



AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO COAGULANTE NATURAL DE TANINO DE ACÁCIA NEGRA NO TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS

KATY ELLEN DE S. CHAGAS^{1*}, HUGO M. DE LACERDA², JOSÉ ROBERTO D. FINZER³

¹Universidade de Uberaba
*e-mail: katyellenchagas@gmail.com

RESUMO - O uso de substâncias químicas é uma prática comum na coagulação de efluentes industriais. Apesar de eficientes, os coagulantes químicos podem apresentar desvantagens no âmbito operacional e, principalmente, no ambiental, uma vez que é produzido um grande volume de lodo não biodegradável com problemas de disposição no ambiente. Para contornar essa problemática, os coagulantes químicos podem ser substituídos por coagulantes naturais, os quais têm se tornando foco de várias pesquisas. Esse trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do Tanino extraído da Acácia Negra, um coagulante natural com diversas vantagens técnicas, operacionais e ambientais, como alternativa ao uso dos coagulantes químicos. A metodologia consistiu na utilização do Sulfato de Alumínio e do Tanino extraído da Acácia Negra como coagulantes em duas amostras de efluentes industriais: uma indústria de cosméticos e cuidados pessoais e uma indústria de fabricação de tintas para tatuagens. Comprovou-se a eficiência do Tanino através do Jarro 5, em ambos os efluentes, no qual se utilizou 0,5% da solução de Tanino (5 mL/L) e 0,05% de Sulfato de Alumínio (0,5 mL/L), reduzindo, consideravelmente, a quantidade do coagulante químico que é utilizada em um tratamento de efluente industrial com alta carga poluidora.

INTRODUÇÃO

Atualmente, o cenário mundial vem se preocupando em buscar métodos que sejam eficazes para a preservação ambiental e para redução de impactos negativos causados pela população. Para que ocorra a diminuição da poluição e o manejo adequado dos recursos naturais, uns dos principais problemas que devem ser resolvidos são a escassez de água e a deficiência de cuidados com essa fonte natural. Desta forma, surgem cada vez mais avanços tecnológicos voltados a sustentabilidade e a preservação da água.

A poluição hídrica ocorre quando há qualquer modificação física, química ou

biológica na qualidade da água. Essas alterações ocorrem devido a sólidos em suspensão, formas de energia (calor e radiação), substâncias químicas e microrganismos (GIORDANO, 2004). Fatores preocupantes que dificultam a diminuição da poluição das águas são o constante aumento da população urbana e das atividades industriais, devido a sua utilização dos rios como corpos receptores de dejetos. Como consequência, verifica-se a alteração da qualidade dos corpos receptores e de sua degradação.

Efluentes químicos industriais devem passar por tratamentos para se enquadrar nos padrões e exigências dispostos na Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005,

para que sejam lançados nos corpos de água. Desta forma, um dos investimentos que se tornou indispensável às indústrias é a implantação do sistema de tratamento de efluentes. Após os devidos procedimentos de tratamento, muitos dos efluentes podem ser reutilizados ou lançados no ambiente (SILVEIRA, 2010).

Frequentemente, nos diversos processos de tratamento de água, são utilizadas substâncias químicas para neutralizar os resíduos industriais, além de retirar sólidos em suspensão e certas substâncias que podem alterar a qualidade dos corpos receptores onde o efluente será lançado. Porém, em alguns casos, a efluente retorna aos rios com alta carga de substâncias químicas que são prejudiciais à saúde humana e principalmente ao meio ambiente.

Dentre os tratamentos utilizados, destaca-se o processo físico-químico, que consiste na retenção de sólidos grosseiros, neutralização do pH da água e adição de um coagulante. Os agentes coagulantes reagem com as impurezas solubilizadas ou em suspensão, promovendo a formação de flocos que, devido a elevada densidade, se sedimentam. Atualmente, os coagulantes mais utilizados são os sais de ferro e de alumínio que, caso em contato com seres vivos, podem resultar na incapacidade de absorção de flúor, fósforo e cálcio, prejudicando o crescimento e a redução da densidade óssea, além do desenvolvimento de doenças (BLANCO, MINHONI e COSTA; 2016).

Desta forma, coagulantes advindos de matérias primas naturais estão sendo estudados para que ocorra a substituição de coagulantes químicos. Os coagulantes naturais geram resíduos com maior possibilidade de degradação no ambiente e ausência de metais tóxicos em sua composição, uma vez que o lodo, proveniente da etapa de coagulação por substâncias químicas, é de baixa degradação e alta toxicidade (STIVAL *et. al*, 2021).

Considerando o cenário apresentado, o objetivo geral deste artigo foi avaliar a eficiência do coagulante natural de Tanino de Acácia Negra no tratamento de efluentes industriais. Outros objetivos específicos também foram alcançados, como: comparar a eficiência do coagulante natural de Tanino de

Acácia Negra com a do coagulante químico Sulfato de Alumínio; avaliar características físico-químicas como pH, cor, sólidos suspensos totais, condutividade elétrica e turbidez do efluente após o tratamento; e demonstrar a possível substituição do coagulante químico pelo natural nas indústrias.

COAGULANTES NATURAIS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES

Tratamento de efluentes industriais

As indústrias ao longo dos anos sempre se mostraram dependentes de recursos hídricos, estejam eles ligados diretamente em suas produções ou apenas presentes como um assistente indispensável. Desta forma, após a utilização pelas indústrias de grande parte, as águas são descartadas em forma de efluente, o qual deve ser tratado para que chegue aos corpos receptores dentro das exigências governamentais. Toda indústria tem o seu próprio efluente e, segundo Sperling (2005), o despejo de cada uma vai variar de acordo com a sua produção, ou seja, o processo empregado e a matéria prima utilizada.

O tratamento de efluente, segundo Giordano (2004), pode ser dividido em preliminar, primário, secundário e terciário. No tratamento preliminar, os sólidos sedimentáveis grosseiros são removidos utilizando peneiras ou grades, além disso, pode-se remover óleos ou graxas pela diferença de densidade. Na etapa primária, as operações utilizadas podem ser físicas ou químicas. Um exemplo disso é a sedimentação e coagulação, sendo que a sedimentação pode ser feita através de operações físicas utilizando sedimentadores ou flutadores, e a coagulação e floculação são realizadas a partir da adição de substâncias químicas coagulantes.

A etapa secundária é destinada para a remoção de matérias biodegradáveis e, em alguns casos, há também a retirada de Nitrogênio e/ou Fósforo. Segundo Costa *et.al* (2009), para que essa matéria orgânica seja degradada, na maioria dos casos há a implementação de microrganismos (*e.g.*, lodos ativados) que vão degradar essa matéria transformando-a em flocos sedimentáveis.

Ainda de acordo com Costa *et. al* (2009), a etapa terciária é apenas utilizada quando as

etapas primária e secundária não são suficientes para a remoção/degradação de poluentes específicos, sendo que essa etapa é a mais onerosa e utiliza equipamentos e técnicas mais avançadas. Após essas etapas, o efluente tratado é enviado para lagoas de estabilização e assim que atender aos parâmetros requeridos por lei são descartados.

O que preocupa as indústrias é justamente o descarte, pois o efluente após o tratamento sempre carrega resquícios dos processos. O motivo dessa preocupação é porque algumas etapas são realizadas utilizando substâncias químicas e nas políticas ambientais e suas normas fica explícito que se os limites impostos por esses órgãos forem excedidos, acarretará multas as indústrias.

A CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005, alterada pelas resoluções CONAMA N° 393/2007, 397/2008, 410/2009 e 430/2011, dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para lançamento de efluentes em corpos de água receptores, quando não há legislação ou normas específicas das companhias de água locais. Os efluentes devem obedecer aos seguintes parâmetros, previstos nessa norma: pH entre 5,0 e 9,0; temperatura menor que 40°C; materiais sedimentáveis até 1 mL/L; ausência de materiais flutuantes; entre outros (Diário Oficial da União, 2005, p. 58-63).

Etapa de coagulação

A etapa que mais utiliza substâncias químicas prejudiciais para o meio ambiente é a coagulação. A coagulação acontece quando uma substância é adicionada a um meio a ser tratado com o intuito de reagir com as outras substâncias dissolvidas, formando assim flocos que absorvem ou adsorvem os sólidos em suspensão e, devido sua maior densidade, se precipitam (SILVA, 1999).

Os coagulantes utilizados nas indústrias geralmente são químicos, sendo que os mais utilizados são, segundo Fiorentini (2005), os sais de alumínio e de ferro. Esses coagulantes são considerados prejudiciais para o meio ambiente pois eles são ácidos ou básicos e, em grande quantidade, podem se tornar um problema quando infringem as normas ambientais de descarte seguro.

O coagulante químico mais utilizado é o Sulfato de Alumínio " $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ". Apesar de reduzir turbidez, cor, DBO e DQO, o sulfato de alumínio pode ser menos eficiente que o coagulante natural tanino. Fiorentini (2005) demonstrou em seu estudo uma redução desses parâmetros entorno de 43% usando o sulfato de alumínio, enquanto o tanino minimiza cerca de 65% e adsorve metais como Al, Fe, Zn, possibilitando que a água que passa por esse tratamento seja menos tóxica (FIORENTINI, 2005).

É por essas razões que, atualmente, vêm sendo discutidas diversas formas de substituir os coagulantes químicos por naturais.

Coagulantes naturais: tanino de Acácia Negra

Os coagulantes naturais mais estudados para substituição dos coagulantes químicos no tratamento de água são os taninos. Esses coagulantes são classificados como uma classe de compostos orgânicos que são extraídos de vegetais. Sua fórmula química é $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOC}_6\text{H}_5$ (ÂNGELO, 1978).

Segundo Silva (1999), o tanino, além de natural, é um polihidroxidofenólico, que é composto por polifenóis simples, carboidratos, aminoácidos e gomas hidroxidolodais. Os taninos podem ser utilizados em diversas aplicações, sendo uma delas como coagulante aniônico com capacidade de adsorver metais solubilizados na água. A qualidade do tanino está diretamente relacionada às suas características, que podem variar de acordo com sua origem, classificação e maneira de extração.

Entre os taninos utilizados no tratamento de água, destaca-se o Tanino extraído da Acácia Negra. A *Acacia mearnsii*, conhecida popularmente como Acácia Negra, é uma árvore originária da Austrália que tem como característica folhas verdes escuras, alturas variando de 10 a 30 metros e a capacidade de ser plantada em qualquer tipo de solo (Schneider *et al*, 1999).

No Brasil, a plantação da Acácia Negra tem como finalidade a produção de tanino e de energia, e se encontra concentrada na região do Rio Grande do Sul. A empresa Tanac S.A., também situada nessa região, produz um polímero orgânico originado do Tanino da

Acácia Negra (Figura 1). Esse produto é exclusivamente de origem vegetal e apresenta baixa massa molecular e propriedades coagulantes e floculantes para fins de tratamento (ZOLETT E JABUR, 2013).



Figura 1: Coagulante natural Tanino de Acácia Negra - TANAC S.A.

No tratamento de água, o Tanino extraído da Acácia Negra atua na formação de partículas coloidais pelo mecanismo de coagulação por neutralização de carga, formando ligações entre as partículas e conseqüente formação de flocos que posteriormente são sedimentados (STIVAL *et al.*, 2021). Segundo Yamaguchi (2012), nos estudos sobre tratamento de água com coagulantes naturais, o Tanino de Acácia Negra obteve resultados relevantes em relação a remoção de turbidez, cor, DBO e DQO, além de gerar menor produção de lodo.

Como o objetivo deste artigo é realizar uma avaliação do desempenho do Tanino proveniente da Acácia Negra como coagulante natural no tratamento de efluentes industriais, a realização de etapas práticas se faz necessária, tais quais foram realizadas seguindo a metodologia exposta a seguir.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia empregada no estudo foi baseada nas recomendações da apostila "Tratamento e controle de efluentes industriais" escrita por Giordano (2004).

O procedimento experimental foi dividido em 2 etapas:

- Etapa 1: tratamento do efluente industrial da Empresa Botanic do Brasil (Brasília-DF), uma indústria que

fabrica cosméticos, sabonetes líquidos e álcool em gel.

- Etapa 2: tratamento do efluente industrial da Empresa Eletric Ink (Uberaba-MG), uma indústria que fabrica tintas para tatuagens.

Apesar dos efluentes com características e composições claramente distintas, ambas as indústrias realizam um processo convencional com Sulfato de Alumínio (PA) para o tratamento de seus efluentes.

Etapa 1: Tratamento do efluente industrial 1

Neste estudo, foi avaliado o tratamento do efluente industrial 1 com um coagulante natural (Tanino de Acácia Negra) e com um coagulante químico (Sulfato de Alumínio). O Tanino de Acácia Negra utilizado foi o produto comercial Tanfloc SG cedido da TANAC S.A. (Figura 1), diluído a uma concentração de 160 g/L. Enquanto o Sulfato de Alumínio (PA) foi um produto comercial, diluído a uma concentração de 500 g/L.

Primeiramente, realizaram-se testes preliminares com o efluente industrial 1 para conhecer e analisar o comportamento do Tanino e, dessa forma, chegar à definição de dosagem a ser utilizada no efluente. Iniciou-se colocando o efluente em um béquer de 1L e adicionando a dosagem recomendada pela empresa TANAC da solução de Tanino (10 mL/L), com auxílio de uma pipeta. Da mesma forma, realizou-se o teste com o Sulfato de Alumínio na dosagem de 5 mL/L, que foi definida baseada na quantidade utilizada pela indústria para o tratamento desse efluente.

Em seguida, o ensaio de tratabilidade foi iniciado adicionando 2L do efluente industrial 1 em cada um dos cinco jarros do equipamento *Jar Test*, com o auxílio de uma proveta de 500 mL. Logo após, acrescentou-se diferentes quantidades das soluções de Tanino e do Sulfato de Alumínio, com o auxílio de uma pipeta (Figura 2). No primeiro jarro foram adicionados 20 mL da solução de Tanino, no segundo 24 mL da solução de Tanino, no terceiro 10 mL da solução de Sulfato de Alumínio, no quarto 14 mL da solução de Sulfato de Alumínio, no quinto adicionou-se 1 mL da solução de Sulfato de Alumínio e 10 mL da solução de Tanino. As dosagens definidas

nesse estudo permitiram avaliar as eficiências isoladas dos coagulantes e a sinergia entre eles.



Figura 2: Tratamento do efluente 1 no *Jar Test*.

Após esse procedimento, programou-se o *Jar Test* para as três etapas de um ensaio de tratabilidade: coagulação, floculação e sedimentação.

1) Coagulação proporcionada por uma agitação intensa e rápida: 200 rpm por 60 segundos.

2) Floculação proporcionada por uma agitação lenta e prolongada: 42 rpm por 30 minutos.

3) Sedimentação dos flocos sem agitação por 28 minutos.

Após a realização desse ensaio de tratabilidade, iniciou-se um novo ensaio apenas com o sexto jarro do *Jar test*, na mesma programação, com Sulfato de Alumínio na dosagem de 5 mL/L, porém com o efluente neutralizado com Hidróxido de Cálcio (PA). A inserção do alcalinizante (NaOH: 2 mL/L com concentração de 50%) permitiu que o efluente alcançasse o pH de 7,7. Esse aumento do pH é uma prática convencional e recorrente nas duas indústrias, pois auxilia na eficiência do tratamento.

Por fim, foram retiradas amostras de cada um dos jarros e realizadas as análises de pH, turbidez, cor, sólidos em suspensão e condutividade elétrica dos efluentes tratados. Para fins comparativos, também foram analisadas as qualidades dos dois efluentes brutos.

As análises de pH, turbidez, cor e condutividade elétrica foram realizadas através de equipamentos específicos para medição de cada um desses parâmetros. Já a realização das análises de sólidos em suspensão foi baseada na metodologia desenvolvida por GARCEZ (2004), na qual utilizou-se um sistema de filtração – *manifould* juntamente com uma

bomba a vácuo, uma membrana GF/C, mufla, dessecador e balança analítica. Essa análise consistiu nas seguintes etapas: a membrana GF/C foi calcinada dentro de uma cápsula de porcelana na mufla a 550 °C por 15 minutos. Após, a membrana foi colocada no dessecador para o resfriamento e, em seguida, pesou-se (P_0) na balança analítica. Então, uma alíquota de 600 mL foi retirada da amostra e colocada no sistema de filtração – *manifould* com a membrana acoplada e filtração com o auxílio da bomba a vácuo. Após a filtração, a membrana foi retirada e levada à uma estufa a 105 °C por aproximadamente 2 horas, em seguida utilizou-se o dessecador para resfriamento, e pesou-se (P_1) novamente. Ainda, de acordo com os procedimentos propostos por GARCEZ (2004), realizou-se os cálculos para obtenção do valor dos Sólidos em Suspensão Totais.

$$SST \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{P_1 - P_0}{vol.amostra(L)} \times 1000$$

E esse processo foi repetido para cada uma das amostras analisadas.

Os parâmetros analisados foram pH, turbidez, cor, sólidos em suspensão e condutividade elétrica.

Etapa 2: Tratamento do efluente industrial 2

O tratamento do efluente industrial 2, consistiu no mesmo procedimento efetuado no efluente industrial 1, porém com dosagens diferentes da solução de Tanino no primeiro e no segundo jarro do equipamento *Jar Test*, baseando-se nos testes preliminares realizados.

No primeiro jarro adicionou-se 24 mL e no segundo 28 mL da solução de Tanino 160 g/L. A Figura 3 apresenta o tratamento realizado com este efluente.



Figura 3: Tratamento do efluente 2 no *Jar Test*

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos nos ensaios foram apresentados separadamente dado que cada efluente contém suas características e conta com reações específicas aos coagulantes utilizados. Além disso, pôde-se verificar que algumas indústrias e/ou processos industriais geram efluentes mais poluentes e com maior grau de complexidade no seu tratamento.

Tratamento do efluente industrial 1

A Figura 4 representa o resultado do tratamento realizado no efluente industrial 1, sendo cada um dos béquers uma amostra (tratada ou bruta). A Figura 5, por sua vez, apresenta o resultado do ensaio extra com Sulfato de Alumínio e Hidróxido de Cálcio.



Figura 4: Resultado do tratamento com o efluente industrial 1

Notas: 1º jarro: 20 mL de Tanino (160 g/L), 2º jarro: 24 mL de Tanino, 3º Jarro: 10 mL de $Al_2(SO_4)_3$ (500 g/L), 4º Jarro: 14 mL de $Al_2(SO_4)_3$, 5º Jarro: 1 mL de $Al_2(SO_4)_3$ e 10 mL de Tanino.

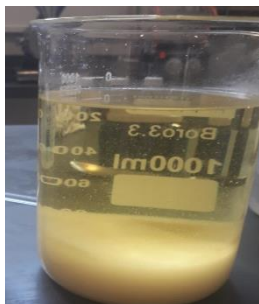


Figura 5: Coagulação do efluente 1 com Sulfato de Alumínio e Hidróxido de Cálcio.

Notas: 6º jarro: 5 mL/L de $Al_2(SO_4)_3$ e 2 mL/L de $Ca(OH)_2$ 50%.

As qualidades dos efluentes tratados em ambos os ensaios são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados das análises físico-químicas do efluente 1 bruto e tratado.

Jarros	pH	Cor (Pt-Co)	Turbidez (NTU)	Condutividade elétrica ($\mu S/cm$)	Sólidos suspensos totais (mg/L)
Efluente bruto	6,20	181	580	198,8	224
1º jarro	6,23	#	#	651,2	36
2º jarro	6,21	#	#	726,2	52
3º jarro	3,89	188	988	1010	94
4º jarro	3,45	188	#	1264	216
5º jarro	5,16	125	11,9	9,88	32
6º jarro	7,70	170	19,9	236,5	32,7

Notas: 1º jarro: 20 mL de Tanino (160 g/L), 2º jarro: 24 mL de Tanino, 3º Jarro: 10 mL de $Al_2(SO_4)_3$ (500 g/L), 4º Jarro: 14 mL de $Al_2(SO_4)_3$, 5º Jarro: 1 mL de $Al_2(SO_4)_3$ e 10 mL de Tanino, 6º jarro: 5 mL/L de $Al_2(SO_4)_3$ e 2 mL/L de $Ca(OH)_2$ 50%.

Os efluentes tratados do primeiro e segundo jarro não tiveram seu pH alterado, pois essa é uma das características do Tanino. Em contrapartida, o Tanino aumentou significativamente a cor e a turbidez desses efluentes, de forma que não foi possível a medição dos parâmetros em nenhum dos testes dados os altos valores. A condutividade elétrica desses efluentes tratados foi bem superior à do efluente bruto, ou seja, houve um aumento da concentração de sais após o tratamento. Por fim, os sólidos suspensos totais diminuíram expressivamente após a tratabilidade, demonstrando a capacidade de remoção de partículas pelo coagulante natural.

Em comparação, os efluentes tratados do terceiro e quarto jarro apresentaram pH abaixo do recomendado pela CONAMA N° 357. Esse fato reforçou a importância do ensaio extra (6º jarro) de Sulfato de Alumínio acrescido de alcalinizante (Hidróxido de Cálcio), no qual obteve-se pH de 7,7. Os valores de cor e turbidez desses jarros se mantiveram altos e próximos aos do efluente bruto, porém significativamente menores aos do primeiro e segundo jarro, com exceção da turbidez do efluente do quarto jarro, em que também não foi possível a medição. Nesses efluentes, os valores de condutividade elétrica foram superiores ao do efluente bruto e aos dos efluentes tratados com Tanino, essa situação que também se repetiu nas análises de sólidos suspensos totais.

Os efluentes do quinto e sexto jarro demonstraram que as condições de tratabilidade desempenhadas permitiram uma coagulação eficaz em relação aos parâmetros, sendo o de melhores resultados o que utilizou o Tanino (quinto jarro). Nesse ensaio em particular houve uma redução de turbidez de cerca de 98%, um resultado expressivo e significativo.

Tratamento do efluente industrial 2

A Figura 6 representa o resultado do tratamento realizado no efluente industrial 2, sendo cada um dos béquers uma amostra (tratada ou bruta). Assim como para o primeiro efluente, a Figura 7 apresenta o resultado do ensaio extra com Sulfato de Alumínio e Hidróxido de Cálcio.



Figura 6: Resultado do tratamento com o efluente industrial 2.

Notas: 1º jarro: 24 mL de Tanino (160 g/L), 2º jarro: 28 mL de Tanino, 3º Jarro: 10 mL de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (500 g/L), 4º Jarro: 14 mL de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, 5º Jarro: 1 mL de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ e 10 mL de Tanino.



Figura 7: Coagulação do efluente 2 com Sulfato de Alumínio e Hidróxido de Cálcio.

Notas: 6º jarro: 5 mL/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ e 2 mL/L de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 50%.

Os resultados dos ensaios de tratabilidade estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados das análises físico-químicas no efluente 2.

Jarros	pH	Cor (Pt-Co)	Turbidez (NTU)	Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Sólidos suspensos totais (mg/L)
Efluente bruto	4,51	#	#	512,5	350
1º jarro	4,54	#	#	569,7	58
2º jarro	4,52	#	#	690,7	94
3º jarro	2,75	#	#	941,4	120
4º jarro	2,62	#	#	1279	306
5º jarro	3,91	42	27,9	2,61	54
6º jarro	7,7	53	28,4	502,3	69

Notas: 1º jarro: 24 mL de Tanino (160 g/L), 2º jarro: 28 mL de Tanino, 3º Jarro: 10 mL de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (500 g/L), 4º Jarro: 14 mL de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, 5º Jarro: 1 mL de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ e 10 mL de Tanino, 6º jarro: 5 mL/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ e 2 mL/L de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 50%.

Fonte: Autores, 2021.

No efluente 2, a conclusão sobre os resultados das análises foi semelhante. No primeiro e segundo jarro os efluentes não tiveram seu pH alterado, pois essa é uma das características do Tanino. Porém, de modo geral, o efluente 2 contém pH fora dos padrões estabelecidos pela CONAMA N° 357, tornando-se necessária a utilização de um alcalinizante, independente do coagulante selecionado. Novamente, a cor e a turbidez nesses efluentes tratados não foram medidas nos aparelhos utilizados devido aos seus altos valores. A condutividade elétrica teve valores superiores aos do efluente bruto, ou seja, aumentou-se a concentração de sais. Além disso, os sólidos suspensos totais foram significativamente reduzidos.

Da mesma forma, nos jarros em que se utilizou o Tanino, o terceiro e o quarto jarro (*i.e.*, com Sulfato de Alumínio) os valores de cor e turbidez não puderam ser medidos. Nesses jarros, os valores de condutividade elétrica foram superiores ao do efluente bruto e aos dos efluentes tratados com Tanino, essa situação também se repetiu nas análises de sólidos suspensos totais.

Semelhante ao efluente 1, as condições de tratabilidade desempenhadas no quinto e sexto jarro foram satisfatórias e eficazes para o tratamento do efluente 2, sendo as do quinto jarro ainda superiores. Salvo em relação ao pH, em que o sexto jarro foi o único que se enquadrou nos padrões da CONAMA N° 357. Para solucionar esse problema, pode-se

adicionar uma pequena quantidade de alcalinizante na amostra do quinto jarro.

CONCLUSÃO

Conforme os ensaios que foram realizados e as referências bibliográficas citadas no artigo, conclui-se que o método empregado para o tratamento dos efluentes dependerá diretamente da qualidade do efluente. Quanto maior for a sua carga poluidora, maior será a complexidade do tratamento, aumentando assim a concentração dos produtos químicos utilizados.

De acordo com os ensaios, foi observado que o Sulfato de Alumínio e o Tanino utilizados separadamente como coagulantes não são suficientes para um tratamento eficiente, devido à alta carga poluidora dos efluentes. Em contrapartida, a combinação dos dois ocasionou em um sinergismo e uma melhora significativa na etapa de coagulação.

Nos resultados foi demonstrado que o Tanino pode ser utilizado como um auxiliar natural, fazendo com que as substâncias químicas que são convencionalmente utilizadas, neste caso o Sulfato de Alumínio, sejam utilizadas em menor quantidade, diminuindo assim a carga química que estará presente no produto do tratamento (no caso deste artigo a concentração de Sulfato de Alumínio foi reduzida de 0,5% para 0,05%). Os resultados de tratabilidade do ensaio extra (sexto jarro) referente à prática recorrente nas indústrias (*i.e.*, Sulfato de Alumínio + Hidróxido de Cálcio) demonstraram com clareza que o procedimento adotado é realmente eficaz, porém poderia ser melhorado em conjunto com o Tanino, assim como desempenhado no quinto jarro. Constatou-se que, quando utilizados juntos, há o aumento de flocos formados, o que pode ser identificado visualmente ou pela análise de sólidos em suspensão. Conclui-se também que o jarro 5, além de uma melhor coagulação, apresentou nas análises de pH, condutividade, cor e turbidez uma maior eficiência em comparação aos demais jarros. Além disso, no tratamento do efluente 1 houve uma mudança visível na cor após o tratamento com o Tanino, obtendo-se um efluente clarificado e incolor, sendo que

no tratamento convencional observou-se que não houve a remoção da coloração amarela característica do efluente.

Para atender as normas estabelecidas na CONAMA N° 357, necessita-se de mais análises como DQO, DBO, substâncias químicas presentes, entre outras. Porém, a redução da turbidez e da cor, indicam que as partículas em suspensão presentes no efluentes antes do tratamento foram sedimentadas e que houve uma diminuição na quantidade de matéria orgânica e inorgânica presente no efluente e, conseqüentemente, uma redução de substâncias químicas específicas. Além disso, ocorreu uma diminuição nos valores de condutividade elétrica, o que representa uma redução na concentração de sais no efluente.

Outro fator que deve ser considerado para a implementação do Tanino nos tratamentos de efluentes industriais é referente ao custo desse coagulante. Apesar de não mencionado nesse artigo, recomenda-se um estudo futuro incluindo essa questão.

Ao final dos procedimentos empregados e com os resultados obtidos, foi cumprido o objetivo principal da pesquisa, que consistiu na avaliação do desempenho do Tanino proveniente da Acácia Negra como coagulante natural no tratamento de efluentes industriais. Conclui-se que o Tanino pode auxiliar no processo de tratamento de efluentes industriais, reduzindo a quantidade de substâncias químicas presente nesse tipo de tratamento, além de obter resultados satisfatórios e melhores do que no tratamento atual, utilizado nas indústrias estudadas, em relação a cor, turbidez, condutividade elétrica e sólidos suspensos totais.

REFERÊNCIAS

- ÂNGELO, S. J. Substâncias Tanantes: Determinação da acidez dos líquidos curtientes. Indústria Florestal. Curitiba: 1978. 15 p.
- BLANCO, Leticia; MINHONI, Renata; COSTA, Gustavo. Extrato de Acácia Negra no tratamento primário de água fluvial. n°1. Vol.1. São Paulo: Environmental, 2016.

BRASIL. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União de 18 de março de 2005, Seção 1, páginas 58 a 63.

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.I. Regrad. Marília-SP. Vol.1. ano 2. pg. 6-22. 2009.

FIORENTINI, Viviane. Uso do tanino no processo de tratamento de água como melhoria em sistema de gestão ambiental. Rio Grande do Sul, 2005.

GARCEZ, Lucas Nogueira. Manual de Procedimentos e Técnicas Laboratoriais Voltado Para Análises de Águas e Esgotos Sanitário e Industrial. São Paulo. 2004. p. 50.

GIORDANO, Gandhi. Tratamento e controle de efluentes industriais. Mato Grosso: ABES, 2004.

SCHNEIDER, P.R., CAMILLO, S.B.A., FINGER, C.A.G., FRIZZO, S.M.B. Determinação de equações da produção de tanino de acácia-negra, *Acacia mearnsii* De Wild. Ciência Florestal. Santa Maria, 1999.

SILVA, Telma Salessa Santana da. Estudo de Tratabilidade Físico-Química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e esgoto. Tese de Mestrado Fiocruz. Rio de Janeiro, novembro, 1999.

SILVEIRA, Gustavo Echenique. Sistemas de tratamento de efluentes industriais. Rio Grande do Sul: UFRGS, 2010.

SPERLING, Marcos Von. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3.ed. Vol.1. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 2005.

STIVAL, Angela Helena Silva Mendes, et. al. Avaliação de coagulantes a base de tanino de acácia negra (*Acacia mearnsii*) para o

tratamento de água - Evaluation of black acacia (*acacia mearnsii*) tannin-based coagulants for water treatment. Brazilian Journal of Development. n°.3. Vol.7. Curitiba. p. 31611-31617. mar 2021.

YAMAGUCHI, T.E.S. Aplicação de Coagulantes Naturais no Tratamento de Lixiviados de Resíduos Urbanos. Presidente Prudente/ SP, 2012.

ZOLETT, Elis Regina; JABUR, Andrea Sartori. Uso de polímero natural a base de tanino (TANFLOC) para o tratamento de água para o consumo humano. XX Simpósio Brasileiro de recursos hídricos. Bento Gonçalves/ RS, 2013.