

EFEITO DA GRANULOMETRIA DE CARVÃO ATIVADO E DO TEMPO DE DECANTAÇÃO NA REMOÇÃO DE LAS¹

Raisa Gomes Diniz (raisadiniz@hotmail.com)²

Nattácia Rodrigues de Araújo Felipe Rocha (nattacia@unirv.edu.br)³

¹Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Ambiental, Universidade de Rio Verde – UniRV.

²Acadêmica do curso de Engenharia Ambiental da UniRV.

³Orientadora, Professora Adjunto da Faculdade de Engenharia Ambiental da UniRV.

RESUMO

A contaminação causada pelo lançamento de efluentes nos corpos d'água, de uma forma geral, causa preocupação. Dessa forma, estudos tentam desenvolver processos para tratamento de efluentes que sejam eficazes e economicamente viáveis. Diante deste contexto, este trabalho pretende utilizar o carvão ativado, com mesh's 48, 100 e 300, como material adsorvente usado na remoção de LAS (Alquilbenzeno Linear Sulfonado) de água residual. Os experimentos foram conduzidos em um processo batelada, com agitação constante e variados tempos de decantação. Foram avaliados os seguintes parâmetros: absorvância, condutividade elétrica e turbidez. As amostras de água residual com concentração 10 mg.L⁻¹ foram distribuídas em béqueres, contendo 300 mL cada, sob agitação constante, durante o tempo de 1h, com rotação dos reatores fixada em 600 rpm. Após decantação em tempos entre 1 e 8 horas, foram retiradas alíquotas da água residual (de cada reator) para prosseguir com as análises. O carvão ativado com mesh 48 foi o melhor na remoção de LAS, removendo 99,52% em oito horas de decantação, mostrando-se eficiente na remoção do surfactante.

Palavras-chave: adsorção, carvão ativado, surfactante

EFFECT OF GRANULOMETRY OF ACTIVATED CARBON AND SETTLING TIME IN REMOVAL OF LAS

ABSTRACT

The pollution caused by the discharge of effluents into water bodies, in general, cause concern. Studies try to develop processes for wastewater treatment that are effective and economically viable. Given this context, this project intends to use activated carbon, with mesh's 48, 100 and 300, as adsorbent material used in the removal of SLS (sodium lauryl sulphate) of wastewater.

The experiments were conducted in a batch process, with constant stirring and varied settling times. The following parameters were evaluated: absorbance, conductivity and turbidity. The wastewater samples with a concentration of 10 mg.L^{-1} were distributed in beakers containing 300 mL each, under constant stirring, for a time of 1h with rotation of the reactors set at 600 *rpm*. After decantation times from 1 to 8 hours, aliquots were taken of the residual water (in each reactor) to carry out the analysis. The activated carbon with 48 mesh was the best in the removal of SLS, removing 99.52% in eight hours of decanting, being most effective in removing the surfactant.

Keywords: adsorption, activated carbons, surfactant

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico tem impulsionado a expansão do setor industrial e tecnológico, consumindo recursos naturais e prejudicando os sistemas hídricos devido à incorporação de poluentes como surfactantes, metais pesados e compostos organoclorados, o que reduz a disponibilidade de água potável e aumenta os custos no processo de tratamento (PERES, 2005).

A contaminação causada pelo lançamento de resíduos no meio ambiente, de uma forma geral, causa preocupação. No entanto, é dada maior atenção à poluição das águas pela sua importância, pois cobrem aproximadamente 70% da superfície terrestre e suas propriedades e seu vapor controlam as condições climáticas que tornam possível a vida na Terra (GARDINGO, 2010).

Corroborando a ideia do autor supracitado, Silva (2012) afirma que a contaminação de águas residuárias industriais em ambientes aquáticos é proveniente de lançamentos indiscriminados principalmente de produtos altamente tóxicos que geram impacto devastador ao ambiente.

De acordo com Colpani (2012), os surfactantes são extensivamente utilizados em uso doméstico e industrial, compondo a formulação de diversos produtos, tais como detergentes lubrificantes, medicamentos, pesticidas e outros. Sua presença em águas de abastecimento e efluentes é um problema ambiental, devido a formação de espumas e consequente redução na transferência de oxigênio à biota aquática, além de concentrações acima de 1 mg.L^{-1} causarem efeitos tóxicos a mesma.

Os surfactantes são agentes tensoativos que consistem em cadeias moleculares com uma parte hidrofóbica, contendo de 10 a 20 átomos de carbono, (como alquil benzenos, alquil fenóis, álcool, parafina ou um polioxipropileno), e uma parte hidrofílica que pode conter grupos

ionizáveis na água, tais como sulfatos, carboxilatos, sulfonatos ou grupamento quaternário de amônio (GARDINGO, 2010).

O anel aromático do Alquilbenzeno Linear Sulfonado (LAS) pode ligar-se à cadeia alquílica em qualquer posição (exceto nos carbonos terminais), o que caracteriza a existência de diferentes isômeros de LAS. Assim, o termo LAS abrange todo o conjunto de isômeros e homólogos do alquilbenzeno linear sulfonado. O LAS comercial é constituído de uma mistura desses isômeros e homólogos em diferentes concentrações (PINHEIRO FILHO, 2008).

Segundo Bonfim (2006), a elevada utilização de surfactantes (tensoativos) nos detergentes, bem como as consequências de sua inapropriada disposição no meio ambiente, tem aumentado a preocupação mundial. Essa preocupação caracteriza-se com a formação de espumas quando do lançamento dos efluentes em meio aquático, a quebra da estabilidade de flutuação de plantas e animais na superfície de rios e lagos, a propagação de poluição por meio da facilitação da dissolução de compostos hidrofóbicos que podem causar a toxidez da água, provocando desde reação alérgica ao contato humano com a água à mortandade total dos seres que vivem no corpo hídrico.

Os principais métodos empregados nas estações de tratamento de efluentes, para remoção ou minimização, tais como: floculação, decantação, cloração e biodegradação, não são totalmente eficientes na remoção destes tensoativos, gerando custos excessivos às indústrias ou empresas de saneamento (COLPANI, 2012).

Dentre os processos para tratamento de águas e efluentes que têm sido desenvolvidos para conter estes elementos de forma eficaz e economicamente viável, a adsorção tem motivado grande interesse por retirar eficientemente surfactantes presentes em corpos d'água devido à alta seletividade e estrutura porosa bem desenvolvida, permitindo a separação com um custo energético baixo (KUNZ et al, 2002).

Adsorção é um processo de separação baseado na adesão de uma partícula presente em uma fase em outra. Vários materiais adsorventes encontram-se disponíveis no mercado para fins de tratamento de efluentes. Dentre eles, o carvão ativado granular (CAG), é um dos mais utilizados. A eficiência de processo, com a utilização de CAG, depende não somente das propriedades físicas do adsorvente, mas também das suas condições de ativação (PERES, 2005).

O uso do carvão ativado como adsorvente de poluentes líquidos e gasosos é decorrente de suas propriedades texturais e natureza química de sua superfície, responsáveis por sua grande capacidade de adsorção (CLAUDINO, 2003).

Diante disso, o trabalho visa monitorar um sistema em batelada de tratamento de água residual contendo alto teor de surfactante de forma a determinar a melhor granulometria de material adsorvente para a remoção de LAS do efluente a ser tratado.

METODOLOGIA

O trabalho foi realizado no Laboratório de Bromatologia da Universidade de Rio Verde- UniRV. Para o preparo da água residual []= 10 mg. L⁻¹ pesou-se em balança analítica (Bioprecisa ± 0,0001) 0,02 g de LAS colocando em balão volumétrico de 2 L e completando o volume até o menisco com água destilada. Em seguida, agitou-se a solução por 15 minutos e deixou-se decantar durante 10 minutos, para então iniciar o procedimento analítico.

Retirou-se uma alíquota de ± 30 mL para proceder as análises em t= 0. Verificando assim as condições iniciais da água residual a ser tratada.

Após as análises das condições iniciais, colocou-se ± 300 mL de água residual em 3 béqueres. Pesou-se em uma balança analítica (Bioprecisa ± 0,0001) 0,50 g de carvão ativo mesh's 48, 100 e 300, transferiu-se essas quantidades para cada béquer. Foi iniciado o processo de agitação (Agitador Magnético - TE 085), com a rotação fixa de 600 rpm, a rotação utilizada baseia-se em estudos anteriores, durante 60 minutos (Figura 1).



Figura 1: Sistema em batelada

Após a agitação, foram retiradas alíquotas (± 30 mL) de cada reator para prosseguir com as análises em tempos de decantação de 1 a 8 horas, retirando pontos amostrais a cada hora. Os parâmetros avaliados foram: absorvância, condutividade elétrica (CE) e turbidez.

Fez-se a medição de turbidez, com o auxílio do turbidímetro modelo AP 2000 da marca Poli Control (Figura 2), com precisão de $\pm 0,01$ NTU ou $\pm 0,1$ NTU (a depender da faixa escolhida para leitura).

Por meio de um condutivímetro (modelo CD 850, Figura 3), fez-se análises de condutividade da água residual, obtendo os resultados em $\mu\text{s}/\text{cm}$ (micro siemens/cm).



Figura 2: Turbidímetro



Figura 3: Condutivímetro

Para medir a absorvância em espectrofotômetro (UV-VIS), usou-se o comprimento de onda de 650 nm (Figura 4). Cada alíquota retirada dos reatores foi devidamente preparada para a leitura (usou-se um kit de análises para LAS - Figura 5) do seguinte modo: foram adicionadas em um tubo de ensaio com tampa rosqueável, 5 mL da água residual, 3 gotas do reagente 1 (azul de metileno), 5 mL do reagente 2 (kit análises) e 5 mL da solução extratora, agitou-se o tubo por 30 segundos. Logo após foi feita a medida de absorvância (λ). O método usado baseia-se no descrito pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, sendo conhecido como método Azul de Metileno.



Figura 4: Espectrofotômetro



Figura 5: Kit para análise de LAS

Planejamento Experimental e Análise Matemática dos Resultados

Neste trabalho foi realizada análise de variância para o modelo de efeitos fixos com dois e três critérios de classificação descritos por Runger & Montgomery (2009) para verificar a influência separada e conjunta das variáveis: mesh e tempo de decantação, na redução dos parâmetros físico-químicos avaliados. Foram também feitos gráficos de superfície de resposta utilizando o software *statistica 7.0*, para a modelagem e análise nas aplicações em que a resposta de interesse seja influenciada por muitas variáveis e o objetivo seja otimizar a resposta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a análise de variância realizada para verificar o efeito do tempo de decantação (A) e do mesh (B) sobre a remoção de surfactante da água residual (absorbância) para testes em batelada.

Tabela 1- Análise de variância para o parâmetro Absorbância

PARÂMETRO	SQ	GL	MQ	F _{0C}	F _{0T}
A	0,05646933	7	0,00806705	1,346016	4,28
B	0,12868275	2	0,06434138	10,73559	6,51
AB	0,08390592	14	0,00599328		
TOTAL	0,26905800	23	0,01169817		

A= Tempo de decantação (1 a 8 horas) B= Mesh (48, 100 e 300)

Avaliando os resultados da análise de variância (Tabela 1), nota-se que houve influência significativa do mesh sobre a absorbância ($F_{0C} > F_{0T}$), isso ocorreu para $\alpha = 1\%$.

A Figura 6 mostra que em relação ao efeito do mesh, a absorbância foi menor em mesh mais baixo (48), aumentando em mesh intermediário (100) e voltou a cair em mesh maior (300). Esse efeito é o contrário do que foi observado por (LEUSHE VOLESKY, 1995; MERLO, 2016) em seus trabalhos, ambos autores afirmam que quanto menor a granulometria do material adsorvente, maior a superfície de contato, portanto, maior a interação entre as partículas.

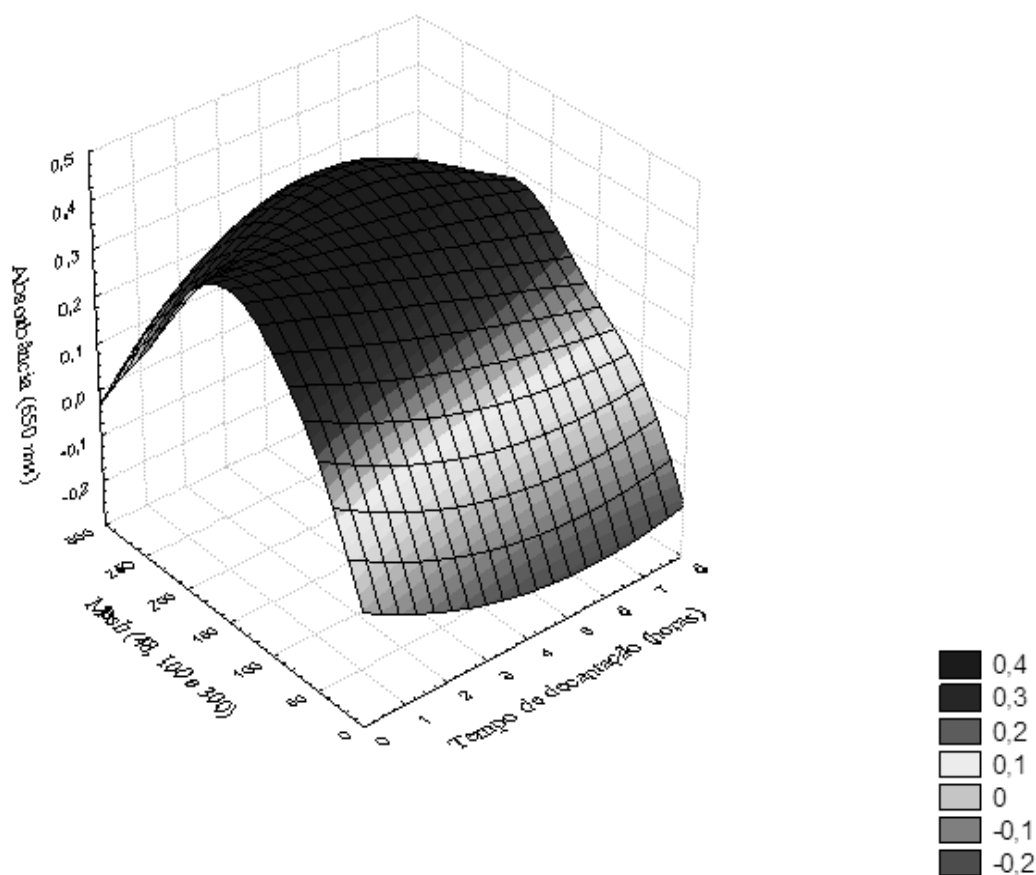


Figura 6: Absorbância x Tempo de decantação x Mesh

Entretanto, o tamanho da partícula filtrante pode ter dois efeitos sobre esse parâmetro: o primeiro relativo ao tamanho dos poros de cada partícula, que são maiores em mesh de número menor (48), e o segundo efeito é relativo à quantidade de partículas, ou seja, de área de superfície, que é maior para mesh de número maior (300). Assim, o comportamento do gráfico acima, pode ser justificado da seguinte forma: entre o mesh 48 e 100, provavelmente o efeito do tamanho dos poros é maior que o efeito da quantidade de partículas, e desta forma, o elemento filtrante com mesh 48 promove maior remoção do LAS, reduzindo os níveis de absorbância. Conforme a quantidade de partículas aumenta (número do mesh maior), o efeito da quantidade de partículas vai sobrepondo o efeito do tamanho dos poros, o que pode ser observado no gráfico entre os mesh's 100 e 300.

A Tabela 2 apresenta a análise de variância realizada para verificar o efeito do tempo de decantação (A) e do mesh (B) sobre a redução da turbidez da água residual para testes em batelada.

Tabela 2- Análise de variância para o parâmetro Turbidez

PARÂMETRO	SQ	GL	MQ	F _{0C}	F _{0T}
A	16,492050	7	2,35600714	5,838798	4,28
B	288,745075	2	144,372538	357,7927	6,51
AB	5,64912500	14	0,40350893		
TOTAL	310,886250	23	13,51679348		

A= Tempo de decantação (1 a 8 horas) B= Mesh (48, 100 e 300)

Através da análise variância, nota-se que houve efeito significativo dos parâmetros tempo de decantação (A) e mesh (B) sobre a turbidez ($F_{0C} > F_{0T}$), isso ocorreu para $\alpha = 1\%$.

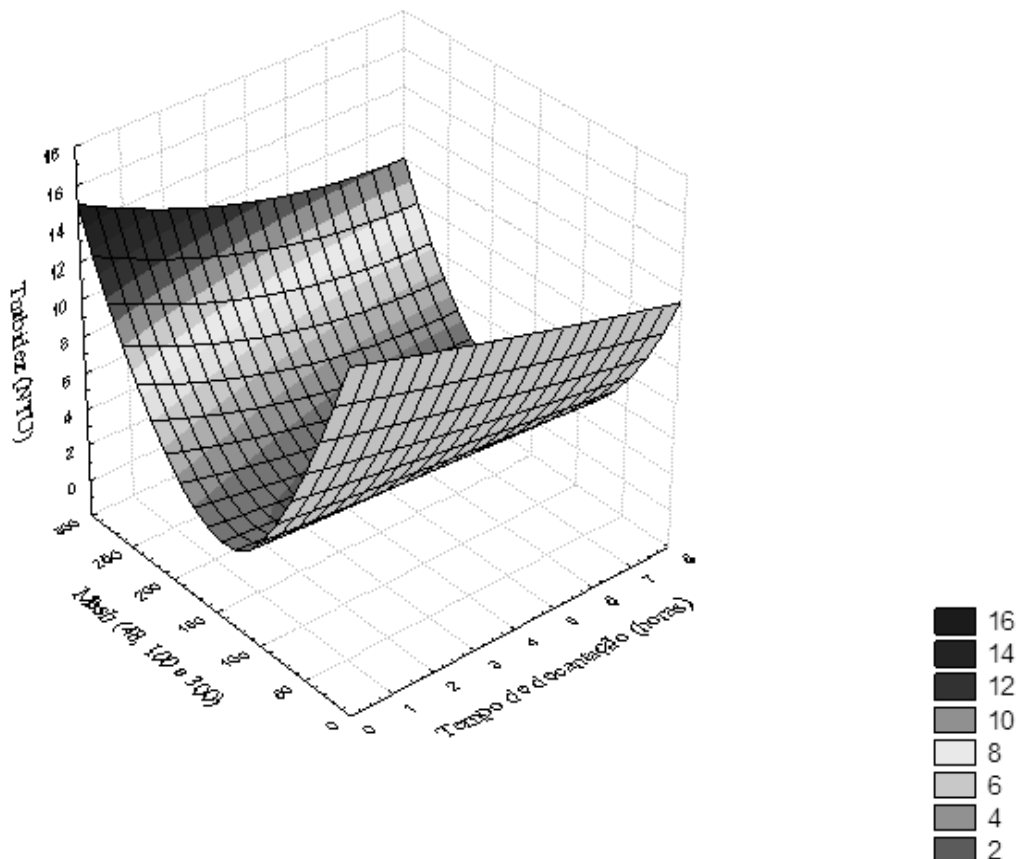


Figura 7: Turbidez x Tempo de decantação x Mesh

A Figura 7 aponta que a turbidez é inversamente proporcional ao tempo de decantação, visto que para tempos maiores, as partículas decantam diminuindo a turbidez da água residual.

Com relação ao mesh, observa-se que a turbidez é maior em mesh de 48 e 300, sendo menor em mesh 100. A turbidez pode ser influenciada por dois efeitos: o primeiro é a união do adsorvente e do adsorvato e o segundo é a quantidade de partículas de carvão ativado presente na água residual. O mesh 48 apresentou maior turbidez do que o mesh 100, pois como partículas de poros maiores adsorvem mais o LAS o sistema apresentou maior quantidade de partículas unidas no mesh 48, aumentando a turbidez. Observa-se que ao se alterar o mesh de 100 para 300 há uma elevação da turbidez, provavelmente, devido a maior quantidade de partículas do carvão ativado suspensas no sistema.

Em trabalho anterior Merlo et al (2015), avalia o parâmetro turbidez em tempos de decantação de 21, 22, 23 e 24 horas e sugere um acompanhamento do tempo de decantação em tempos inferiores, pois se espera que nas primeiras horas de decantação do meio haja uma diminuição significativa dos valores encontrados para esta análise, o que foi observado neste trabalho em até 8 horas de decantação.

A Tabela 3 apresenta a análise de variância realizada para verificar o efeito do tempo de decantação (A) e do mesh (B) sobre a redução da condutividade da água residual para testes em batelada.

Tabela 3- Análise de variância para o parâmetro Condutividade

PARÂMETRO	SQ	GL	MQ	F_{0C}	F_{0T}
A	10,626667	7	1,51809524	1,302022	4,28
B	167,230000	2	83,615000	71,71391	6,51
AB	16,32333333	14	1,16595238		
TOTAL	194,180000	23	8,44260870		

A= Tempo de decantação (1 a 8 horas) B= Mesh (48, 100 e 300)

Ao verificar a análise de variância, nota-se que houve efeito significativo do parâmetro tempo de decantação (A) sobre a condutividade ($F_{0C} > F_{0T}$), esse efeito ocorre para $\alpha = 1\%$.

Observando o gráfico apresentado na Figura 8 percebe-se que em relação ao mesh, a condutividade é maior para mesh de 48 e 300, sendo menor em mesh 100.

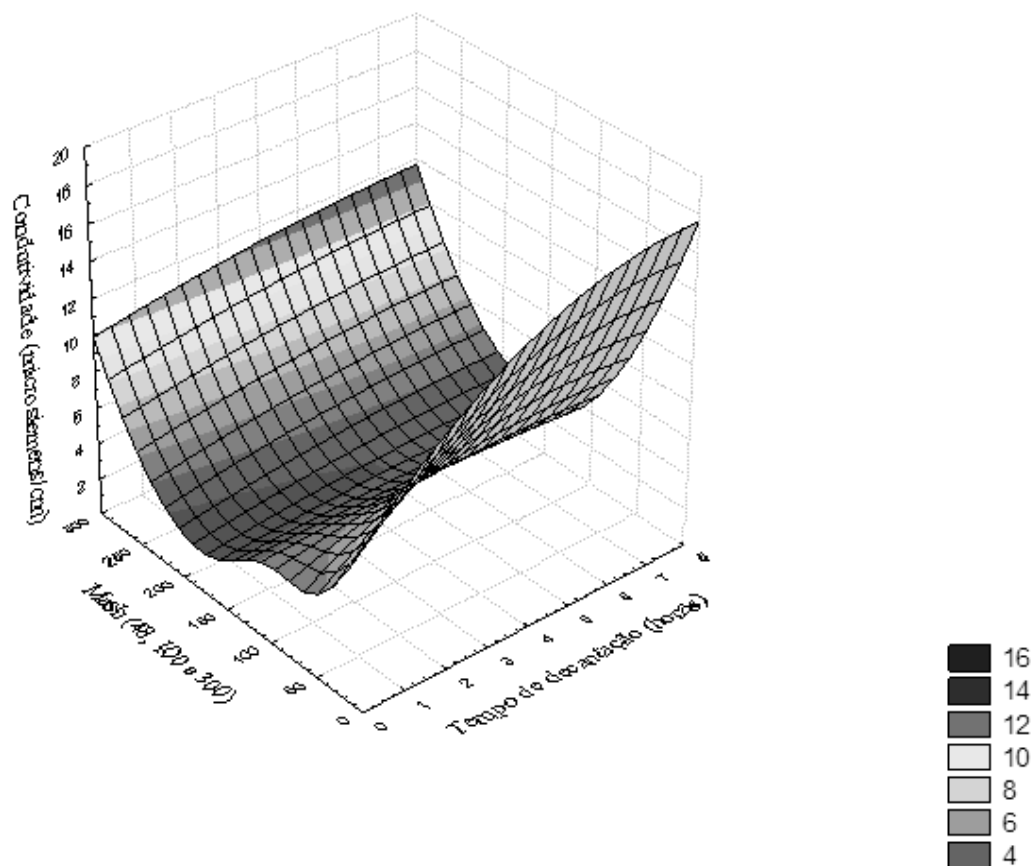


Figura 8: Condutividade x Tempo de decantação x Mesh

A condutividade pode ser influenciada pelos mesmos dois efeitos da turbidez, isto é: a união do adsorvente e do adsorvato e a quantidade de partículas de carvão ativado presente na água residual. O mesh 48 apresentou maior condutividade do que o mesh 100, pois como partículas de poros maiores adsorvem mais o LAS, o sistema apresentou maior quantidade de partículas unidas no mesh 48, aumentando assim os íons na solução e conseqüentemente a condutividade. Observa-se que ao se alterar o mesh de 100 para 300 há uma elevação da condutividade, provavelmente, devido a maior quantidade de partículas do carvão ativado suspensas no sistema.

Rocha et al. (2015), sugere em seu trabalho avaliar o parâmetro condutividade elétrica retirando amostras a cada uma hora, já que não foram encontrados resultados claros na avaliação com decantação de 15 e 30 minutos. Esse efeito foi estudado neste trabalho variando o tempo de decantação de 1 a 8 horas.

CONCLUSÃO

Ao avaliar os resultados obtidos nos testes experimentais, foi possível verificar que o tempo de decantação não influenciou os parâmetros absorvância e condutividade. Logo, nas condições testadas, conclui-se que em uma hora de decantação já é possível finalizar o experimento. Entretanto, como o parâmetro turbidez é inversamente proporcional ao tempo de decantação, recomenda-se que seja aguardado o tempo de oito horas para realizar o descarte da água residual.

A remoção do LAS e a redução significativa de todos os parâmetros foram influenciadas pela granulometria (mesh) do carvão ativado usado nos testes. O carvão com mesh 48 foi o melhor na remoção do LAS, apresentando 99,52% de remoção em oito horas de decantação. Desta forma, o sistema em batelada montado para o tratamento do efluente mostrou-se eficiente, sendo possível então fazer o descarte do mesmo no corpo hídrico sem causar danos ao meio ambiente. Ressalta-se que Resolução CONAMA 357/05 recomenda valores menores ou iguais a $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$ de LAS para águas de classe 1 (salinidade $\geq 0,5\%$), para atender ao Índice de Parâmetros mínimos de Preservação da Vida Aquática (IPCMA).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BONFIM, J.H. (2006) *Remoção de surfactante (LAS) no tratamento anaeróbio de esgotos domésticos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

CLAUDINO, A. (2003) *Preparação de Carvão Ativado a partir de Turfa e sua Utilização na Remoção de Poluentes*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

COLPANI, G.L. (2012) *Preparação e caracterização de adsorventes para a remoção de surfactantes aniônicos em águas residuárias*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

GARDINGO, M. F. (2010) *Tratamento de águas e efluentes contendo surfactantes através do Sistema Peróxido de Hidrogênio / Hipoclorito*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

LEUSCH, A.; VOLESKY, B. (1995) The influence of film diffusion on cádmium biosorption by marine biomass. *Journal of biotechnology*, v.43, p. 1-10.

KUNZ, A.; ZAMORA, P.P.; MORAES, S. G. de. DURAN, N. (2002). Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. *Química Nova*, v. 25, p. 78-82.

MERLO, N.P.; JUNIOR, M.R.F.; ROCHA,N.R.de A.F. Seleção do melhor mesh de carvão ativo utilizado na remoção de surfactante de água residual. In: *Congresso de Iniciação Científica da Universidade de Rio Verde, IX Anais ...Rio Verde: CICURV,2015, p.367-370.*

MERLO, N.P.; ROCHA,N.R.de A.F.; JUNIOR, M.R.F.; MOURA, A.A. de O. Triagem do melhor mesh de carvão ativo utilizado na remoção de tensoativos de água residual. In: *Congresso de Iniciação Científica da Universidade de Rio Verde, X Anais ...Rio Verde: CICURV,2016, p.356-359.*

MONTGOMERY, D.C.; RUNGER, G.C. (2009) *Estatística aplicada e probabilidade para Engenheiros*. 4.ed. Rio de Janeiro: LTC.

PERES, S. D. (2005) *Técnicas Aplicadas ao Tratamento e Redução dos Efluentes Líquidos de uma Empresa de Saneantes Dominossanitários*. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PINHEIRO FILHO, J.D. (2008) *Degradação de alquilbenzeno linear sulfonado em reator anaeróbio operado em bateladas sequenciais com biomassa imobilizada em carvão vegetal*. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Universidade de São Paulo, São Carlos.

ROCHA, N.R.de A.F.; JUNIOR, M.R.F.; MERLO, N.P.; MOURA, A.A. de O.; ARAÚJO, W.E.L. de. Avaliação da velocidade e do tempo de agitação de água residual proveniente de indústrias de produtos de limpeza na adsorção de surfactantes. In: *XXVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Anais eletrônicos...* Rio de Janeiro: ABES,2015.

SILVA, M.V.R. da. (2012) *Adsorção de cromo hexavalente por carvão ativado granulado comercial na presença de surfactante aniônico (LAS)*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Pará, Belém.