



PROPOSTA DE TRATAMENTO PARA REDUÇÃO DO TEOR DE ÓLEOS E GRAXAS EM EFLUENTES DE CAIXAS SEPARADORAS DE LAVAÇÕES DE CARROS DE PASSEIO COM TRÊS FLOCULANTES DIFERENTES

Hiarima Beatriz da Silva Campos¹

Aline Resmini Melo²

Tatiani Malgarise Brolesi³

Regina Freitas Fernandes⁴

Débora De Pellegrin Campos⁵

RESUMO: O efluente gerado através do uso de água para lavagens de carros de passeio é acondicionado em caixas separadoras de água e óleo. Ele é rico em contaminantes prejudiciais ao meio ambiente, tais como: óleos e graxas, alta turbidez, fenóis, DQO, entre outros. O presente estudo buscou verificar alternativas de tratamento para esse efluente usando três floculantes diferentes: tanino, policloreto de vinila e sulfato de alumínio. Os testes realizados para caracterização do efluente bruto foram pH, turbidez, sólidos totais e óleos e graxas. Por meio de Jar Test realizou-se testes de diferentes concentrações de floculantes para verificar qual dos três obteria efluente tratado com maior redução do parâmetro óleos e graxas e os mesmos testes realizados no efluente bruto foram repetidos no efluente tratado. Concluiu-se que o floculante sulfato de alumínio apresentou resultados mais satisfatórios.

Palavras-Chave: CSAO; Efluente; Floculante; Óleos e graxas.

1 INTRODUÇÃO

Os efluentes gerados em empresas que prestam serviço de lavagem de veículos de passeio devem ser submetidos a tratamento físico-químico, utilizando da canalização dos mesmos para uma estrutura em forma de tanque, a caixa separadora de água e óleo, conhecida pela abreviação CSAO, onde separam-se a água e materiais grosseiros e sedimentos, dos materiais oleosos por ação da gravidade e das propriedades físico-químicas presentes.

¹ Graduada em Engenharia Química pela Faculdade Satc. E-mail: hbeatrizcampos@hotmail.com

² Coordenadora do Curso de Engenharia Química, Faculdade Satc. E-mail: aline.melo@satc.edu.br

³ Professora Faculdade Satc. E-mail: tatiani.brolesi@satc.edu.br

⁴ Pesquisadora no CTCL, Satc. E-mail: regina.fernandes@satc.edu.br

⁵ Professora Faculdade Satc. E-mail: debora.campos@satc.edu.br



Esse efluente carrega não apenas água e surfactantes, mas também é comum que seja rico em óleos e graxas, DQO (Demanda Química de Oxigênio), fenol, sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos, entre outros.

De acordo com Harmel et al. (2017), essas CSAO's são fiscalizadas pelos órgãos ambientais responsáveis pelas regiões as quais as empresas estão alojadas, tais como a FAMCRI (Fundação do Meio Ambiente de Criciúma) e FUNDAI (Fundação Municipal do Meio Ambiente de Içara). Os órgãos exigem que se faça controle ambiental semestral com análises reduzidas de parâmetros físico-químicos e anual com a adição de parâmetros mais abrangentes de bioensaios realizados através de organismos vivos para medir os níveis toxicológicos como *Daphnia Magna*, que é um minicrustáceo e a bactéria luminescente *Vibrio Fisheri* para que seja possível obter e renovar as licenças ambientais do estabelecimento.

Caso seja verificado que algum dos parâmetros não está respeitando o valor máximo permitido pela legislação vigente, os órgãos ambientais geralmente determinam que seja feita nova coleta e todos os itens sejam repetidos, não apenas o item discrepante. Este fato gera muita despesa para as empresas pois é necessário interromper a prestação de serviços para que se possa realizar a coleta, onde há o custo de nova taxa de coleta, novos ensaios, o tempo para a entrega dos resultados do relatório de ensaio se estende e caso a empresa não consiga adequar seu efluente para gerar um laudo que ateste que os parâmetros atendem os limites da legislação é passível de multa e até embargo da mesma.

O presente estudo busca analisar o efluente bruto proveniente da lavagem de veículos de passeio por meio da verificação do índice de óleos e graxas, sólidos totais e turbidez e propor uma metodologia de tratamento adequada para a redução dos parâmetros com o intuito de que o efluente tratado esteja dentro da faixa máxima estabelecida pelos órgãos ambientais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A seguir encontra-se um apanhado geral dos temas necessários para um melhor entendimento acerca do trabalho e sua aplicabilidade prática.



2.1 EFLUENTE

Segundo definição da legislação CONAMA Nº 430/2011 (2005), efluente é o termo usado para caracterizar os despejos líquidos provenientes de diversas atividades industriais ou processos químicos.

Paulino (2009) diz que as oficinas mecânicas realizam variados tipos de atividades relacionadas à reparação de veículos como: troca de óleo lubrificante, troca e limpeza de peças e retífica de motores. Estas atividades geram diferentes resíduos sólidos e efluentes que, quando descartados de maneira inadequada, podem poluir o meio ambiente e causar riscos a saúde pública. O número de estabelecimentos deste ramo no Brasil é expressivo, o que leva a necessidade de haver um controle e tratamento do volume gerado.

2.2 LEGISLAÇÃO

Os efluentes, de maneira geral, dispõem de legislação que regram sua coleta, tratamento e consequente descarte. Para que as empresas possam instalar e renovar suas licenças ambientais de funcionamento é necessário que se apresente laudo técnico atestando a conformidade com a legislação, entre elas se encontra a Resolução CONAMA Nº 430/2011 (2005), a qual apresenta os limites máximos e as condições e padrões de lançamento de efluentes.

De acordo com o tamanho da empresa e ramo de atuação, obedece-se ao órgão ambiental municipal ou estadual e cabe a cada órgão determinar os parâmetros que devem ser controlados, bem como os limites máximos admitidos e a frequência que deve ser realizada a coleta e análise do efluente.

A análise de óleos e graxas não possuía legislação específica regulamentadora até o final dos anos 90, a partir deste período é que foi considerada sujeita ao licenciamento ambiental pela Resolução do CONAMA nº 237 em 1997 (1997) e mais recentemente regulamentada e padronizada pela Resolução CONAMA nº 273 de 2000 (2001).

A empresa precisa de um responsável técnico que responda pelas atividades de tratamento e descarte dos efluentes gerados. Este profissional deve possuir formação superior nas áreas química ou ambiental e registro em órgão fiscalizador competente.



Segundo Marques et al. (2017), a conscientização dos proprietários de postos de combustíveis para a necessidade de preservar o meio ambiente veio com a Resolução 273 do CONAMA que criou o Licenciamento Ambiental obrigatório para todos os postos de combustíveis brasileiros. O Licenciamento está sendo feito pelos órgãos ambientais estaduais como a FATMA/SC (Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina), CETESB/SP (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), entre outros, com exceção de algumas cidades que possuem secretarias municipais do meio ambiente.

De acordo com Black (2016), com a ampliação da legislação, tornou-se imperativo a implementação de tanques novos, com paredes duplas a partir de materiais que previnam vazamento e que admitam monitoramento regular.

As áreas de abastecimento e lavagem dos veículos passaram a ser concretadas e impermeabilizadas, impedindo que qualquer resíduo infiltre no solo. Essas áreas também necessitam ser circundadas por canaletas que conduzam todo o efluente para uma caixa separadora de água e óleo (LORENZETT, et al., 2012).

2.3 O MÉTODO SMWW 22

O método *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, ou seja, Métodos padrão para análise de águas e efluentes, abreviado como SMWW, é uma publicação que existe desde 1905 e apresenta os métodos e técnicas utilizados internacionalmente por laboratórios físico-químicos e microbiológicos.

O *Standard Methods* apresenta centenas de técnicas que foram desenvolvidas por pesquisadores que são membros do Standard Methods Committee (SMC). Esse comitê consiste em 500 pessoas que revisam e aprovam os métodos que são atualizados e inclusos nas novas edições do Standard Methods. Atualmente encontra-se na 23ª edição.

No presente estudo todas as análises serão realizadas seguindo os procedimentos dessa norma internacional, as quais serão: turbidez, sólidos totais e óleos e graxas.



2.3.1 Óleos e graxas

O parâmetro de óleos e graxas presente em CSAO'S é um importante fator de determinação de contaminação. Será abordado no presente trabalho e portanto traz a necessidade da definição do que se trata e quais os possíveis danos que podem acarretar caso sejam despejados no meio ambiente sem o devido tratamento e controle.

2.3.1.1 Função orgânica

Segundo Solomons (2012), os óleos e graxas são substâncias orgânicas as quais fazem parte da função ácidos carboxílicos de longas cadeias carbônicas, possuindo uma parte pequena polar e o restante apolar. Podem ser dissolvidos e conseqüentemente extraídos através de solventes apolares, tais como: clorofórmio, éter dietílico e hexano. Os que se apresentam de forma líquida em temperatura ambiente são chamados de óleos e os que se apresentam de forma sólida são chamados de gorduras (graxas).

Zanini (2017) diz que a graxa é constituída da mistura de um líquido lubrificante (óleo mineral ou sintético), de um produto sólido ou semisólido (agente espessante) e aditivos e tem como função reduzir o atrito, o desgaste, o aquecimento e proteger contra a corrosão. É o óleo que realmente lubrifica e o agente espessante é responsável pela retenção do óleo.

2.3.1.2 Ocorrência

Giordano (2006) explica que os óleos e graxas estão comumente presentes nos efluentes industriais e provém das mais diversas origens. O ser humano necessita do uso de óleos e graxas para aplicabilidade nas indústrias de forma geral, pois praticamente todo equipamento que trabalha com peças ou componentes em movimento necessita destes produtos para que não haja rápido desgaste. Os mais comuns são os óleos lubrificantes usados não somente em grandes indústrias, mas em automotores, tratores, ônibus, caminhões e outros.

Além das indústrias voltadas a maquinário pesado de motor, diversos tipos de indústrias geram esse parâmetro decorrente de seu processo produtivo, tais



como: frigoríficos, empresas de laticíneos, abatedouros de aves, suínos e bovinos e fazem uso para diversos fins como lavagem de máquinas, tubulações, pisos e esgoto, em sistemas de resfriamento e geradores de vapor que contém óleos e graxas, gorduras vegetais e animais.

Postos de combustíveis que não realizam manutenção periódica nos tanques ou não seguem as normas de instalações ou retirada de bombas, tanques e/ou descarte correto na troca de óleos podem contaminar o solo, lençóis freáticos e a rede de esgoto. O mesmo pode ocorrer com lava jatos e oficinas mecânicas que não possuem local adequado para o descarte ou separação da água contaminada com óleos ou até mesmo na manutenção, quando retirado do carro no processo de limpeza ou troca dos mesmos (BERTI, 2009).

Nestes processos de uso ou em situações acidentais os óleos e graxas acabam se degradando e no final podem gerar resíduos altamente tóxicos, ricos em metais pesados, hidrocarbonetos e dioxinas lançados em rios e córregos ou solos.

2.3.2 Sólidos totais

Segundo o manual da SABESP (1999), sólidos totais são todas as substâncias que permaneçam em uma cápsula após a total secagem de um determinado volume de amostra. A legislação CONAMA Nº 430/2011 (2011), não indica o valor máximo permitido para este parâmetro. São calculados seguindo a Equação (1):

(1)

$$ST = \frac{P2 - P1}{V} \cdot 1000000$$

Onde:

ST = Teor de sólidos totais em mg.L⁻¹;

P1 = Peso em gramas do becker vazio;

P2 = Peso em gramas do becker com 50 mL amostra;

V = Volume em mL de amostra.



2.3.3 Turbidez

É a medição da resistência da água à passagem de luz. É provocada pela presença de partículas flutuando na água. A turbidez é um parâmetro de aspecto estético de aceitação ou rejeição do produto e a legislação do CONAMA 357 não especifica valores máximos de aceitação, entretanto, pode-se concluir que quanto maior o teor de turbidez, maior a quantidade de partículas na amostra, o que leva a uma maior contaminação de resíduos sólidos presentes (QUALIDADE DA ÁGUA, 2017).

Para realização deste método analítico é empregado o uso de turbidímetro.

2.4 CAIXAS SEPARADORAS DE ÁGUA E ÓLEO (CSAO)

A caixa separadora de água e óleo ou CSAO é um equipamento fundamental para a manutenção das boas práticas ambientais. O sistema foi desenvolvido para tratamento de óleos livres oriundos de derramamentos eventuais em postos de combustível, atendendo as exigências da NBR 14.605 (ABNT, 2000).

Bohn (2014) afirma que a CSAO trabalha com o conceito de coalescência, onde as partículas menores de fluidos multifásicos tendem a se aglutinar em porções maiores e também trabalha com o conceito baseado na velocidade de flutuação dos óleos.

Segundo Rosa et al. (2011), uma caixa separadora de água e óleo é um tanque que reduz a velocidade do efluente oleoso de forma a permitir que o óleo livre se separe da água por ação da gravidade.

Conforme Éras et al. (2017), há vários fatores que afetam a eficiência da separação, tais como o tamanho da gota de óleo, a densidade do óleo, a temperatura do ambiente, o pH do efluente, a presença de sabões ou detergentes, entre outros. Dentre estes, um dos que mais impacta negativamente no funcionamento do equipamento é a presença de detergentes ou sabões, portanto, a água que vai para a caixa separadora deve ser isenta destes produtos.

2.5 SOLVENTES

Segundo Martins et al. (2013), o processo de solubilização de uma



substância química resulta da interação entre a espécie que se deseja solubilizar (soluto) e a substância que a dissolve (solvente) e pode ser definida como a quantidade de soluto que se dissolve em uma certa quantidade de solvente, em condições de equilíbrio.

Em conformidade com Corseuil e Mendonça (1999), a solubilidade de uma substância orgânica está inteiramente relacionada com a estrutura molecular, principalmente com a polaridade das ligações e da espécie química como um todo (momento de dipolo). É uma propriedade física (molecular) que exerce um papel essencial no desempenho das substâncias químicas, de maneira especial dos compostos orgânicos.

Parreira e Cardeal (2005), explanam que os compostos apolares ou fracamente polares são solúveis em solventes apolares ou de baixa polaridade, enquanto que compostos de alta polaridade são solúveis em solventes também polares, o que está de acordo com a regra empírica de grande utilidade: "polar dissolve polar, apolar dissolve apolar" ou "o semelhante dissolve o semelhante". A solubilidade depende, assim, das forças de atração intermoleculares que foram documentadas pela primeira vez por Van der Waals, prêmio Nobel de Física de 1910 (MARTINS et al., 2013).

Maniasso (2001), explica que os ácidos carboxílicos, de fórmula $R-CO_2H$, também contendo grupo carbonila, são altamente associados no estado líquido, uma vez que, nesse caso, as ligações de hidrogênio se formam no composto puro. Devido à formação das ligações de hidrogênio também quando misturados à água, as solubilidades dos ácidos de cadeia curta em água são altas. Ácidos com até quatro átomos de carbono são miscíveis com a água em qualquer proporção, enquanto que, para os ácidos de cadeia maior, a solubilidade decresce devido ao fato da cadeia carbônica se tornar a parte mais significativa da molécula.

2.5.1 Hexano

Conforme Nascimento et al. (2008), para que seja possível extrair os óleos e graxas presentes nas amostras coletadas para o trabalho, utilizar-se-á o solvente hexano (C_6H_{14}), que é um hidrocarboneto contendo seis átomos de carbono no estado líquido, límpido, incolor, de forte odor característico, altamente volátil, solúvel em álcool, clorofórmio, entre outros. Sua densidade relativa é de 0,685.



2.6 COAGULANTES

O processo de coagulação vem sendo utilizado como tratamento de efluentes e pode ser uma alternativa eficiente para gerar um efluente final com características aceitáveis para o reúso da água. Existem centenas de produtos disponíveis no mercado com variadas características tais como: caráter aniônico, caráter catiônico, obtido a partir de materiais reciclados, sintéticos ou orgânicos. O coagulante se liga nas partículas que se deseja remover formando flóculos, os quais aumentam de tamanho e de massa, decantando e tornando possível sua remoção (OLIVEIRA, et al.,2014).

2.6.1 Tanino

Conforme a ficha técnica do produto (TANAC, 2017), é um polímero orgânico-catiônico de baixo peso molecular, de origem essencialmente vegetal e que atua como: Coagulante / Floculante / Auxiliar de coagulação no tratamento de águas em geral e de efluentes industriais.

Coral et al. (2009), diz que esse conceito de busca por materiais de origem vegetal para tratamento ao invés de sulfato de alumínio e outros metais já vem sendo estudado e utilizado em países da Europa e as vantagens do uso destes se dá por conta do menor custo, uso de matéria-prima renovável, menor contribuição de íons de sulfato de alumínio no efluente final, menor geração de massa de lodo, obtenção de lodo orgânico não perigoso, maior facilidade de eliminação, ou seja, com o uso de materiais não renováveis e menos agressivos ao meio ambiente.

2.6.2 Policloreto de alumínio (PAC)

Segundo a ficha técnica do produto (FICHA TÉCNICA DO PAC, 2017), Policloreto de alumínio $Al_n(OH)_m.Cl_{3(n-m)}$ é um coagulante/floculante inorgânico polimerizado. Apresenta-se na forma líquida e de cor âmbar com aparência viscosa. Devido ao grande volume e da estrutura polimérica dos flóculos produzidos é muito eficiente na floculação numa ampla faixa de pH e temperatura.



2.6.3 Sulfato de alumínio

De acordo com Campos et al. (2005), as impurezas encontradas na água estão carregadas superficialmente com cargas negativas, o que impede o seu aglutinamento. Para remover essas cargas é necessária a aplicação do coagulante sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$). A coagulação depende do pH, da temperatura da água coagulada e até o início das unidades de floculação existirão curvas com perda de carga.

Algumas águas têm alcalinidade natural insuficiente para reagir com o sulfato de alumínio. Neste caso, adiciona-se cal à água formando o hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) que irá reagir com o sulfato de alumínio (PIANTÁ, 2008).

2.7 O PROCESSO FENTON

Segundo Freire e Pereira (2005), a reação Fenton é aplicada na oxidação de contaminantes orgânicos presentes em águas, efluentes e solo. Um dos primeiros trabalhos que descreveram a oxidação de compostos orgânicos visando o tratamento de águas por reação de Fenton foi da degradação de clorofenóis. A potencialidade do processo para o tratamento de efluentes se dá devido à simplicidade de sua aplicação, uma vez que a reação ocorre à temperatura e pressão ambientes, não requer nenhum reagente ou equipamento especial e se aplica a uma grande variedade de compostos.

Conforme Adário et al. (2014), o tratamento utilizando a oxidação via processo Fenton pode seguir uma sequência de procedimentos. Como mostra a Figura 1, a primeira etapa ocorre no tanque de oxidação onde são misturados a água residuária bruta, o agente de ajuste de pH (ácido sulfúrico, por exemplo), o peróxido de hidrogênio (agente oxidante) e o floculante metálico (catalisador). Em outro tanque, após a reação, é feita a neutralização através da adição do agente alcalino para que ocorra a degradação do peróxido de hidrogênio residual e remoção de sais metálicos oxidados através da precipitação química de seus hidróxidos.

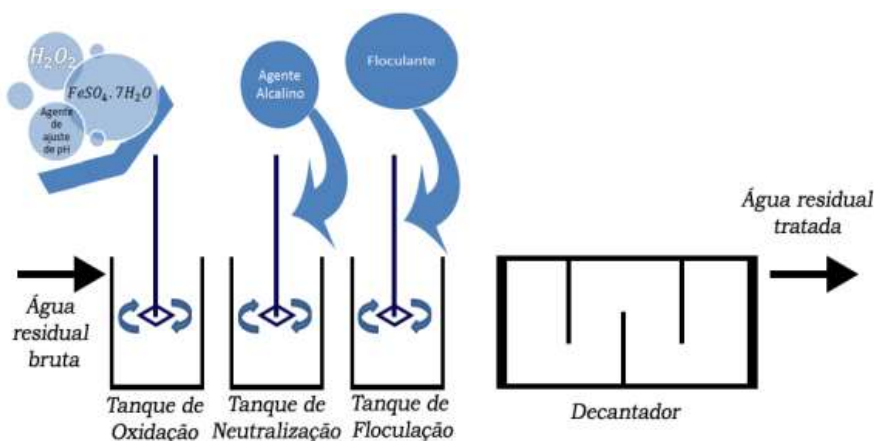
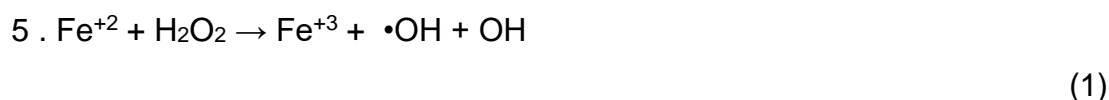


Figura 1: Fluxograma de proposta de tratamento de efluentes utilizando o processo Fenton
Fonte: SP Labor Equipamentos para Laboratório (2017)

Conforme Villa et al. (2014), a mais de um século a oxidação catalítica de ácido tartárico na presença de sais ferrosos e peróxido de hidrogênio foi relatada por Fenton. Quarenta anos após a primeira observação do que seria a chamada “reação de Fenton”, Reação (1), foi proposto que o radical hidroxila é a espécie oxidante neste sistema, capaz de oxidar várias classes de compostos orgânicos em uma reação espontânea que ocorre no escuro:



Ferraz e Aguiar (20017) explicam que o cobre também atua como um catalisador na decomposição de H_2O_2 (reação de Fenton cuprosa), de modo similar ao ferro. Ambos metais reagem com H_2O_2 formando complexos intermediários, que em seguida se decompõem formando o radical OH. Na reação de Fenton cuprosa, o complexo formado entre H_2O_2 e o metal é mais estável que na reação de Fenton ferrosa. Como consequência, as espécies ativadas da reação de Fenton cuprosa podem ser o radical OH ou o íon Cu^{3+} . A reação de Fenton cuprosa é aproximadamente 3 vezes mais rápida que a ferrosa.

2.7 APARELHO JAR-TEST

O Jar-Test é um equipamento para laboratório utilizado em testes durante o

tratamento da água. Sua função é promover agitação rápida e moderada nas amostras facilitando a formação de flocos com a matéria orgânica presente na água analisada (ADÁRIO, 2014).

Bouyer e Line (2001) explica que a técnica conhecida como Teste de Jarro é empregada, por exemplo, nos laboratórios de rede de abastecimento de água para a determinação do pH ótimo de coagulação e da dosagem ótima de coagulante. As amostras são colocadas nas provas do aparelho Jar-Test e em seguida são inseridas quantidades de coagulante para determinação da dosagem ótima deste.

Segundo Golob et al. (2001), realizando os testes é possível estipular os valores aproximados da quantidade de coagulante necessária para promover a coagulação. Na determinação do pH ótimo, substâncias são utilizadas para ajustar o valor do pH da amostra. Com a agitação do Jar-Test e inserção de coagulante a etapa de coagulação é completada.

3 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

O procedimento experimental ocorreu com a coleta da amostra de efluente bruto proveniente de lavação de carros de passeio de uma empresa localizada na cidade de Criciúma no dia 17/08/2017, no qual foram coletados 20 L de efluente. A caixa separadora possui 10 m³ de volume. Em seguida, foram realizadas análises de pH em pHmetro de bancada, turbidez com turbidímetro, sólidos totais em cápsula e estufa e óleos e graxas com extrator soxhlet para caracterização da situação inicial do efluente. A amostra bruta pode ser verificada na Figura 2.

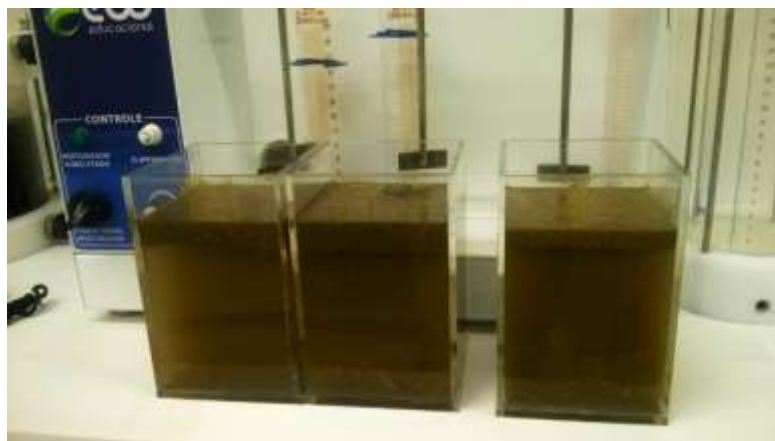


Figura 2: Efluente Bruto
Fonte: Do autor



Conforme Furlan (2008), a floculação é um processo físico-químico usado para agregar colóides e partículas dissolvidas em flocos maiores, que podem ser facilmente sedimentados por gravidade e em seguida removidos. O curto tempo de residência e o baixo custo tornam a coagulação química uma técnica usada largamente. A floculação é afetada por fatores como pH; um pH entre 6 e 7 está numa variação efetiva para a formação dos flocos de diversos flocculantes. Para reagir e formar flóculos é necessário que a água contenha alcalinidade natural ou alcalinidade adicionada através dos auxiliares de coagulação em pH em torno de 9,0.

O passo seguinte foi deixar o pH da amostra fortemente acidificado conforme preconizado no método analítico baseado na norma *Standard Methods* para conservação do parâmetro óleos e graxas, em pH = 1,40 a 23,8°C, utilizando H₂SO₄ (ácido sulfúrico) para promover a desemulsificação e realizar a reação Fenton para oxidação das cadeias oleosas por meio de agitação em bécker e agitador magnético com H₂O₂ (agente oxidante).

Após a quebra, elevou-se o pH em torno de 9,0 variando os meios alcalinos com a utilização de hidróxido de sódio (6 N), cal dolomítica e cal calcítica para propiciar a faixa de utilização dos flocculantes adotados no procedimento experimental.

Os testes foram realizados variando o flocculante: tanino, policloreto de alumínio e sulfato de alumínio para ocorrer a neutralização do efluente (pH de 6,0 a 7,0).

Os procedimentos utilizados durante os testes para cada situação são descritos nas tabelas que seguem.

3.1 TESTES COM MEIO ALCALINO NaOH E FLOCCULANTE TANINO EM 1L DE EFLUENTE BRUTO

Para realização dos testes, utilizou-se Jar Test a 100 rpm, partindo do pH fortemente acidificado já ajustado inicialmente na coleta do efluente, variando o tempo de agitação e o volume de peróxido de hidrogênio. Para cada teste (Tabela 1), foram adicionadas as quantidades de NaOH 6 N necessárias para atingir o pH alcalino (pH = 9,0) e foi adicionado polímero (Tanino) até se obter pH ótimo para



formação dos flóculos (pH = 7,2). Após estes passos observou-se e anotou-se se houve floculação e decantação de sujidades.

Tabela 1: Testes com NaOH e Tanino em 1L de efluente bruto

pH inicial a 23,9 °C	Tempo de agitação	Volume de Peróxido	Volume de NaOH 6 N (pH = 9,0)	Volume de polímero (pH = 7,2)
1,22	1h	01 mL	7 mL	7 mL
1,29	1h	02 mL	8 mL	8 mL
1,13	1h	05 mL	7 mL	6 mL
1,27	2h	10 mL	9 mL	9 mL
1,20	2h	30 mL	7 mL	8 mL
1,23	4h	40 mL	8 mL	8 mL
1,22	4h	50 mL	7 mL	7 mL

Fonte: Do autor

3.2 TESTES COM MEIO ALCALINO NaOH E FLOCULANTE POLICLORETO DE ALUMÍNIO EM 1L DE EFLUENTE BRUTO

A segunda batelada de testes procedeu a continuidade de utilização do equipamento Jar Test a 100 rpm, partindo do mesmo efluente coletado com pH fortemente acidificado. A variação do tempo de agitação se deu de 2 e 4 horas e o volume de peróxido também sofreu variação.

Durante os testes, foram acrescentadas as quantidades de NaOH 6 N necessárias para atingir o pH alcalino estabelecido como padrão para os testes (pH = 9,0) e foi adicionado o segundo tipo de polímero (Policloreto de Alumínio) buscando o valor de formação dos flóculos de sujidades (pH = 7,2). Após estes passos, o efluente tratado foi observado e anotou-se as características obtidas quanto a floculação e decantação de flóculos. Os testes realizados podem ser observados na Tabela 2.



Tabela 2: Testes NaOH e Policloreto de Alumínio em 1L de efluente bruto

pH inicial a 23,9 °C	Tempo de agitação	Volume de Peróxido	Volume de NaOH 6 N (pH = 9,0)	Volume de polímero (pH=7,2)
1,12	2h	01 mL	6 mL	6 mL
1,16	2h	02 mL	6 mL	5 mL
1,22	2h	05 mL	7 mL	6 mL
1,15	4h	10 mL	6 mL	7 mL
1,28	4h	30 mL	8 mL	7 mL
1,20	4h	40 mL	6 mL	6 mL
1,27	4h	50 mL	7 mL	7 mL

Fonte: Do autor

3.3 TESTES COM MEIO ALCALINO NaOH E FLOCULANTE SULFATO DE ALUMÍNIO EM 1L DE ELFUENTE BRUTO

Para a terceira batelada de testes (Tabela 3), utilizou-se Jar Test a 100 rpm para tratamento do efluente coletado com pH fortemente acidificado. A variação do tempo de agitação se deu novamente de 2 e 4 horas e o volume de peróxido de hidrogênio também foi modificado em diferentes quantidades. O efluente foi alcalinizado por meio de NaOH 6 N (pH = 9,0) e foi acrescentado polímero Sulfato de alumínio até pH = 7,2. Em seguida o efluente tratado foi observado e anotou-se as características obtidas quanto a floculação e decantação.

Tabela 3: Testes com NaOH e Sulfato de Alumínio em 1L de efluente bruto

pH inicial 23,9 °C	Tempo de agitação	Volume de Peróxido	Volume de NaOH 6 N (pH = 9,0)	Volume de polímero (pH = 7,2)
1,21	2h	02 mL	7 mL	7 mL
1,17	2h	05 mL	6 mL	6 mL
1,24	4h	10 mL	7 mL	7 mL
1,11	4h	30 mL	6 mL	6 mL
1,29	4h	40 mL	8 mL	8 mL
1,15	4h	50 mL	7 mL	7 mL

Fonte: Do autor



3.4 TESTES COM MEIO ALCALINO CAL CALCÍLICA E FLOCULANTE SULFATO DE ALUMÍNIO EM 1L DE EFLUENTE BRUTO

O quarto tipo de teste realizado deu continuidade a utilização de Jar Test a 100 rpm, utilizando a amostra acidificada variou-se o tempo de agitação e o volume de peróxido de hidrogênio. O efluente foi alcalinizado por meio de cal calcítica ao invés de NaOH em pH = 9,0 e acresceu-se polímero Sulfato de alumínio para obtenção de partículas aglomeradas (pH = 7,2). O próximo passo foi observar o comportamento do efluente tratado e as informações referentes a floculação e decantação. O procedimento é descrito na Tabela 4.

Tabela 4: Testes com Cal Calcítica e Sulfato de Alumínio em 1L de efluente bruto

pH inicial 23,9 °C	Tempo de agitação	Volume de Peróxido	Massa de cal calcítica (pH = 9,0)	Volume de polímero (pH = 7,2)
1,25	2h	01 mL	20g	7 mL
1,23	2h	02 mL	30g	7 mL
1,20	2h	05 mL	20g	6 mL
1,12	4h	10 mL	18g	6 mL
1,16	4h	30 mL	20g	6 mL
1,17	4h	40 mL	19g	6 mL
1,10	4h	50 mL	22g	6 mL

Fonte: Do autor

3.5 TESTES COM MEIO ALCALINO CAL DOMOLÍTICA E FLOCULANTE SULFATO DE ALUMÍNIO EM 1L DE EFLUENTE BRUTO

Na quinta parte de testes realizados (Tabela 5), deu-se continuidade no uso de Jar Test a 100 rpm para tratamento do efluente coletado acidificado. O tempo de agitação se deu entre 2 e 4 horas e o volume de peróxido também foi variado. O efluente foi alcalinizado por meio de cal dolomítica até atingir o pH = 9,0 e adicionou-se polímero Sulfato de alumínio para que se formassem os flóculos, (pH = 7,2). O



passo seguinte foi verificar as características obtidas no efluente tratado quanto a formação de flóculos e a decantação dos mesmos.

Tabela 5: Testes com Cal Dolomítica e Policloreto de Alumínio em 1L de efluente bruto

pH inicial 23,9 °C	Tempo de agitação	Volume de Peróxido	Massa de cal dolomítica (pH = 9,0)	Volume de polímero (pH = 7,2)
1,14	2h	01 mL	12g	6 mL
1,22	2h	02 mL	13g	7 mL
1,21	2h	05 mL	12g	7 mL
1,15	4h	10 mL	12g	6 mL
1,10	4h	30 mL	12g	6 mL
1,21	4h	40 mL	13g	7 mL
1,18	4h	50 mL	12g	6 mL

Fonte: Do autor

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir podem ser observados os resultados obtidos nos testes de caracterização dos efluentes bruto e tratado, bem como a discussão a respeito dos respectivos dados observados e apresentado o floculante que proporcionou os melhores desempenhos dentre os testes feitos.

4.1 FLOCULANTE TANINO E NaOH

Utilizando NaOH para o acerto de pH e floculante Tanino não se conseguiu obter o resultado esperado, que é a precipitação do óleo juntamente com os resíduos sólidos provenientes de areia, terra e demais sujidades. Houve um aumento muito elevado da turbidez, que pode ser verificado visualmente e a formação de apenas uma fase.

Fernandes et al. (2015), diz que taninos são macromoléculas do metabolismo secundário das plantas, sendo classificados em taninos hidrolisáveis e taninos condensados. Os hidrolisáveis apresentam na sua constituição monômeros de ácido gálico, enquanto que os taninos condensados são polifenóis, consistindo

de unidades flavonóidicas (flavan-3-ol e flavan-3,4-diol), em vários graus de condensação.

Guimarães (2013), explica que os mecanismos atuantes na coagulação por polímeros são essencialmente de adsorção e formação de pontes. Quando polímeros de cadeia molecular longa são adicionados no meio, os sítios reativos dos polímeros se ligam à superfície do colóide, enquanto o resto da cadeia polimérica livre funciona como uma ponte para a adesão a outra partícula coloidal. Caso a concentração de colóides no meio seja baixa ou haja excesso de polímero no meio a cadeia polimérica livre poderá ser adsorvida novamente na superfície do colóide previamente capturado, o que poderá provocar a reestabilização do mesmo. Agitação vigorosa ou duradoura é capaz de promover a re-estabilização do colóide.

O tanino utilizado no trabalho foi o Floquim 1400, que originalmente apresenta coloração marrom. A ficha técnica não apresenta informações a respeito de sua constituição química, portanto não se conhece a origem do mesmo e suas afinidades de ligação, o que pode ter comprometido a formação dos flóculos, acarretando em tanino livre em solução, aumentando a turbidez e não sendo possível a efetiva formação de flóculos e posterior decantação.

O efluente obtido pode ser observado na Figura 3:



Figura 3: Floculante Tanino e NaOH
Fonte: Do autor

4.2 FLOCULANTE PLICLORETO DE ALUMÍNIO E NaOH

Utilizando NaOH como agente alcalinizante e floculante policloreto de alumínio não se conseguiu obter a precipitação do óleo, houve a formação de três fases sem precipitação ou diminuição de turbidez, conforme a Figura 4.

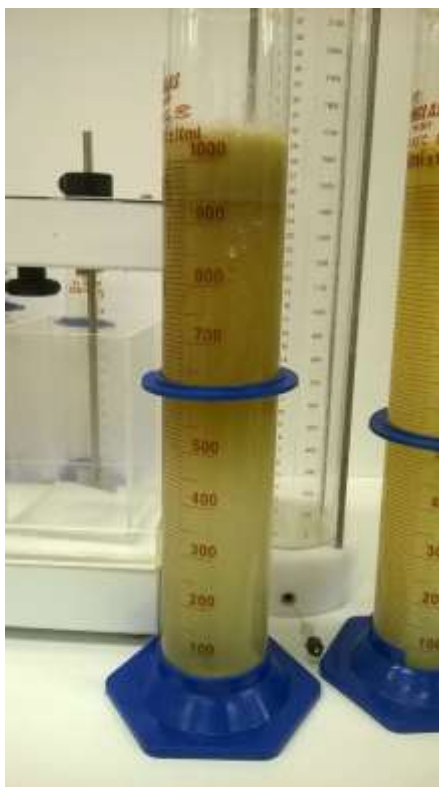


Figura 4: Floculante Policloreto de Alumínio e NaOH.
Fonte: Do autor

Yamamura (2009) diz que o PAC possui forte poder de coagulação, com a formação rápida dos flocos, e a ação coagulante é muito boa, fazendo com que os flocos se formem mais rapidamente e em tamanhos maiores e uniformes.

Entretanto, em relação ao efluente de camada oleosa, não foi observada esta decantação.

Magalhães (2005) cita que quando sais de alumínio ou ferro são adicionados à água, sob condições particulares de dosagem de coagulante e pH, diversas espécies hidrolisadas solúveis positivas e com alta capacidade de adsorção são formadas. A adsorção dessas espécies hidrolisadas positivas na superfície dos colóides é responsável pela neutralização das cargas negativas das impurezas ou

desestabilização das partículas. O mecanismo de coagulação é, então, denominado “neutralização de cargas”, ou melhor, “adsorção-desestabilização”.

Portanto, os testes realizados não atingiram o valor ideal de dosagem de coagulante adequados para o efluente em estudo.

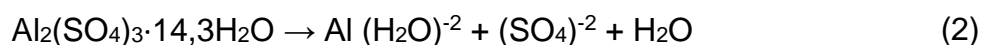
4.3 FLOCULANTE SULFATO DE ALUMÍNIO E NaOH

O teste realizado com sulfato de alumínio gerou como resultado a formação de três camadas, com acentuada diminuição de turbidez da camada intermediária, conforme a Figura 5.



Figura 5: Floculante Sulfato de Alumínio e NaOH
Fonte: Do autor

Guimarães (2011) diz que os coagulantes mais empregados têm sido os sais inorgânicos de alumínio como o sulfato de alumínio. Quando o sal de alumínio entra em contato com a água provoca a formação de espécies solúveis hidrolisadas que reduzem a repulsão eletrostática entre as partículas coloidais favorecendo a agregação das impurezas, conforme Reação (2).





Como os resultados obtidos apresentaram-se melhor por meio do uso de sulfato de alumínio, os demais testes com variação de meio alcalinizante foram realizados com este floculante.

4.4 CAL CALCÍLICA E SULFATO DE ALUMÍNIO

No teste utilizando cal calcítica (Figura 6), observou-se que o sistema formou apenas uma fase, sem decantação. Esse fato está ligado com o alto teor higroscópico da cal que acabou sofrendo acentuado inchamento, não proporcionando o resultado desejado de separação das sujidades.



Figura 6: Floculante Sulfato de Alumínio e cal calcítica
Fonte: Do autor

4.5 CAL DOLOMÍTICA E SULFATO DE ALUMÍNIO

Os testes realizados com cal dolomítica (Figura 7) se mostraram mais eficazes dentre todos os demais e a comparação entre o efluente bruto e o tratado podem ser verificadas na Tabela 6.



Figura 7: Floculante Sulfato de Alumínio e cal dolomítica
Fonte: Do autor

Tabela 6: Resultados obtidos nos testes de caracterização do efluente bruto e tratado

Método Analítico	Efluente Bruto	Efluente Tratado	Máximo permitido CONAMA 430/2011
pH	3,45	7,19	6,0 a 9,0
Turbidez	192,98 NTU	7,22 NTU	N.E
Óleos e Graxas	84,77 mg.L ⁻¹	11,29 mg.L ⁻¹	20,0 mg.L ⁻¹
Sólidos Totais	333,02 mg.L ⁻¹	78,09 mg.L ⁻¹	N.E.

Fonte: Do autor

Os resultados da amostra após o tratamento do efluente mostram que os parâmetros analisados se encontram de acordo com os limites máximos estabelecidos pela legislação, bem como é possível observar uma acentuada redução nos valores dos parâmetros que não possuem máximos estabelecidos.

Os resultados obtidos nos testes de decantação são verificados na Tabela 7.



Tabela 7: Testes com Cal Dolomítica e Sulfato de Alumínio em 1L de efluente

Tempo de decantação	Volume decantado
0,5h	5mL
1h	29 mL
2h	42mL
3h	68mL
4h	87 mL
5h	155 mL
6h	245 mL
7h	388 mL

Fonte: Do autor

O volume decantado através do tempo de observação pode ser verificado na Figura 8.

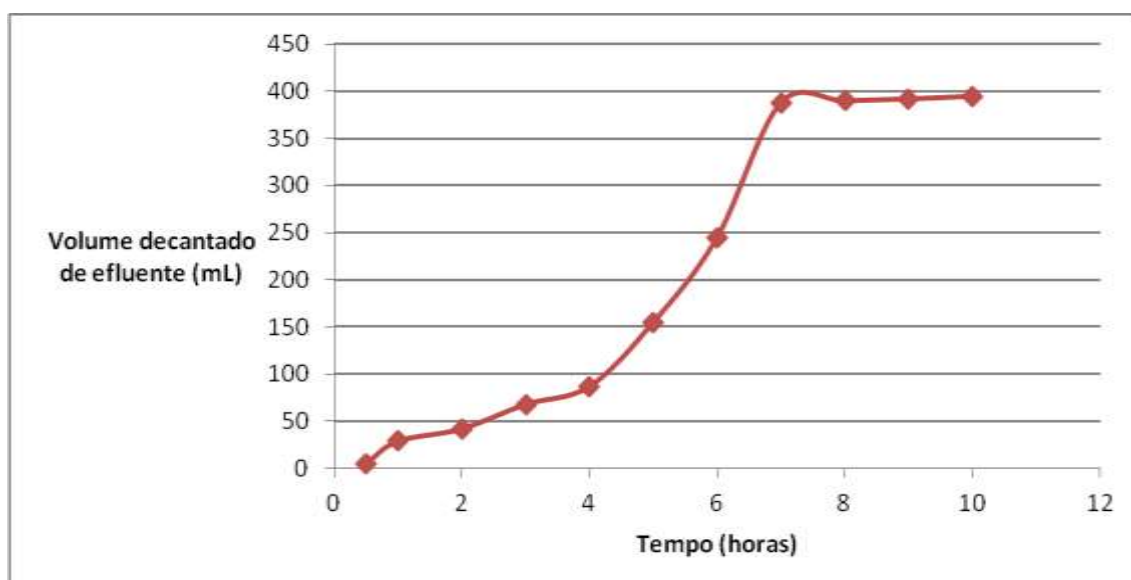


Figura 8: Volume decantado através de tratamento com Sulfato de Alumínio e cal dolomítica versus tempo de observação

Fonte: Do autor

Por meio da observação do gráfico, verifica-se que desde o instante em que se interrompe a homogeneização os flóculos de sujidades são formados e começam



a decantar. O máximo volume de flóculos decantados ocorreu no tempo de 7 horas, onde o volume obtido foi de 388 mL e após esse período, o volume de lodo obtido manteve-se praticamente constante, evidenciando assim o tempo de decantação ideal.

4.6 VIABILIDADE DO PROCESSO

Para realização da coleta e tratamento do efluente bruto utilizado na empresa é necessário a aquisição e implantação de uma caixa separadora, custos com mão de obra, bem como a aquisição dos insumos necessários para o tratamento, que de acordo com os resultados dos testes realizados, são o ácido sulfúrico, peróxido de hidrogênio, cal dolomítica e floculante sulfato de alumínio.

Devido aos custos elevados de insumos e ao fato de que seria necessário um funcionário treinado para gerenciar os reagentes, o presente tratamento acaba sendo inviável devido ao seu alto custo.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho consistiu no teste de eficiência de tratamento de efluente proveniente de caixas de separação de água e óleo através do uso de floculantes em meio alcalinizantes diversos, pois, muitas vezes, esse tipo de efluente acaba não recebendo tratamento adequado para obedecer aos parâmetros definidos pelas legislações competentes.

Com os resultados observados, verificou-se que o floculante sulfato de alumínio e cal dolomítica obtiveram resultado mais adequados para o objetivo desejado.

O efluente passou de níveis de óleos e graxas de 84,77 mg.L⁻¹ para 11,29 mg.L⁻¹ e de turbidez 192,98 NTU para 7,22 NTU.

O tratamento realizado demandou a necessidade dos reagentes ácido sulfúrico, peróxido de hidrogênio, cal dolomítica e floculantes, além da necessidade de tanque com pás agitadoras e disponibilidade de um funcionário para operar o sistema, esse conjunto acaba gerando despesas altas para a empresa.

Para trabalhos futuros seria interessante realizar coletas do efluente bruto de acordo com plano de amostragem para investigar os custos, modificar a rotação do



Jar Test para verificar sua influência na formação de flóculos, testar a flotação das sujidades ao invés de decantação, a implementação de bolhas de ar por bombas, testar outras concentrações de floculantes e outros meios alcalinizantes visando a redução de custos.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 14.605**: Posto de Serviço - Sistema de Drenagem Oleosa. Rio de Janeiro, 2000. 2 p.

ADÁRIO; M. L. **Utilização do processo Fenton homogêneo no tratamento de efluentes gerados em cabines de pintura da indústria moveleira**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental e Sanitarista) Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 48 f., 2014. Disponível em: http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/TFC_Mariana-LimaAd%C3%A1rio.pdf. Acesso em: 05 nov. 2017.

BERTI, A. P.; DUSMAN E.; CAPELARI, L. S. Efeitos da contaminação do ambiente aquático por óleos e agrotóxicos. **Sabios, revista de saúde e biologia**, v. 4, n. 1, 2009.

BLACK, H. F. **Sistema de separação de água e óleo - reajuste de caixa separadora**. Trabalho de conclusão de curso (técnico em química). Centro universitário CEPS UNIVATES. Lajeado. 18f. 2016. Disponível em: <https://www.univates.br/tecnicos/media/artigos/Henrique_Black.pdf> Acesso em: 10 maio 2017

BOHN, F. P. **Tratamento do efluente gerado na lavagem de veículos**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Mecânica). Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi. 48f. 2014. Disponível em: <<http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/handle/123456789/2289>>. Acesso em: 21 maio 2017.

BOUYER, D.; LINE, A. Experimental Analysis of Floc Size Distribution and Hydrodynamics in a Jar-Test. **Chemical Engineering Research and Design**. vol. 79, n. 8, p. 1017-1024, 2001. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263876201721442>>. Acesso em: 13 maio 2017.



CAMPOS, S. X.; BERNARDO, L.; VIEIRA, E. M. **Influência das características das substâncias húmicas na eficiência da coagulação com sulfato de alumínio.**

Rev. Engenharia Sanitária e Ambiental, vol. 10, n. 3, p.194-199, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v10n3/a03v10n3>>. Acesso em 21 maio 2017.

CONAMA. Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente. **Diário Oficial da União DOU nº 247**, de 22 dez. 1997.

CONAMA. Resolução nº 237, de 29 de novembro de 2000. Dispõe sobre prevenção e controle da poluição em postos de combustíveis e serviços. **Diário Oficial da União DOU nº 005**, de 08 jan. 2001.

CONAMA. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2012. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Diário Oficial da União DOU nº 92**, de 16 mai. 2011.

CORAL, L. A.; BERGAMASCO, R.; BASSETI, F. J. **Estudo da viabilidade de utilização do polímero natural (TANFLOC) em substituição ao sulfato de alumínio no tratamento de águas para consumo.** São Paulo, 2009. Disponível em:

<<http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/sessoes/4a/4/F.%20J.%20Bassetti%20-%20Resumo%20Exp.pdf>>. Acesso em 13 maio 2017.

CORSEUIL, H. X.; FERNANDES, M. Efeito do etanol no aumento da solubilidade de compostos aromáticos presentes na gasolina brasileira. **Revista Engenharia Ambiental**. N 1 e 2, vol. 4, 1999. Disponível em: http://rema.ufsc.br/wp-content/uploads/2014/10/1999_artigo-_CORSEUIL_et_al.pdf. Acesso em: 22 maio 2017.

ÉRAS. A. C. S.; SOUSA. C. A.; ANDRADE. C. S. **Condições ambientais dos postos de combustíveis da cidade de dourados-MS.** Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/XI-010.pdf>> Acesso em: 21 maio 2017.

FERNANDES, M.; SKORONSKI, E.; TREVISAN, V.; ALVES, M.; ELY, C.; JUAREZ, J. J. Aplicação de tanino como coagulante no reuso da água de lavagem de automóveis e a utilização do lodo na agricultura. **Rede – Revista Eletrônica do PRODEMA**. v. 9, n. 1, p. 51–61, 2015.



FERRAZ, A. AGUIAR, A. **Mecanismo e aplicações da reação de Fenton assistida por compostos fenólicos redutores de ferro.** Química nova, v. 30, n.3, p.623-628, 2007.

FICHA TÉCNICA DO POLICLORETO DE ALUMÍNIO (PAC). CSM Produtos químicos. Disponível em:
<http://www.csmpq.com.br/pdfprodutos/Ficha_Tecnica_Nheelfloc_1060_PAC.pdf>..
Acesso em: 13 maio 2017.

FURLAN, F. G. **Avaliação da Eficiência do Processo de Coagulação - Flocculação e Adsorção no Tratamento de Efluentes Têxteis.** Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de engenharia química e engenharia de alimentos. Florianópolis. 151 f. 2008. Disponível em:
<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/91020/252704.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 06 nov. 2017.

GIORDANO. G. **Tratamento e controle de efluentes industriais.** (Departamento de Engenharia). Universidade Estadual do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 81f. 2006. Disponível em:<http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/35427518/Apostila__Tratamento_de_efluentes_industriais.pdf?disposition=inline%3B%20filename%3DTRATAMENTO_E_CONTROLE_DE_EFLUENTES_INDUS.pdf>. Acesso em: 21 maio 2017.

GOLOB, V.; VINDER. A.; SIMONIC. M. **Efficiency of the coagulation/flocculation method for the treatment of dyebath effluents.** vol. 67, n. 2, p. 93-97, 2001. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143720804002724>>Acesso em: 13 maio 2017.

GUIMARÃES, P. S. **Tratamento de águas residuárias oriundas da purificação do biodiesel por coagulação empregando sulfato de alumínio e quitosana: avaliação preliminar.** Dissertação. Universidade de Brasília, Faculdade de tecnologia, Departamento de engenharia civil e ambiental. Brasília. 77 f. 2013. Disponível em: <http://www.repositorio.unb.br/bitstream/10482/15492/1/2013_PatriciaSalesGuimaraes.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2017.

HARMEL, V.C.; SAAR, J.H; PINHEIRO, A. **Considerações relevantes sobre a busca da padronização de um teste de biotoxicidade crônica com vibrio fischeri e implantação de teste de toxicidade crônica com daphnia magna.** Anais da 58ª Reunião Anual da SBPC. Disponível em <http://www.sbpnet.org.br/livro/58ra/SENIOR/RESUMOS/resumo_2662.html>. Acesso em: 17 maio 2017.



LORENZETT, D. B.; ROSSATO, M. V.; NEUHAUS, Mauricio. **A gestão ambiental em postos de combustíveis.** (Trabalho de apresentação da pós-graduação em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 10f. 2012. Disponível em:<

http://www.unifra.br/eventos/sepe2010/2010/Trabalhos/sociais_Aplicadas/Completo/4639.pdf>. Acesso em: 13 maio 2017.

MAGALHÃES, A. F. R. **Proposição, implantação, partida e ajustes de reatores biológicos e físico-químicos para tratamento e reciclagem de efluentes de lavadores de veículos em escala real.** Dissertação. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 136 f., 2005. Disponível em: <

http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258217/1/Magalhaes_AlexFabianoRibeirode_M.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2017.

MANIASSO, N. Ambientes micelares em química analítica. **Quím. Nova.** vol. 24, n. 1, p.87-93, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v24n1/4454.pdf>>. Acesso em: 22 maio 2017.

MARQUES, C.E.B; PUGAS, C.G.S; SILVA; MACEDO, M.H.A. **O licenciamento ambiental dos postos de revenda varejista de combustíveis de Goiânia.**

Trabalho de conclusão de curso (Engenharias). Universidade Católica de Goiás, Goiás. 31 f. Disponível em: <<http://www2.ucg.br/nupenge/pdf/artigo005.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2017.

MARTINS, C. R.; LOPES, W. A.; ANDRADE, J. B. Solubilidade das substâncias orgânicas. **Revista Química Nova na escola.** 2013. Disponível em:

<http://www.repositorio.ufba.br:8080/ri/handle/ri/14822>>. Acesso em: 22 maio 2017.

MARTINS, C. R.; LOPES, W. A.; ANDRADE, J. B. Solubilidade das substâncias orgânicas. **Química Nova.** vol.36, n. 8, São Paulo 2013. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422013000800026>. Acesso em: 22 maio 2017.

NASCIMENTO, R. J. S.; COURI, S.; ANTONIASSI, R.; FREITAS, S. P. **Composição em ácidos graxos do óleo da polpa de açaí extraído com enzimas e com hexano.** Ver. Bras. Frutic. Jaboticabal, vol. 30, n. 2, p. 498-502, 2008. Disponível

em:<http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/46770920/disposition=inlin e%3B%20filename%3DComposicao_em_acidos_graxos_do_oleo_da_p.pdf>

Acesso em: 22 maio 2017.

NOGUEIRA, R. F. P; TROVÓ, A. G; SILVA, M. R. A; RICARDO, D. Fundamentos e aplicações ambientais dos processos Fenton e Foto-Fenton. **Revista Química Nova.** v. 30, n. 2, p. 400-408, 2007. Disponível em:



<http://quimicanova.s bq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=1919> Acesso em: 05 nov. 2017.

OLIVEIRA, D. M. C.; PEREIRA, E. R., CONSTANZI, R. N. **Coagulante químico sulfato de alumínio para o tratamento do efluente originado da lavagem de veículos**. V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. 2014. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2014/IX-028.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2017.

PARREIRA, F.V.; CARDEAL, Z. L. **Amostragem de compostos orgânicos voláteis no ar utilizando a técnica de microextração em fase sólida**. Quím. Nova, vol. 28, n. 4, p. 649-653, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v28n4/25113.pdf>>. Acesso em: 22 maio 2017.

PAULINO, P. F. **Diagnóstico dos resíduos gerados nas oficinas mecânicas de veículos automotivos do município de São Carlos-SP**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental). Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, São Paulo, 59f. 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/120448>>. Acesso em: 06 maio 2017.

PEREIRA, W. S.; FREIRE, R. S. **Ferro zero: uma nova abordagem para o tratamento de águas contaminadas com compostos orgânicos poluentes**. Química Nova, v.28, n.1, p. 130 -136, 2005.

PIANTÁ, C. A. V. **Emprego de coagulantes orgânicos naturais como alternativa ao uso do sulfato de alumínio no tratamento de água**. (Trabalho de apresentação da pós-graduação em Engenharia Agrícola). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre .74f. 2008. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/26026/000754989.pdf>> Acesso em 13 mai. 2017.

QUALIDADE DA ÁGUA. Sabesp. Disponível em:< <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=40>> Acesso em 14 mai. 2017.

ROSA, L. G.; DE SOUSA, J. T.; DE LIMA, V. L. A.; ARAUJO, G. H.; DA SILVA, L. M. A. **Caracterização de águas residuárias oriundas de empresas de lavagem de veículos e impactos ambientais**. Revista Ambiente & Água; Taubaté 6.3 (2011): 179-199.

SABESP. **Norma Técnica Interna NTS 013**. Sólidos: Métodos de Ensaio. São Paulo, Junho 1999.



SOLOMONS, T.W. G. **Química orgânica**, vol. 2. 10ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

SP Labor equipamentos para Laboratório. Jar-Test - Técnica conhecida como Teste de Jarro, é utilizada em tratamento de água. Disponível em: <<http://www.splabor.com.br/blog/jar-test-2/jar-test-tecnica-conhecida-como-teste-de-jarro-e-utilizada-em-tratamento-de-agua/#more-2693>> Acesso em: 22 mai. 2017.

TANAC para tratamento de águas. Disponível em: <<http://www.tanac.com.br/pt-br/produtos/aguas>> Acesso em 13 mai. 2017.

YAMAMURA, V. D.; CONSTANTINO, A. F. **Redução do gasto operacional em estação de tratamento de água utilizando o PAC**. In: Simpósio de pós-graduação em Engenharia Urbana. 2009, Maringá. p. 10. Disponível em: <http://www.dec.uem.br/eventos/ii_simpgeu/arquivos/Trabalhos/146.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2017.

ZANINI, G. de M. **Graxas Lubrificantes: Tipos, Classificação e Desempenho**. Departamento de Engenharia Mecânica. UNESP. Disponível em: <http://www.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/Grupo_19.pdf> Acesso em 13 mai.2017.

AGRADECIMENTOS

Agradeço as colaboradoras da Faculdade SATC Ana Paula Dagostim e Débora De Pellegrin Campos pelo grande auxílio no presente trabalho, bem como aos profissionais Eng^o Fábio da Waltrick e Michele Hermany do Laboratório H₂O pelo apoio prestado.