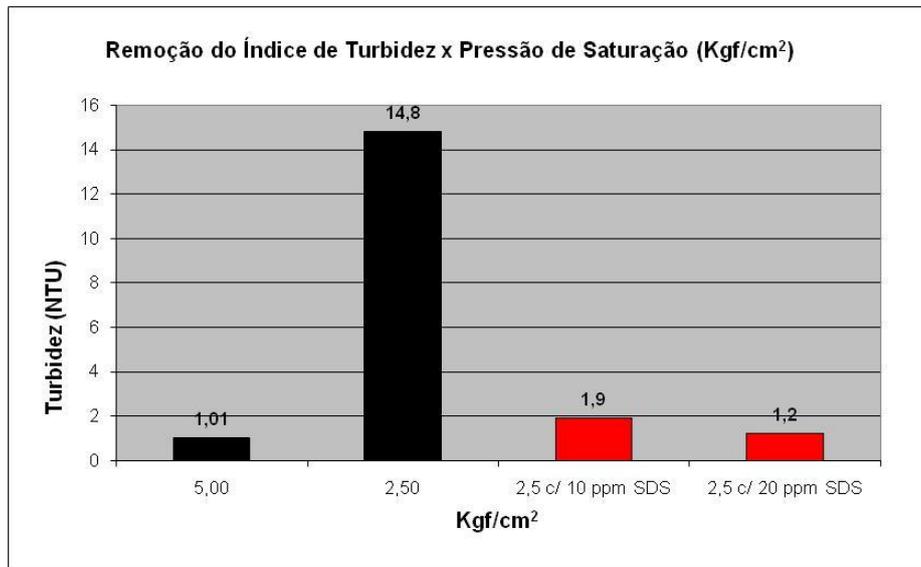


Figura 5: FAD – Índice de Turbidez x Variação das condições de produção de água saturada.

Diferente do cenário observado no volume de lodo, os valores de turbidez obtidos com a água saturada produzida com 2,5 Kgf/cm² de pressão e surfactante, foram ligeiramente diferentes, porém relativamente próximos ao índice atingido pelo ensaio que utilizou água saturada produzida com 5,0 Kgf/cm². Este quadro sugere que, a dosagem do surfactante contribui favoravelmente na qualidade das microbolhas produzidas na saturação e, conseqüentemente no processo de separação sólido-líquido via FAD.

Como pode ser observada na Figura 4, a injeção de água saturada produzida com 5,0 Kgf/cm² de pressão, além de favorecer a compactação do lodo resultando no menor volume de sólido, proporcionou também uma maior eficiência na remoção da turbidez, como mostra a Figura 5.

Diante da aplicação do surfactante na água saturada, permitiu-se a produção de microbolhas estáveis com apenas 2,5 Kgf/cm², que se mostraram eficientes, tanto na redução do volume do lodo (Figura 4) como também nos índices de turbidez (Figura 5).

Comparação entre Flotação por Ar Dissolvido e Decantação

Da mesma maneira das etapas anteriores, para a avaliação comparativa entre os métodos de separação sólido-líquido, decantação convencional com a FAD, novamente foram padronizadas as dosagens dos alcalinizantes, coagulantes e polieletrólitos e condições otimizadas de tempo e agitação. Nestas próximas etapas, foram adotadas as dosagens de 400 ppm de Sulfato de Alumínio ou 400 ppm de tanino catiônico.

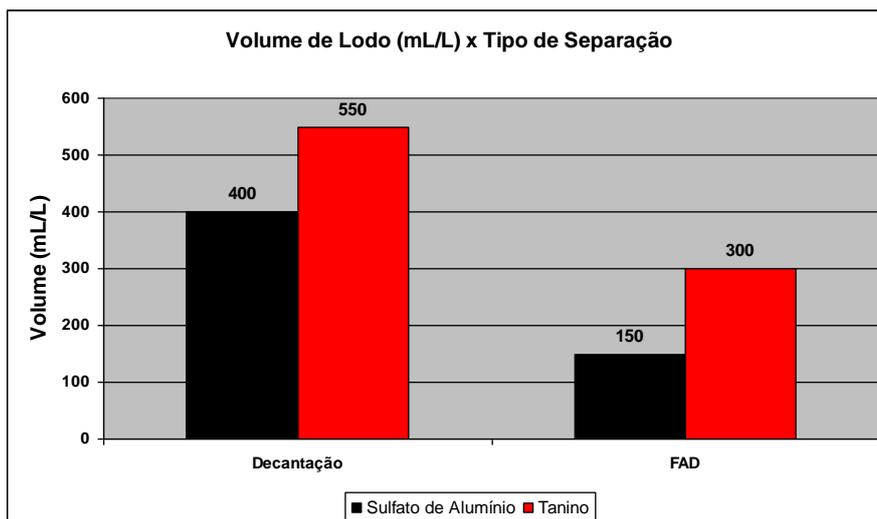


Figura 6: Volume de Lodo x Variação do tipo de separação sólido-líquido.

Comparando o método de decantação convencional com a FAD, pode-se observar na Figura 6 que, quanto ao volume de lodo gerado, o tratamento utilizando tanino apresentou maiores valores comparados ao tratamento com sulfato de alumínio. Nesta etapa, com ambos coagulantes, a decantação apresentou maiores volumes de sólidos (lodo). Visualmente, pode-se verificar também que, os flocos formados pelo sulfato de alumínio apresentavam-se bem definidos e aglutinados. O tipo de floco originado pela adição de tanino possui formato irregular, resultando numa superfície relativamente maior, o que proporciona também uma maior área de contato, favorecendo o processo de separação via FAD.

Em relação à turbidez, o valor inicial obtido para ambos os coagulantes foi bastante satisfatório comparada à turbidez do efluente bruto, 1350 NTU. No entanto, como pode ser verificada na Figura 7, a separação via decantação demonstrou promover melhor redução da turbidez comparado a FAD, com emprego do sulfato de alumínio como coagulante. Para esta mesma comparação, agora empregando o tanino catiônico como coagulante na FAD, os dois coagulantes apresentaram valores de turbidez muito semelhantes.

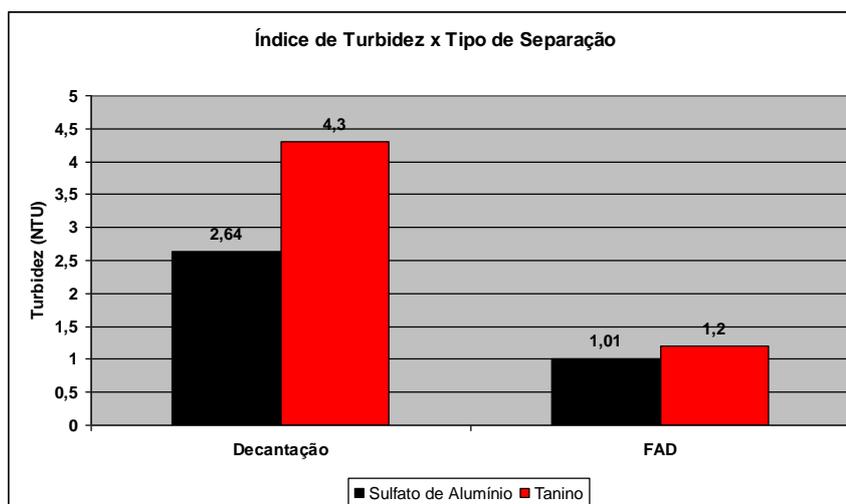


Figura 7: Índice de Turbidez x Variação de Coagulante e Tipo de Separação sólido-líquido.

De maneira geral, não houve diferença significativa entre os testes efetuados com ambos os coagulantes. Na FAD, as eficiências dos índices de turbidez com Sulfato de Alumínio e Tanino foram 99,8% e 99,7 respectivamente.

A Figura 8 apresenta um gráfico de tempo de separação em função do tipo de coagulante utilizado entre os resultados dos tempos medidos durante as etapas de separações via decantação convencional e FAD.

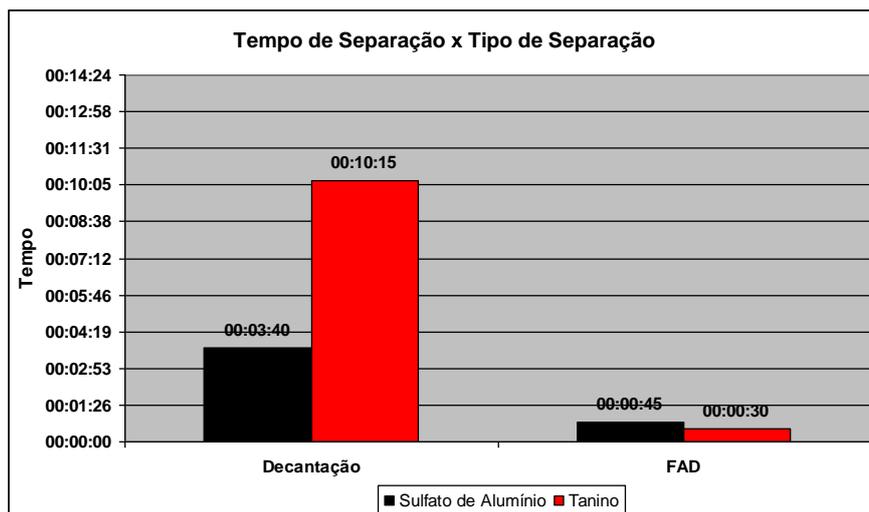


Figura 8: Índice de Turbidez x Variação das condições de produção de água saturada.

Na avaliação deste último parâmetro, o tempo de separação sólido-líquido via decantação, no ensaio onde se empregou o tanino, devido à característica peculiar deste floco formado (expansivo), o tempo de decantação foi muito superior ao ensaio utilizando sulfato de alumínio, este, com floculação mais bem definida e aglutinada. No entanto, mesmo diante de dois tipos diferentes de flocos formados, a FAD apresentou melhores resultados de separação sólido-líquido para ambos os coagulantes comparados à decantação (20 vezes mais rápida).

CONCLUSÕES

Nas condições experimentais investigadas, os resultados obtidos permitem concluir que:

- Comparado ao Sulfato de Alumínio, coagulante convencionalmente empregado pela maioria das indústrias, o tanino catiônico (tanfloc SL) apresentou resultados em relação à qualidade do efluente final muito parecido. Entretanto, podemos citar algumas evidentes vantagens como, ser elaborado a base de um material de fonte renovável, reduz consideravelmente a concentração de ânions sulfatos ao efluente final e possibilita a obtenção de um lodo mais orgânico, facilitando à disposição final do mesmo ou a sua utilização para fins mais específicos;
- O uso do saturador de bancada desenvolvido para esta metodologia permitiu o aprimoramento do estudo do tratamento de efluente proveniente de lavanderia industrial via FAD;
- Os flocos formados pela adição do sulfato de alumínio apresentam formatos bem definidos e aglutinados. E o tipo de floco originado pela adição de tanino possui formato irregular e expansivo, resultando numa superfície relativamente maior, o que proporciona também uma maior área de contato, favorecendo o processo de separação via FAD.
- Tanto o sulfato de alumínio quanto o tanino catiônico, se mostraram eficientes no tratamento da água utilizada no presente estudo. Para os parâmetros investigados, foi possível verificar uma equivalência nos resultados de ambos os coagulantes, a não ser para o parâmetro tempo de separação sólido-líquido, cujos valores obtidos pela flotação por ar dissolvido foram visivelmente melhores (20 vezes mais rápidos);
- Apesar de não haver diferenças significativas entre os testes efetuados com ambos os coagulantes, comparando as eficiências de remoção de turbidez obtidas pelos dois métodos de separação sólido-líquido, a FAD apresentou melhores resultados, atingindo 99,8% e 99,7% deste parâmetro, para o sulfato de Alumínio e tanino catiônico respectivamente;
- Os ensaios de FAD realizados com água saturada produzida com adição de surfactante apresentaram melhores resultados na flotação dos flocos, volume de lodo compactado e índice de turbidez quando comparados aos ensaios com a mesma pressão de saturação;

- Embora tenha sido observado que houve uma considerável diferença na formação dos flocos, os tempos de separação (sólido-líquido) via FAD foram idênticos e satisfatórios, para ambos os coagulantes. Isto sugere que a FAD, desde que seja empregada com água saturada devidamente produzida em condições controladas e otimizadas, poderá promover a flotação de flocos expansivos ou compactos e aglutinados nos efluentes de lavanderias industriais;
- O modo de aplicação da água saturada pode comprometer a turbidez final do efluente, dependendo da fragilidade da estrutura do floco, pode haver o rompimento mecânico e reversão dos sólidos sedimentáveis para sólidos em suspensão;
- Todos esses fatores permitem concluir, que a flotação por ar dissolvido é eficiente para o tratamento de efluentes de lavanderias industriais e que a substituição do sulfato de alumínio pelo tanino catiônico, além de sua eficiência também comprovada neste estudo, contribui para um processo de tratamento de efluente mais limpo.

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento desse trabalho contou com apoio da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG processo APQ 2279-10), ao Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia (FECIV/UFU), à TANAC e à empresa AlSCO Toalheiros do Brasil (fornecedora do efluente de sua planta instalada em Arujá, SP).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

-
- ¹ VAZ, L. G. LIMA, (2009). Performance do Processo de Coagulação/Floculação no Tratamento do Efluente Líquido Gerado na Galvanoplastia. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Engenharia Química, UNIOESTE, Toledo, PR, 2007.
 - ² WOLLNER, H., J.; KUMIN, V.M.; KAHN, P.A. Clarification by flotation and re-use of laundry wastewater. *Sewage and Industrial Wastes*, v.26, n.4, p. 509-519, 1954.
 - ³ TESSELE, F.; DA ROSA, J.; SOUZA, M. L.; RUBIO, J. Os avanços da flotação no tratamento de águas, esgotos e efluentes. Parte II: Aplicações. *Saneamento Ambiental*, nº 115, Julho/Agosto, 2005.
 - ⁴ FERIS L.A and RUBIO, J; Dissolved air flotation (DAF) performance at low saturation pressures *Filtration and Separation*, 36(9).
 - ⁵ RUBIO, J.; SOUZA, M.L.; SMITH, R.W. Overview of flotations as a wastewater treatment technique. *Minerals Engineering*, London, v.15.
 - ⁶ REALI, M. A. P. Proposição de um modelo teórico para o processo de flotação por ar dissolvido. In: XXIV Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ambiental. AIDIS-94. Buenos Aires. Argentina, 1991.
 - ⁷ ZABEL 1984, *apud* AISSE *et al.* Aplicabilidade da flotação por ar dissolvido no pós tratamento de efluentes de reatores anaeróbios 2001.
 - ⁸ THOMPSON JR., J. P.; AMARAL F. A.; Desenvolvimento de metodologia para o tratamento de efluentes gerados em lavanderias industriais com emprego de coagulantes orgânicos e flotação por ar dissolvido. Apresentado no XV Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental SILUBESA 2012, Belo Horizonte – MG.
 - ⁹ Ficha Fabricante Tanino SL http://www.tanac.com.br/PT/upload/produtos/CT_TANFLOC_SL_PT.pdf acesso em 22/02/2012.