



ANÁLISE E COMPARAÇÃO DE SULFATO DE ALUMÍNIO, POLICLORETO DE ALUMÍNIO E TANINO COMO COAGULANTES NO TRATAMENTO DE EFLUENTE DE UMA LAVANDERIA INDUSTRIAL

Renan Rosso de Bona Sartor¹

Aline Resmini Melo²

Carolina Resmini Melo Marques³

Regina Freitas Fernandes⁴

Franciele Luiz Domingos de Figueiredo⁵

Débora De Pellegrin Campos⁶

Resumo: As lavanderias industriais geram uma grande quantidade de efluente em seus processos, que precisa ser tratado antes de ser despejado em corpos hídricos. Este artigo tem por objetivo testar e avaliar a eficiência dos coagulantes sulfato de alumínio, policloreto de alumínio e tanino. Foram realizados ensaios em *jar test* e adicionados volumes de 10, 20, 30, 40 e 50 mL da solução de cada coagulante (10 g/L) em um litro de efluente. Para avaliação dos resultados, mediu-se os parâmetros cor, turbidez, pH e volume de lodo gerado após o tratamento. Os resultados obtidos revelaram que a redução dos resíduos do efluente, evidenciados pela redução da cor e da turbidez, são diretamente proporcionais à adição dos coagulantes. O policloreto de alumínio apresentou o melhor comportamento, pois obteve uma redução, em média de 16,47% na cor e 34,39% na turbidez maiores que a remoção obtida com o sulfato de alumínio, utilizado como base para os cálculos de eficiência. O tanino apresentou uma redução na cor e turbidez semelhante ao do policloreto de alumínio, porém menor. O sulfato de alumínio apresentou as reduções de cor e turbidez mais baixas, entretanto, se torna mais atrativo por apresentar um custo menor que os demais coagulantes e um tratamento consideravelmente eficaz.

Palavras-chave: Coagulantes. Efluente. Lavanderia industrial. Têxtil. Tratamento.

1 INTRODUÇÃO

A indústria têxtil utiliza uma grande quantidade de água em seus processos fabris, visto que as lavanderias industriais são um dos setores que mais

¹ Graduando em Engenharia Química. E-mail: renan_sartor@hotmail.com;

² Professora Doutora Engenheira Química. E-mail: aline.melo@satc.edu.br;

³ Professora Doutora Engenheira de Alimentos. E-mail: carolina.melo@satc.edu.br;

⁴ Especialista Bióloga. E-mail: regina.fernandes@satc.edu.br;

⁵ Engenheira Química. E-mail: franciele@torredic.com.br;

⁶ Professora Especialista Engenheira Química. E-mail: debora.campos@satc.edu.br.



consomem água no mundo. Além disso, um grande acervo de produtos químicos é utilizado para o beneficiamento dos tecidos, tais como sais, corantes, fixadores e oxidantes. Entretanto, uma parte destes reagentes não é absorvida pelo tecido e acaba saindo com o efluente do processo, que pode contaminar rios e afetar a fauna e flora locais. Por isso o efluente precisa ser devidamente tratado.

Este trabalho tem por objetivo geral analisar o efluente gerado por uma lavanderia industrial e comparar a eficiência dos reagentes sulfato de alumínio, policloreto de alumínio e tanino como coagulantes no tratamento deste efluente.

Os objetivos específicos são: analisar os parâmetros do efluente de uma lavanderia industrial, estudar as normas que regulam o despejo de efluente em cursos d'água, avaliar a eficiência da aplicação do tanino, policloreto de alumínio e sulfato de alumínio como coagulantes no tratamento do efluente, realizar análises a fim de se ter o reagente mais eficiente para o tratamento e, por fim, avaliar os custos com o tratamento buscando a melhor relação custo-benefício.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são apresentados conceitos a respeito do tratamento de efluentes de lavanderia industrial. Apresenta dados sobre o consumo de água, os principais processos realizados no beneficiamento têxtil, características do efluente têxtil, conceitos de tratamento de efluentes, bem como os parâmetros adotados para a verificação do mesmo e as características dos coagulantes testados.

2.1 CONSUMO DE ÁGUA

A água é um recurso essencial para as atividades dos seres vivos, porém nem todas as populações do mundo têm acesso à ela. De acordo com dados divulgados pela UNICEF (2015), Fundo das Nações Unidas para a Infância, 748 milhões de pessoas em todo o mundo têm dificuldade para o acesso a água potável.

O setor têxtil é um grande consumidor de água. Os processos desenvolvidos nas lavanderias industriais exigem a utilização de uma série de



produtos químicos que, por sua vez, saem no efluente do processo. O efluente deve então passar por um tratamento adequado para ser despejado em cursos d'água.

2.2 BENEFICIAMENTOS REALIZADOS EM LAVANDERIAS INDUSTRIAIS

De acordo com Lobo, Limeira e Marques (2014), existem diversos processos que podem ser aplicados sobre as fibras têxteis para melhorar suas propriedades e conferir características específicas ao produto. Dentre as várias técnicas de beneficiamento destacam-se: desengomagem, tingimento, lavagem e amaciamento.

2.2.1 Desengomagem

Segundo Andrade (2003), no processo de tecelagem se faz necessário a engomagem dos tecidos, para que os fios possam suportar os desgastes mecânicos, decorrentes do seu processo de transformação, que envolve estiramento, fricção, tensão e abrasão. Brandão (1998) afirma que as pontas das fibras soltas na superfície do tecido são coladas por meio de uma goma. Caso este processo não seja aplicado, os fios podem desfiar durante a tecelagem, ocorrendo a ruptura dos mesmos.

De acordo com a Companhia Pernambucana do Meio Ambiente (2001), na desengomagem retira-se esta goma aplicada anteriormente, no processo de tecelagem dos fios. Esta etapa é importante para que a goma não cause alteração da cor durante o tingimento e para evitar manchas no tecido.

2.2.2 Tingimento

Lobo, Limeira e Marques (2014) afirmam que na etapa de tingimento ocorre uma mudança físico-química do substrato, por meio da aplicação de corantes e pigmentos, conferindo cor ao tecido.

De acordo com a Companhia Pernambucana Do Meio Ambiente (2001) e Twardokus (2004), o processo de tingimento pode ser dividido em três etapas:



migração do corante do banho para a superfície da fibra; adsorção pelas camadas superficiais do tecido e por último a fixação do corante à fibra. A fixação pode ocorrer por ligações iônicas, pontes de hidrogênio, força de Van der Waals ou ligações covalentes e depende da classe do corante e da natureza da fibra. Esta etapa deve garantir não somente a tonalidade desejada pelo cliente, mas também uma cor com solidez à luz e que resista às lavagens durante o uso da peça.

2.2.3 Lavagem

Segundo Beltrame (2000), após a etapa de tingimento deve-se lavar o tecido para retirar o excesso de corante que não se fixou nas fibras. Esta técnica é realizada lavando-se o tecido com água quente e com o auxílio de detergentes, seguida por enxágues. Evita-se, deste modo, que o excesso de corante se solte durante o uso da peça, ou que manche outras peças ao lavá-las no mesmo banho.

2.2.4 Amaciamento

De acordo com Twardokus (2004) e Beltrame (2000), após a lavagem, amaciantes, como emulsões de silicone, são aplicados sobre o tecido, dando maior maciez e melhor toque sobre eles. Em geral, esta é a última etapa do processo molhado de beneficiamento de tecidos ou peças de roupa, seguida pela centrifugação, secagem e passagem a ferro dos mesmos.

2.3 CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE

Devido à aplicação de uma alta gama de produtos químicos nos processos de lavanderia industrial, seus efluentes possuem uma grande quantidade de contaminantes. Segundo Chagas (2009), a lavação das roupas remove certa quantidade de resíduos das mesmas, que junto com as substâncias adicionadas no processo geram um efluente com elevado grau de impurezas (elementos físicos, químicos e biológicos). Os sabões utilizados na lavação produzem uma suspensão, composta por pedaços de fibras que se soltam dos tecidos, óleos, sólidos suspensos

e outras sujeiras. Estes fatores acarretam um alto grau de turbidez no efluente, por volta de 400 NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez).

De acordo com Chagas (2009), Santos e Santaella (2002), O'Neill et al. (1999) e Khandegar e Saroha (2013), entre 10% à 50% dos corantes utilizados nas operações de tingimento não se fixam nas fibras e são descartados no efluente. A alta quantidade de corante nessas águas causa aumento da turbidez e da DQO, além de conferir cor ao efluente.

Segundo Santos e Santaella (2002) e Carliell et al. (1998), além da elevada quantidade de corante presente nos efluentes de lavanderias industriais, uma grande quantidade de sais e compostos alcalinos também é utilizada nos banhos dos tecidos e acabam despejados junto com o efluente. As altas concentrações de sais (40 a 100 g/L), as temperaturas elevadas e os banhos alcalinos são necessários por garantirem uma maior fixação dos corantes às fibras.

A Tab. 1 apresenta alguns dos principais processos realizados na indústria têxtil, assim como os constituintes de seus efluentes e suas características.

Tabela 1: Principais processos realizados na indústria têxtil, os constituintes e características do seu efluente.

Processo	Constituintes	Características
Engomagem	Resíduos de fios, goma.	Alta DBO e média DQO.
Desengomagem	Enzimas, amido, ceras, amônia.	DBO (34%-50% do total do efluente), alta DQO e temperatura elevada (70-80°C).
Lavagem	Resíduos de desinfetantes, NaOH, surfactantes e sabões.	Gordura, óleos, DBO alto, pH elevado, temperatura alta (70-80°C) e cor escura.
Branqueamento	H ₂ O ₂ , NaOCl.	Alto pH e sólidos totais dissolvidos.
Mercerização	NaOH.	Valores altos de DBO, pH e sólidos suspensos.
Tingimento	Cor, metais, sais, acidez e alcalinidade.	Elevada toxicidade, DBO (6% do total), bastante sólidos dissolvidos e pH elevado.
Impressão	Uréia, solventes, cor, metais.	Alta toxicidade, DQO e DBO altos, pH elevado e cor forte.
Acabamento	Compostos clorados, resinas, amaciadores, ceras.	Baixa alcalinidade, baixa DBO e alta toxicidade.

Fonte: Verma, Dash e Bhunia (2012)



2.4 TRATAMENTO DO EFLUENTE

Segundo Beltrame (2000), o tratamento do efluente pode ser separado em tratamento primário, que consiste na floculação e na sedimentação dos sólidos e de parte da matéria orgânica da água; secundário, onde se utilizam processos biológicos, como lodos ativados, por exemplo, para a retirada de sólidos suspensos e matéria orgânica biodegradável; e terciário e avançados, que contemplam processos como clarificação, ultrafiltração e osmose reversa, por exemplo, para fins específicos do efluente, como a reciclagem da água.

De acordo com Guaratini e Zanoni (2000), existem várias técnicas que permitem a descoloração do efluente têxtil. Entre elas destacam-se os processos de adsorção, precipitação, degradação química, fotoquímica e biodegradação. O processo de adsorção em carvão ativo é uma solução eficaz para a remoção de corante de efluentes em pequenas escalas, apesar do alto custo e baixa velocidade do processo. A seguir são apresentadas as principais etapas para o tratamento do efluente de lavanderias:

- Gradeamento: segundo Erbis et al. (2016), nesta etapa são retirados os sólidos grosseiros que estão em suspensão na água por meio de grades. Com este estágio evita-se o entupimento de bombas e tubulações.

- Tanque de equalização: de acordo com Chagas (2009), Costa, Silva e Martins (2009) e Haller (1993), cada processo em uma lavanderia industrial gera um efluente com características próprias e diferentes das outras. Portanto, é necessário equalizar o efluente em um tanque para obter concentrações e vazões regulares do mesmo. Desta forma, utilizam-se tanques de grandes dimensões, onde o efluente fica retido de 6 a 24 horas para sua homogeneização.

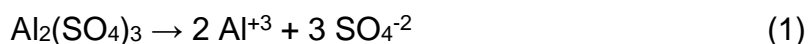
- Neutralização: segundo Beltrame (2000), Peres e Abrahão (1998) e Braile e Cavalcanti (1993), o efluente têxtil apresenta uma faixa de pH entre 5 e 12. Os corantes e ácidos utilizados durante os processos contribuem para a redução do pH, enquanto que o hidróxido de sódio e carbonato de sódio, utilizados na etapa de tingimento, o elevam. Em geral, após ser equalizado, o efluente têxtil apresenta pH básico devido à alta quantidade de álcalis adicionados aos banhos de tingimento.



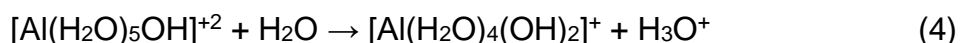
- Coagulação: de acordo com Cooper (1993), a técnica de coagulação contribui para a remoção de corantes do efluente e costuma apresentar bons resultados. Neste método, geralmente são utilizados coagulantes inorgânicos, como sais de ferro ou alumínio, para coagulação do corante e posterior decantação. Entretanto, o resultado depende da composição, concentração e do tipo do corante, necessitando por muitas vezes a adição de uma grande quantidade de coagulantes, que por sua vez irão aumentar a quantidade de resíduos na água.

Segundo Costa, Silva e Martins (2009), Pagan (2011) e Wimmer (2007), na etapa de coagulação, neutralizam-se as cargas das partículas coloidais (que possuem tamanho entre 1 nm e 0,1 nm) em suspensão na água. As cargas das partículas suspensas no efluente geralmente estão carregadas negativamente e sofrem repulsão entre si, isto dificulta que as mesmas se aglomerem e decantem. Deste modo, com a adição de coagulantes, normalmente sais inorgânicos de ferro e alumínio, ocorre a neutralização das cargas elétricas, possibilitando que as partículas se unam entre si e formem maiores aglomerados. A agitação rápida da suspensão causa maior choque entre as partículas e acelera o processo de coagulação.

Segundo Beltrame (2000), o coagulante inorgânico sulfato de alumínio, que possui elevada participação em tratamento de efluentes, primeiramente dissolve-se na água por meio da Reação (1), fornecendo íons de alumínio e sulfato ao meio aquoso.



Em seguida, tem-se a reação do Al^{+3} em meio aquoso, que pode resultar em três produtos diferentes, conforme as Reações (2), (3) e (4).



O que neutraliza as partículas coloidais carregadas negativamente são as cargas positivas dos complexos formados.



- **Floculação:** segundo Pagan (2011), a etapa posterior a coagulação é a floculação. Nesta fase, as partículas, agora com suas cargas neutralizadas, passam a unir-se e formarem flocos. No processo de floculação, a agitação da mistura deve ser de moderada a leve para não partir os flocos já formados. Os flocos começam a ganhar maior peso e volume ao longo do tempo, o que facilita sua decantação.

De acordo com Tré, Quadros e Frinhani (2015) e Norman e Seddon (1991), para acelerar o processo de floculação utilizam-se polímeros floculantes, também conhecidos por polieletrólitos, que são moléculas com alto peso molecular. Estas ligam as partículas por meio de adsorção, facilitando a formação de flocos maiores.

- **Sedimentação:** segundo Beltrame (2000) e Peres e Abrahão (1998), na sedimentação, os flocos formados decantam pela ação da gravidade. Esta etapa é realizada em decantadores, onde ocorre a formação de lodo em seu fundo. Entre 15% e 60% dos sólidos são removidos da suspensão por meio da sedimentação e é possível reduzir entre 5% e 15% da DBO.

2.5 ASPECTOS LEGAIS

As condições e parâmetros para despejos de efluentes estão contidos na Resolução 430 de 13 de maio de 2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Esta Resolução também complementa e altera a Resolução 357 do CONAMA de 17 de março de 2005 sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais.

2.6 PARÂMETROS DO EFLUENTE

Esta seção traz alguns dos parâmetros para análise de tratamento do efluente industrial e seus fundamentos.



2.6.1 pH

De acordo com Peruzzo e Canto (2006), o pH de uma substância indica a concentração de íons H^+ contida nela. A escala de pH vai de 0 a 14, na qual 7 indica uma substância neutra. Um pH abaixo de 7 indica uma substância ácida, de forma que quanto menor o pH mais ácida é a substância e mais íons H^+ estão presentes nela. De modo contrário, um pH acima de 7 indica uma substância básica.

A Resolução 430/11 do CONAMA permite que o efluente seja lançado ao corpo hídrico com pH entre 5 e 9.

2.6.2 Cor Aparente

Segundo Brasil (2006), partículas orgânicas e minerais menores que $1\ \mu m$, decorrentes de processos biológicos ou rejeitos industriais, causam a reflexão da luz e a coloração da água. A intensidade da cor é medida em unidades Hazen (uH). Águas de fontes naturais apresentam, em geral, uma coloração entre 0 e 200 uH.

Não existe especificação para cor aparente na Resolução 430/11 do CONAMA.

2.6.3 Turbidez

De acordo com Viana e Lopes (2000) e Martins (1997), a turbidez na água ocorre devido às partículas que estão em suspensão. Uma amostra de água com alta turbidez não necessariamente possui características patológicas, porém seu aspecto estético é desagradável. Além disso, efluentes que possuem cor e turbidez elevados podem prejudicar as comunidades biológicas aquáticas, pois reduzem a incidência de raios solares na água, reduzindo o processo de fotossíntese das algas e prejudicando as cadeias alimentares do meio. Para tratar este problema é necessário fazer a decantação das partículas, auxiliada por coagulantes químicos.

Não existe especificação para turbidez na Resolução 430/11 do CONAMA.



2.7 REAGENTES PARA O TRATAMENTO DO EFLUENTE

Dentre os coagulantes mais utilizados para o tratamento de efluentes têxteis destacam-se o sulfato de alumínio e o policloreto de alumínio. O coagulante à base de tanino é uma alternativa natural que está sendo estudada e apresenta bons resultados no tratamento de efluentes.

2.7.1 Sulfato de alumínio

De acordo com Chagas (2009) e Wimmer (2007), o sulfato de alumínio, de fórmula química $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, é o reagente mais utilizado atualmente para o tratamento de efluentes têxteis, por apresentar bons resultados quanto à coagulação. Sua faixa de dosagem varia de 75 mg/L a 250 mg/L, dependendo das características do efluente.

2.7.2 Policloreto de alumínio

O policloreto de alumínio também está entre os coagulantes mais populares, considerado um substituto para o sulfato de alumínio. Segundo sua FISPQ, Avanex (2015), o policloreto de alumínio é um polímero inorgânico com peso molecular elevado e fórmula $[\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_3]_{n-m}$. Apresenta-se como um líquido levemente amarelado e totalmente solúvel em água.

2.7.3 Tanino

De acordo com Cruz (2004), Mangrich et al. (2014) e Junior et al. (2012), o coagulante à base de tanino é extraído da casca da acácia negra e se mostra uma alternativa eficaz na substituição total ou parcial do sulfato de alumínio, tradicionalmente utilizado como coagulante de efluentes. Além de ser obtido de recursos naturais, o coagulante de tanino apresenta outras vantagens como: menor volume de lodo gerado, menor presença de metais pesados no lodo, não acrescenta



íons de alumínio e ferro no processo e pode ser utilizado em uma maior faixa de pH, não sendo necessária a utilização de alcalinizantes no meio.

3 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Esta seção apresenta os materiais e métodos realizados para os ensaios de eficiência dos três reagentes testados (sulfato de alumínio, policloreto de alumínio e tanino).

3.1 COLETA E CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE

Nesta etapa foram avaliados os parâmetros pH, cor e turbidez do efluente, sugeridos por Andrade (2003), Beltrame (2000), Chagas (2009), e Cruz (2004). Esta etapa é importante para conhecer as características da água em questão e compará-la com os valores após o tratamento. São estes os parâmetros mais afetados pelos processos realizados em lavanderias industriais.

Para obter uma amostra representativa, que contenha todos os resíduos dos processos, foi realizada uma coleta de 30 L provenientes do tanque de equalização. A amostra foi colocada em recipientes devidamente fechados e levada ao Laboratório de Química II da Faculdade SATC para realização dos ensaios.

O pH da amostra foi medido por meio do pHmetro da marca Instrutherm – pH 1900 calibrado. As análises de cor aparente e turbidez foram realizadas por meio do equipamento Spectroquant Pharo 100 da marca Merck.

3.2 ENSAIOS DOS COAGULANTES

Para a análise do comportamento dos coagulantes sulfato de alumínio, policloreto de alumínio e tanino, bem como, para a comparação da eficiência dos mesmos, foram realizados testes de coagulação em *jar test*, com a amostra do efluente.

Desenvolveu-se uma metodologia para o tratamento do efluente e análise dos resultados baseada em Chagas (2009), Cruz (2004), Souza et al. (2016) e Martins (2014).

Foi preparada uma solução para cada coagulante na concentração de 10 g/L. Para a realização dos ensaios com o coagulante sulfato de alumínio, foi coletado 1 L da amostra e depositado no *jar test*. Inicialmente, adicionou-se 10 mL da solução de sulfato de alumínio ao efluente. O pH da solução foi medido e corrigido para 7 com o auxílio de uma solução de H_2SO_4 0,1 N.

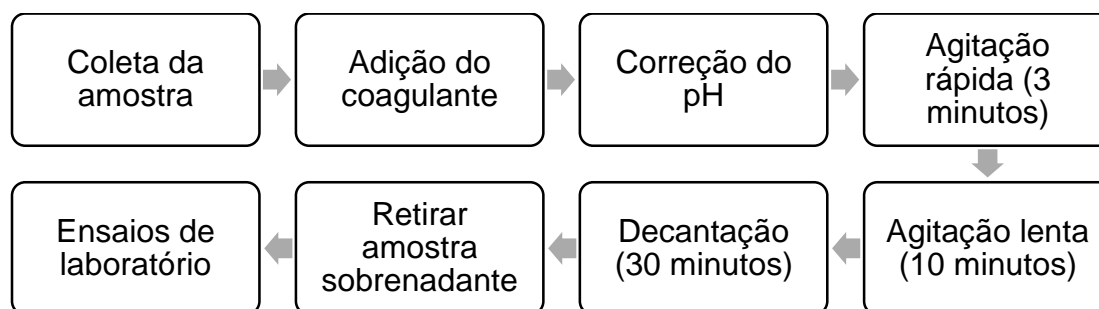
Realizou-se a agitação rápida (120 rpm) da amostra por três minutos. Posteriormente, foi feita a agitação lenta (30 rpm) por mais dez minutos. A amostra foi transferida para uma proveta graduada de 1 L e ficou em repouso por 30 minutos para decantação. Após os trinta minutos de decantação, foi retirada uma alíquota do sobrenadante para realização dos ensaios de cor e turbidez. Também foi medido o volume do lodo gerado.

Foi adotado o mesmo procedimento em novas amostras do efluente, utilizando 20 mL, 30 mL, 40 mL e 50 mL da solução de sulfato de alumínio.

O mesmo procedimento foi realizado para os coagulantes policloreto de alumínio e tanino.

A Fig. 2 apresenta um fluxograma das etapas do tratamento realizado no Trabalho de Conclusão de Curso II.

Figura 2: Etapas do tratamento realizado.



Fonte: Do autor (2018)



4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção apresenta os resultados obtidos de pH, cor, turbidez e volume do lodo gerado após a adição de diferentes concentrações dos coagulantes sulfato de alumínio, policloreto de alumínio e tanino.

4.1 SULFATO DE ALUMÍNIO

O primeiro coagulante testado foi o sulfato de alumínio. A Tab. 2 apresenta os resultados de cor, turbidez e volume do lodo gerado de acordo com o volume adicionado da solução de sulfato de alumínio, medidos após o período de trinta minutos para decantação. Apresenta também o pH do efluente medido logo após a adição do coagulante.

Tabela 2: Cor, turbidez, volume do lodo gerado e pH do efluente de acordo com o volume adicionado da solução de sulfato de alumínio.

Volume (mL)	Cor (Hz)	Turbidez (FAU)	Volume do lodo (ml)	pH (após adicionar o coagulante)
0	185	94	0,00	9,8
10	157	65	2,83	9,35
20	131	58	28,27	8,8
30	125	54	43,84	7,8
40	106	43	79,17	7
50	100	39	98,96	6,75

Fonte: Do autor (2018)

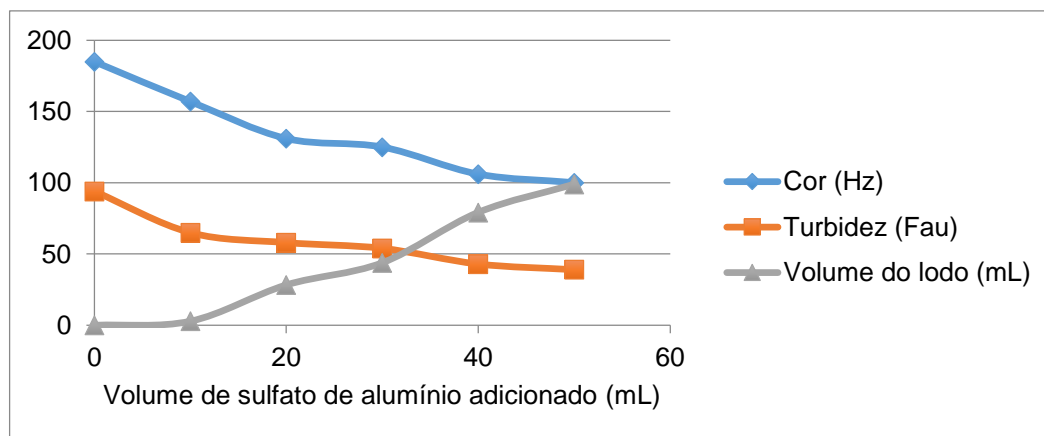
Conforme apresentado na Tab. 2, à medida que se aumentou o volume da solução de sulfato de alumínio adicionado ao efluente, obtiveram-se melhores resultados para o tratamento. A cor, inicialmente 185 Hz, e a turbidez, inicialmente 94 FAU, diminuíram significativamente, em que no volume de 50 mL adicionados obteve-se o melhor resultado (100 Hz para cor e 39 FAU para turbidez). O volume de 50 mL da solução de coagulante representa uma concentração de 0,5 g/L de efluente tratado.

O volume de lodo gerado também foi maior com a concentração de 0,5 g/L. Foi possível retirar 98,96 mL de lodo do efluente. Visualmente, o lodo formado apresentou baixo grau de compactação, no qual foi possível observar um gradiente de tonalidade em que o fundo estava mais escuro e a parte superior do lodo mais clara, indicando que as partículas não estavam uniformemente dispostas no fundo da proveta.

Por ter caráter ácido, à medida que a solução de sulfato de alumínio era adicionada, o pH do efluente foi sendo reduzido. Esta característica possibilitou o enquadramento do parâmetro pH para valores dentro do range estabelecido pela Resolução 430/11 do CONAMA, em que o pH deve estar entre 5 e 9, a partir do volume de 20 mL da solução do coagulante.

A Fig. 3 apresenta os resultados de cor, turbidez e volume do lodo gerado por volume adicionado da solução de sulfato de alumínio.

Figura 3: Cor, turbidez e volume do lodo gerado de acordo com o volume adicionado da solução de sulfato de alumínio.



Fonte: Do autor (2018)

Analisando o gráfico da Fig. 3, percebe-se que a cor e a turbidez são reduzidas consideravelmente nos volumes de 10 mL e 20 mL de coagulante adicionado. Entretanto, nos volumes de 40 mL e 50 mL a diferença de resultados é menor, a cor é reduzida em apenas 6 Hz e a turbidez em 4 FAU. Isto indica que, a partir destes pontos, são necessárias doses cada vez maiores de coagulante para uma redução mais expressiva dos parâmetros cor e turbidez.



Contudo, o volume de lodo gerado com 10 mL de coagulante foi relativamente baixo. A partir de 20 mL da solução do coagulante percebeu-se um avanço considerável nos resultados, de modo que o último volume testado apresentou maior remoção de contaminantes.

4.2 POLICLORETO DE ALUMÍNIO

O segundo coagulante testado foi o policloreto de alumínio. A Tab. 3 apresenta os resultados de cor, turbidez e volume do lodo gerado de acordo com o volume adicionado da solução de policloreto de alumínio, medidos após o período de trinta minutos para decantação. Apresenta também o pH do efluente medido logo após a adição do coagulante.

Tabela 3: Cor, turbidez, volume do lodo gerado e pH do efluente de acordo com o volume adicionado da solução de policloreto de alumínio.

Volume (mL)	Cor (Hz)	Turbidez (FAU)	Volume do lodo (mL)	pH (após adicionar o coagulante)
0	185	94	0,00	9,8
10	143	54	5,84	9,62
20	111	39	50,89	9,37
30	101	33	56,55	8,92
40	88	27	87,67	8,41
50	78	21	124,41	7,75

Fonte: Do autor (2018)

Analisando os dados da Tab. 3, observou-se que concentrações maiores de policloreto de alumínio reduziram mais os parâmetros cor e turbidez. Além disso, promoveram uma maior formação de lodo. O melhor resultado para o tratamento foi com o volume de 50 mL da solução. Esta concentração reduziu a cor para 78 Hz e a turbidez para 21 FAU. Reduções expressivas de cor e turbidez do efluente utilizando policloreto de alumínio também foram encontradas por Souza et al. (2016).

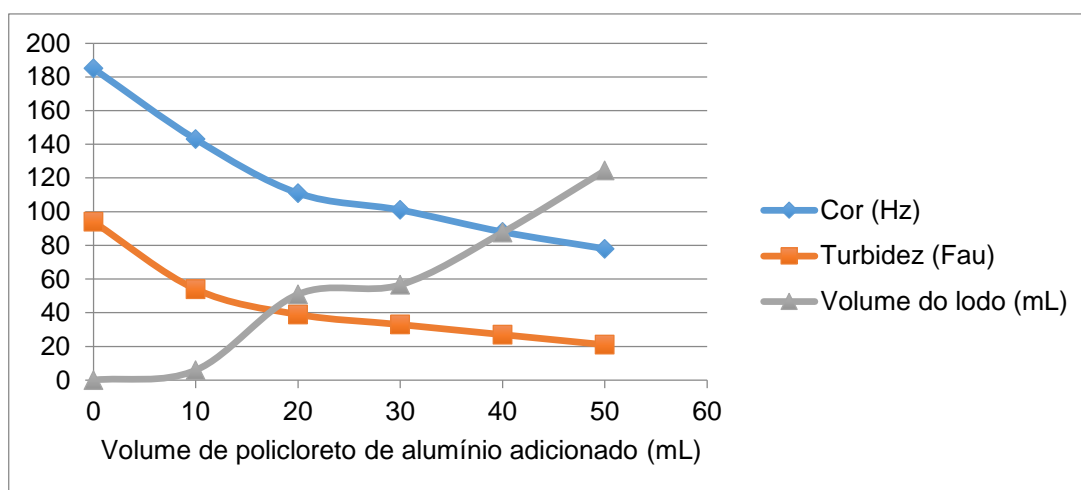
O volume do lodo gerado no melhor ensaio (50 mL de coagulante) foi de 124,41 mL. Como nos testes do coagulante sulfato de alumínio, o lodo formado

apresentou baixo grau de compactação, no qual foi possível observar um gradiente de tonalidade no lodo semelhante ao visto com a solução de sulfato de alumínio.

Da mesma forma que o sulfato de alumínio, o policloreto de alumínio possui caráter ácido, porém, com menor intensidade. Com isso, o pH do efluente foi regulado para os padrões da Resolução 430/11 do CONAMA, nos volumes adicionados de 30 mL, 40 mL e 50 mL da solução de policloreto de alumínio.

A Fig. 4 apresenta os resultados de cor, turbidez e volume do lodo gerado por volume adicionado da solução de policloreto de alumínio.

Figura 4: Cor, turbidez e volume do lodo gerado de acordo com o volume adicionado da solução de policloreto de alumínio.



Fonte: Do autor (2018)

O gráfico da Fig. 4 revela um comportamento semelhante ao ocorrido com a solução de sulfato de alumínio, em que a cor e a turbidez têm seus valores reduzidos consideravelmente nos volumes de 10 mL e 20 mL de coagulante adicionado. Porém, a diferença de resultados entre os volumes de 40 mL e 50 mL é menor, no qual a cor é reduzida em 10 Hz e a turbidez em 6 FAU, indicando a necessidade de doses cada vez maiores de coagulante a partir desses pontos. O volume de lodo gerado com 10 mL de coagulante foi relativamente baixo. A partir de 20 mL da solução do coagulante houve um avanço considerável e crescente nos resultados, de modo que o último volume testado apresentou a maior remoção de resíduos.

4.3 TANINO

O tanino foi o último coagulante testado. Os resultados de cor, turbidez e volume do lodo, de acordo com o volume adicionado da solução de tanino, medidos após o período de trinta minutos para decantação, estão apresentados na Tab. 4. Esta também exibe o pH do efluente medido logo após a adição do coagulante.

Tabela 4: Cor, turbidez, volume do lodo gerado e pH do efluente de acordo com o volume adicionado da solução de tanino.

Volume (mL)	Cor (Hz)	Turbidez (FAU)	Volume do lodo (mL)	pH (após adicionar o coagulante)
0	185	94	0,00	9,8
10	145	53	5,84	9,75
20	114	37	36,76	9,61
30	103	32	42,41	9,5
40	99	29	45,24	9,72
50	91	25	48,07	9,55

Fonte: Do autor (2018)

Da mesma forma que os demais coagulantes, o tanino apresentou melhor desempenho quando foram adicionados 50 mL de sua solução ao efluente. Este volume proporcionou uma redução da cor de cerca de 50%, alcançando 91 Hz, redução semelhante à encontrada por Sánchez-Martín, Beltrán-Heredia e Solera-Hernández (2010). A turbidez foi reduzida para 25 FAU.

O maior volume de lodo gerado também foi com a maior concentração de tanino, em que foram retirados 48,07 mL de resíduos do efluente. Entretanto, ao contrário dos coagulantes de alumínio, o lodo formado pelo tanino apresentou alta compactação e coloração mais escura. Isto indica que sua densidade é maior, com grande concentração de resíduos, uniformemente distribuídos no fundo do decantador. Não foi possível observar um gradiente de tonalidade expressivo no lodo formado.

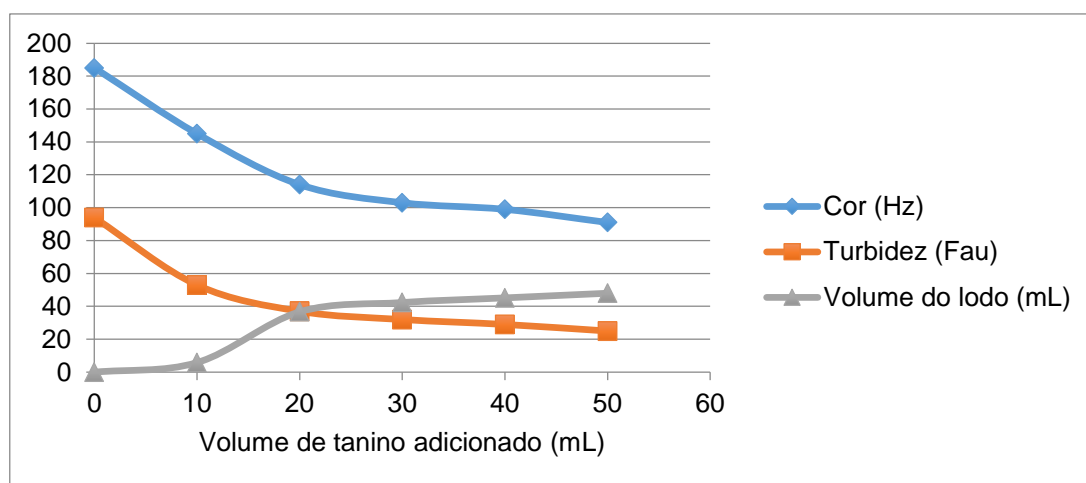
O coagulante de tanino formou flocos maiores que os demais coagulantes. Este é um dos motivos dos parâmetros cor e turbidez terem sido reduzidos significativamente mesmo formando um volume muito menor de lodo.

Volumes menores de lodo formados pela adição de tanino também foram encontrados por Cruz (2004).

A adição do tanino não provocou grandes reduções no valor do pH do efluente. Desta forma, é necessário um volume maior de ajustadores de pH para regulá-lo ao padrão exigido pela Resolução 430/11 do CONAMA, em que o potencial hidrogeniônico deve estar entre 5 e 9.

A Fig. 5 apresenta os resultados de cor, turbidez e volume do lodo gerado por volume adicionado da solução de tanino.

Figura 5: Cor, turbidez e volume do lodo gerado de acordo com o volume adicionado da solução de tanino.



Fonte: Do autor (2018)

Conforme o gráfico da Fig. 5, é possível perceber mais uma vez que os volumes de 10 mL e 20 mL obtiveram reduções bem expressivas dos parâmetros cor e turbidez. Nos volumes de 30 mL, 40 mL e 50 mL a redução destes parâmetros foi ainda maior, porém, a diferença entre um resultado e outro foi pequena. Do mesmo modo, o volume de lodo gerado começou a estabilizar a partir do volume de 30 mL da solução de tanino adicionado ao lodo.

4.4 EFICIÊNCIA DOS COAGULANTES

Tomando-se como base os resultados obtidos pelo sulfato de alumínio, foi possível calcular a eficiência do policloreto de alumínio e do tanino para as mesmas quantidades de reagentes adicionados ao efluente. Também foi calculada a média de eficiência para os parâmetros cor e turbidez, com base nos resultados obtidos pelo sulfato de alumínio. A Tab. 5 apresenta os resultados de cor e turbidez obtidos com os tratamentos e a eficiência dos mesmos com base no sulfato de alumínio.

Tabela 5: Comparação da eficiência do policloreto de alumínio e do tanino sobre o sulfato de alumínio para os parâmetros cor e turbidez.

Volume (mL)	Sulfato de alumínio	Policloreto de alumínio		Tanino	
	Eficiência (%)	Eficiência sobre a cor (%)	Eficiência sobre a turbidez (%)	Eficiência sobre a cor (%)	Eficiência sobre a turbidez (%)
0	-	-	-	-	-
10	-	8,92	16,92	7,64	18,46
20	-	15,27	32,76	12,98	36,21
30	-	19,20	38,89	17,60	40,74
40	-	16,98	37,21	6,60	32,56
50	-	22,00	46,15	9,00	35,90
Média	-	16,47	34,39	10,76	32,77

Fonte: Do autor (2018)

Conforme visto na Tab. 5, o policloreto de alumínio apresentou, em média, uma eficiência 16,47% maior que a do sulfato de alumínio para a remoção da cor e 34,39% maior para a remoção da turbidez. Para o tanino, a eficiência da remoção de cor foi, em média, 10,76% maior que a remoção obtida pelo sulfato de alumínio e a remoção da turbidez foi 32,77% mais eficiente.

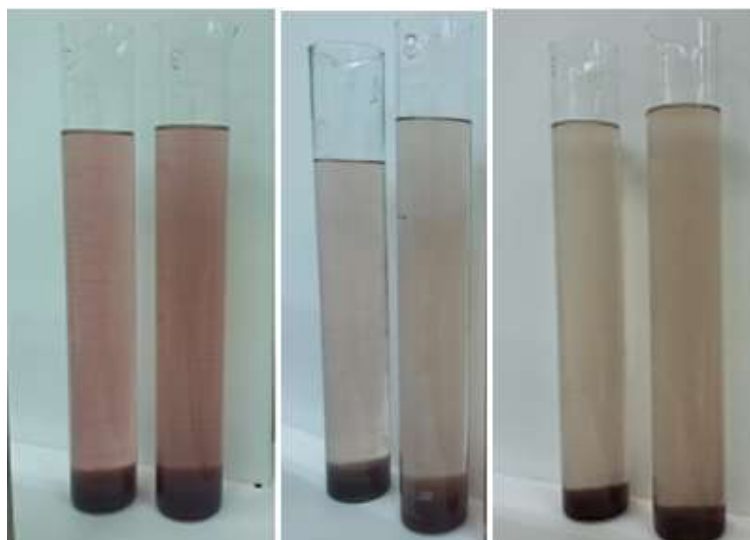
Levando-se em consideração a redução dos parâmetros cor e turbidez, o policloreto de alumínio apresentou, em média, os melhores resultados, seguido pelo coagulante tanino.

Assim como os testes realizados por Andrade (2003), o sulfato de alumínio resultou a menor redução de cor entre os reagentes testados. A redução de turbidez também foi a menos significativa.

Conforme Souza et al. (2016), o policloreto de alumínio proporcionou as maiores reduções de turbidez ao efluente, se comparado com os demais coagulantes.

A Fig. 6 mostra as provetas em que foram adicionados 40 mL e 50 mL de solução de sulfato de alumínio, de policloreto de alumínio e de tanino ao efluente, respectivamente, após os trinta minutos de decantação. É possível observar no fundo da proveta o lodo depositado, proveniente dos resíduos removidos do efluente.

Figura 6: Provetas de decantação das soluções de sulfato de alumínio, policloreto de alumínio e tanino ao efluente, respectivamente.



Fonte: Do autor (2018)

Como é possível observar na Fig. 6, os lodos obtidos com o coagulante tanino apresentaram-se mais compactos em relação aos obtidos com as soluções de sulfato de alumínio e policloreto de alumínio.

4.5 ANÁLISE ECONÔMICA

Uma análise de mercado indicou que o preço por quilograma de policloreto de alumínio equivale a 205,48% do custo por quilograma de sulfato de alumínio. O tanino apresenta um preço ainda mais elevado, cerca de 1369,86%



sobre o valor do sulfato de alumínio. O sulfato de alumínio, portanto apresenta o preço mais atrativo entre os coagulantes testados, seguido pelo policloreto de alumínio e pelo tanino.

Os resultados obtidos com policloreto de alumínio (redução 16,47% maior sobre a cor e 34,39% maior sobre a turbidez) e com o tanino (redução 10,76% maior sobre a cor e 32,77% maior sobre a turbidez) não compensam economicamente, se levados em consideração seus custos, muito mais elevados que o do sulfato de alumínio.

O custo-benefício do sulfato de alumínio é o maior, visto que os resultados obtidos com a redução de cor e turbidez foram significativos e não muito distantes dos obtidos com policloreto de alumínio e o tanino. Considerando que seu custo é muito menor que o dos demais reagentes recomenda-se este coagulante para o tratamento do efluente de lavanderia testado.

5 CONCLUSÕES

Os coagulantes sulfato de alumínio, policloreto de alumínio e tanino apresentaram resultados significativos para o tratamento de efluente de uma lavanderia industrial. Todos eles reduziram consideravelmente a quantidade de resíduos contida no efluente, que foi evidenciada medindo-se os parâmetros cor e turbidez do mesmo.

O sulfato de alumínio apresentou a menor eficiência se comparado com os demais coagulantes no quesito remoção de cor e turbidez. Entretanto, por apresentar um custo muito inferior ao do policloreto de alumínio e principalmente do tanino, este apresentou a melhor relação custo-benefício.

O policloreto de alumínio foi o coagulante mais efetivo nos testes realizados, visto que ele resultou nas maiores reduções de cor e turbidez do efluente (em média 16,47% e 34,39% maiores, respectivamente), se comparado com os resultados do sulfato de alumínio.

O efluente tratado com tanino, conforme também apresentado por Cruz (2004), gerou o menor volume de lodo, o que promove um descarte de resíduos mais simples e menos dispendioso. A utilização do tanino ocasionou em redução de



cor e turbidez elevados, semelhantes aos obtidos com o policloreto de alumínio, porém um pouco inferiores ao mesmo. Entretanto, o preço elevado do tanino o torna menos atrativo economicamente.

Por apresentarem caráter ácido, os coagulantes sulfato de alumínio e policloreto de alumínio contribuem para o ajuste do parâmetro pH do efluente, quando este possui valor elevado, como é o caso de efluentes de lavanderias industriais. Porém, deve-se ter cuidado para que estes coagulantes não reduzam o pH para abaixo do nível permitido pela Resolução 430/11 do CONAMA, quando utilizados para tratamento de efluentes menos alcalinos.

Sugere-se a realização de novos estudos com o tratamento descrito, utilizando os coagulantes em conjunto com outros reagentes, como descolorantes, e polímeros aniônicos e catiônicos. Pode-se também, realizar os ensaios de decantação com tempos maiores para a sedimentação das partículas. Além disso, pode-se medir a massa seca do lodo formado após a decantação, para obter-se uma avaliação mais exata das quantidades de impurezas removidas de cada coagulante.

Também pode-se testar a eficiência de coagulantes de ferro, como sulfato ferroso e cloreto férrico, para o tratamento de efluentes de lavanderias industriais.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Flávio de. **Remoção de cor de efluentes têxteis com tratamento de lodos ativados e um polieletrólito orgânico**. 2003. 106f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/85236/199774.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 26 março 2018.
- Avanex Indústria e Comércio Ltda. Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico – FISPQ POLICLORETO DE ALUMÍNIO. 2015.
- BELTRAME, Leocádia Terezinha Cordeiro. **Caracterização de efluente têxtil e proposta de tratamento**. 2000. 161f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2000. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15866/1/LeocadiaTCB.pdf>>. Acesso em: 23 março 2018.



BRAILE, Pedro Márcio; CAVALCANTI, José Eduardo Wanderley de Albuquerque. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. 18. ed. São Paulo: CETESB, 1993. 764 p.

BRANDÃO, Heloisa de Lima. **Simulação numérica da biodegradação de efluentes líquidos multicomponentes em rios**. 1998. 154f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/77786>>. Acesso em: 29 março 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília, DF, 2006. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2018.

CARLIELL, C. M.; BARCLAY, J. S.; SHAW, C.; WHEATLEY, A.D.; BUCKLEY, C. A. The effect of salts used in textile dyeing on microbial decolourisation of a reactive azo dye. **Environmental Technology**. [S.l.], v. 19, p. 1133-1137, 1998.

CHAGAS, Morgane de Aguiar. **Tratamento de efluente têxtil por processos físico-químico e biológico**. 2009. 61f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/5020/1/arquivo2214_1.pdf>. Acesso em: 23 março 2018.

COMPANHIA PERNAMBUCANA DO MEIO AMBIENTE. **Roteiro complementar de licenciamento e fiscalização para a tipologia têxtil**. Recife, PE, 2001. Disponível em: <<http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/roteiro-textil.pdf>>. Acesso em: 02 abril 2018.

CONAMA. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as 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**, 16 maio 2011.

COOPER, P. J. Society Dyes and Colour. 100. ed. 1993. 98 p.

COSTA, Ana Paula Javaroti da; SILVA, André Luis da; MARTINS, Reinaldo dos Santos. Um estudo sobre estações de tratamento de efluentes industriais e sanitários da empresa Dori Alimentos LTDA. **Revista de Graduação UNIVEM**. [S.l.], v. 1, p. 6-22, 2009.

CRUZ, João Guilherme Heinz. **Alternativas para aplicação de coagulante vegetal à base de tanino no tratamento do efluente de uma lavanderia industrial**. 2004. 62f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/6805/000447266.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 02 abril 2018.



ERBIS, Patrícia; FIORI, Simoni; FERNANDES, Vera Maria Cartana; GIL, Anelise Sertoli Lopes; SCORTEGAGNA, Vinícius; FERREIRA, Matheus de Conto; ADAMES, Daniela Bauels. Qualificação e quantificação de resíduos removidos do gradeamento de estações de tratamento de esgoto doméstico. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016. p. 4474-4488. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac/2016/ENTAC2016_paper_244.pdf>. Acesso em: 02 abril 2018.

GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. Corantes Têxteis. **Química Nova**. São Paulo, v. 23, n. 1, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422000000100013>. Acesso em: 29 março 2018.

HALLER, Markus. Tratamento de efluentes. **Textília**. São Paulo, v. 3, n. 7, p. 93-94, 1993.

JUNIOR, Osorio Moreira Couto; STRÖHER, Ana Paula; BARROS, Maria Angélica Simões Dornellas de; PEREIRA, Nehemias Curvelo. Caracterização e otimização do tratamento de efluente têxtil por coagulação-floculação, utilizando coagulante natural tanino. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 14, n. 1, p. 79-90, jan./jun. 2012. Disponível em: <<https://revistas.unicentro.br/index.php/RECEN/article/view/1747/1827>>. Acesso em: 10 abril 2018.

KHANDEGAR, Vinita; SAROHA, Anil Kumar. Electrocoagulation for the treatment of textile industry effluent – review. **Journal of Environmental Management**. Nova Deli, v. 128, p. 949-963, 2013.

LOBO, Renato Nogueirol; LIMEIRA, Erika Thalita Navas Pires; MARQUES, Rosiane do Nascimento. **Fundamentos da tecnologia têxtil: da concepção da fibra ao processo de estamparia**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014. 118 p. ISBN 9788536508856.

MANGRICH, Antônio Salvio; DOUMER, Marte Eliane; MALLMANN, Anderson; WOLF, Carlos Rodolfo. Química verde no tratamento de águas: uso de coagulante derivado de tanino de acácia *mearnsii*. **Revista Virtual de Química**, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 2-15, 2014. Disponível em: <<http://rvq.sbq.org.br/imagebank/pdf/v6n1a02.pdf>>. Acesso em: 10 abril 2018.

MARTINS, Geruza Beatriz Henriques. **Práticas limpas aplicadas às indústrias têxteis de Santa Catarina**. 1997. 126f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/77280/108755.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 10 abril 2018.



MARTINS, Hádel Camilo. **Estudo sobre os processos de coagulação, floculação e decantação em efluentes oriundos de usina canavieira**. 2014. 62f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2668/1/LD_COEAM_2013_2_10.pdf>. Acesso em: 10 abril 2018.

NORMAN, Peter; SEDDON, Roy. Pollution control in the textile industry - the chemical auxiliary manufacturer's role. **JSDC**, Bradford, v. 107, p. 215-218, 1991. Disponível em: <<http://infohouse.p2ric.org/ref/11/10217.pdf>>. Acesso em: 29 março 2018.

O'NEILL, C.; HAWKES, F. R.; HAWKES, D. L.; LOURENÇO, N. D.; PINHEIRO, H. M.; DELÉE, W. Colour in textile effluents – sources, measurements, discharge consents and simulation: a review. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**. [S.l.], v. 74, n. 11, p. 1009-1018, 1999.

PAGAN, Érika Viana. **Reúso da água industrial: estudos de casos em indústrias têxteis**. 2011. 42f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011. Disponível em: <http://www.eq.ufc.br/TFC/TFC_2011_Pagan.pdf>. Acesso em: 29 março 2018.

PERES, C. S.; ABRAHÃO, A. J. Características e sistemas de tratamento de águas residuais das indústrias têxteis – uma primeira abordagem. **Química Têxtil**. [S.l.], n. 52, p. 22-39, 1998.

PERUZZO, Francisco Miragaia; CANTO, Eduardo Leite do. **Química: na abordagem do cotidiano**. 4. ed. São Paulo: Moderna, 2006.

SÁNCHEZ-MARTÍN, J.; BELTRÁN-HEREDIA, J.; SOLERA-HERNÁNDEZ, C. Surface water and wastewater treatment using a new tanninbased coagulant. Pilot plant trials. **Journal of Environmental Management**. [S.l.], v. 91, n. 10, p. 2051-2058, 2010.

SANTOS, André Bezerra dos; SANTAELLA, Sandra Tédde. Remoção de DQO de água residuária de indústria têxtil empregando o processo de lodos ativados em batelada. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. [S.l.], v. 7, n. 3-4, p. 151-155, 2002. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/9894/1/2002_art_absantos.pdf>. Acesso em: 25 março 2018.

SOUZA, Paula Cristina de; PEREIRA, Nehemias Curvelo; GONÇALVES, Morgana Suszek; FILHO, Nelson Consolin; RODRIGEUS, Paulo Henrique; JAMARIM, Vanessa Marconi. Estudo do tratamento de efluente têxtil através de processos de coagulação/floculação e eletrocoagulação. **E-xacta**, Belo Horizonte, v. 9, n. 2, p. 123-132, 2016. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/12/Estudo-do-tratamento-de-efluente-t%C3%AAtil-atrav%C3%AAs-de-processos-de->>



coagula%C3%A7%C3%A3oflocula%C3%A7%C3%A3o-e-eletricoagula%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 10 abril 2018.

TRÉ, Stephanie Mantovani; QUADROS, Karolline Mayara; FRINHANI, Eduarda de Magalhães Dias. Avaliação da eficiência do tratamento do efluente de frigorífico de aves utilizando tratamento físico-químico com coagulante à base de tanino e processos biológicos anaeróbio e aerado. **Unoesc & Ciência – ACBS**, Joaçaba, v. 6, n. 2, p. 145-152, 2015. Disponível em: <<https://editora.unoesc.edu.br/index.php/acbs/article/viewFile/7865/5055>>. Acesso em: 29 março 2018.

TWARDOKUS, Rolf Guenter. **Reuso de água no processo de tingimento da indústria têxtil**. 2004. 136f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em: <<http://abqct.com.br/artigost/artigoesp33.pdf>>. Acesso em: 26 março 2018.

UNICEF. **Dia Mundial da Água**: Quase 750 milhões de pessoas ainda não têm acesso a água potável adequada. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/pt/media_29176.html>. Acesso em: 22 março 2018.

VERMA, Akshaya Kumar; DASH, Rajesh Roshan; BHUNIA, Puspendu. A review on chemical Coagulation/flocculation technologies for removal of colour from textile wastewaters. **Journal of Environmental Management**. Bhubaneswar, v. 93, p. 154-168, 2012.

VIANA, F. C.; LOPES, J. D. S. **Tratamento de água no meio rural**. 1ª ed. Viçosa: CPT, 2000.

WIMMER, Ana Christina Souza. **Aplicação do processo eletrolítico no tratamento de efluentes de uma indústria petroquímica**. 2007. 195f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/11608/11608_5.PDF>. Acesso em: 29 março 2018.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me permitido realizar mais este sonho. Agradeço à minha família pelo apoio, aos meus professores pelo conhecimento que me passaram e finalmente a todos meus amigos e pessoas que me deram suporte para concretizar mais esta etapa na minha vida.