

## **CATIONIZAÇÃO DE HEMICELULOSES POR INDUÇÃO DE MICRO-ONDAS VISANDO APLICAÇÃO COMO COAGULANTE NO TRATAMENTO DE EFLUENTE INDUSTRIAL**

### **Janna Nayad Souza de Castro**<sup>(1)</sup>

Engenheira Ambiental pela UFU, analista ambiental industrial na BRF S.A., e estudante de mestrado em Qualidade Ambiental pelo PPGMQA/ UFU atuando na Linha de pesquisa de Tratamento de Efluentes Industriais.

### **Ana Gabriela Tomé Alves**<sup>(2)</sup>

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Uberlândia. Bolsista de Iniciação Científica PIBIC / CNPq na área de Ciências Exatas e da Terra desde 2016, desenvolvendo estudo sobre síntese de coagulante natural a partir de resíduos agrícolas para aplicação no tratamento de efluente industrial no Laboratório de Armazenamento de Energia e Tratamento de Efluentes (LAETE).

### **Amanda Bessa Freitas**<sup>(3)</sup>

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Uberlândia. Bolsista de Iniciação Científica PIBIC / CNPq na área de Ciências Exatas e da Terra (2020), desenvolvendo estudo sobre síntese de coagulante natural a partir de resíduos agrícolas para aplicação no tratamento de efluente industrial no Laboratório de Armazenamento de Energia e Tratamento de Efluentes (LAETE).

### **Sheila Cristina Canobre**<sup>(4)</sup>

Doutora em Ciências, ênfase em Eletroquímica pela Universidade Federal de São Carlos (2004). Atualmente, é professora associada nível 2 da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

### **Fábio Augusto do Amaral**<sup>(5)</sup>

Doutor em Ciências, ênfase em Eletroquímica pela Universidade Federal de São Carlos (2005). Atualmente é professor da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e Diretor do Instituto de Química.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Av. Peru, 120 - P. Roosevelt - Uberlândia - MG - CEP: 38401156 - Brasil - Tel: +55 (34) 991352718 - e-mail: janna.castro@ufu.br / castrojanna@gmail.com

## **RESUMO**

O presente trabalho objetivou investigar a eficiência do uso de polímeros orgânicos naturais como fontes alternativas de coagulantes, visto que apresentam menores impactos ambientais, no tratamento físico-químico (coagulação, floculação e sedimentação) de um efluente de indústria alimentícia de processamento de milho. Utilizou-se Taninos Catiônicos (TC), extraídos de *Acácia negra* (cedido pela empresa TANAC) individualmente e associados as Hemiceluloses Catiônicas (HC) extraídas de cascas de amendoim (produzidas neste trabalho por indução por micro-ondas – HCM e pelo método convencional - HCC). Realizou-se a comparação da aplicação de cinco coagulantes (TC, HCC neutra, HCM neutra, HCC+TC e HCM+TC) em diferentes pHs (3, 5, 8 e 11). Como resultados, os polímeros catiônicos testados sem associação, promoveram formação de flocos na etapa em pH 8 e 11 e, resultaram em eficiências superiores a 60% na remoção da turbidez do efluente. As HCM neutra +TC apresentaram o maior valor de remoção de turbidez (86%) em pH 11, e apresenta vantagens em seu processo de síntese quando comparadas com a HCC, visto que, demandam menor tempo de síntese e menores quantidades de reagentes. Logo, a metodologia proposta para a síntese da HCM apresenta-se como promissora.

**PALAVRAS-CHAVE:** Coagulantes orgânicos; Hemicelulose Catiônica; Tratamento de efluentes.

## **INTRODUÇÃO**

A dependência dos recursos hídricos nas atividades industriais, influencia na degradação direta dos cursos d'água, principalmente na geração de efluentes líquidos, que apresentam elevada carga orgânica, e alta toxicidade em sua composição (ALMEIDA et al., 2004), o que pode danificar a rede coletora, e sobrecarregar as estações de tratamento das cidades quando dispostos junto a rede de efluentes domésticos, e influenciar nos parâmetros de qualidade da água ao longo de seu curso (BRITTO e RANGEL, 2008). Portanto, deve ser adotada uma rota de tratamento dos efluentes industriais visando redução dos danos ambientais e descarte direto na rede coletora de esgoto ou corpos hídricos, que comprometem todo o ciclo biogeoquímico da água

(ROCHA et al., 2009). Sendo que, de acordo com o CONAMA Nº 430 (2011) do Ministério do Meio Ambiente, antes de despejar o efluente bruto nos corpos d'água é necessário a realização de um tratamento adequado do mesmo, visto que, o descarte inadequado e sem tratamento poderá alterar as características físico-químicas e microbiológicas dessa localidade.

Neste contexto, destaca-se que, no tratamento de efluentes, a eficiência da etapa de coagulação é imprescindível, já que ela influencia os próximos estágios (floculação, sedimentação e filtração), e ela se dá em função do mecanismo de interação entre as partículas do efluente e o coagulante, resultando na formação dos flocos (FLEER, 2010). Sendo assim, são dois processos consecutivos, a coagulação (**mistura rápida**), quando se adiciona o coagulante químico, visando reduzir as forças que mantêm as partículas suspensas separadas, sendo a fase curta e a floculação (**mistura lenta**) é um procedimento físico onde as partículas vão colidir-se para formação de flocos, sendo uma fase longa (BERNARDO; DANTAS, 2005; RICHTER, 2009).

Os coagulantes de uso mais difundido são inorgânicos e geralmente demandam altas concentrações para serem empregados no tratamento de efluentes, fator que acarreta na geração de elevados volumes de lodo residual, são muito sensíveis ao pH e são compostos por metais, o que pode ocasionar danos ao sistema nervoso dos animais (BONGIOVANI *et al.*, 2010). Por exemplo, os coagulantes compostos por sais de cloreto de ferro ( $\text{FeCl}_3$ ), sulfato de alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) e policloreto de alumínio ( $\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{3n-m}$ ), bastante utilizados e que apesar de sua eficiência comprovada, são inorgânicos e não biodegradáveis (HELLER; PÁDUA, 2016).

Pensando na problemática acima citada, têm sido desenvolvidos polímeros orgânicos como amido, celulose, taninos, hemiceluloses e seus derivados, os quais estão sendo empregados no tratamento de efluentes, onde estes consistem em polímeros naturais que podem substituir ou auxiliar e o uso dos coagulantes tradicionais (OZACAR & SENGIL, 2003). O uso de polímeros catiônicos orgânicos sintetizados de produtos naturais, como o Tanino Catiônico (Figura 1a), extraído da *Acácia negra*, promove a desestabilização dos colóides em suspensão dos efluentes (cargas negativas), pelos polímeros catiônicos orgânicos. Sendo que, a desestabilização do sistema por meio da neutralização das cargas resulta na formação de microflocos, ocasionando o processo de coagulação em um efluente (MANGRICH *et al.*, 2014).



**Figura 1: Fórmula estrutural de: (a) Tanino catiônico; e (b) Hemicelulose catiônica.**

Fonte: (a) Adaptado de TANAC, 2003 e LAMB & DECUSATI, 2002; (b) LANDIM *et al.*, 2013.

As hemiceluloses são o segundo grupo de polissacarídeos em maior abundância na natureza e apresentam alto potencial químico reacional. Em seu estado natural, as hemiceluloses são consideradas como sendo de estrutura não-cristalina e polímeros de baixa massa molecular com grau de polimerização que pode variar de 80 a 200 (RIBEIRO et al., 2017a). O caráter amorfo e a baixa massa molecular permitem que as hemiceluloses apresentem maior acessibilidade da cadeia polimérica devido às cadeias laterais em sua estrutura, o que confere conformação espacial menos impedida para reações químicas e, conseqüentemente maior reatividade. Também, as hemiceluloses geralmente apresentam elevada solubilidade em água, que é um aspecto importante de polímeros utilizados para o tratamento de efluentes (REN et al., 2006; LANDIM et al., 2013).

Estudos propõem o uso do resíduo da casca de amendoim para obtenção de hemiceluloses, visto que contém grandes quantidades de hidroxilas ativas a serem utilizadas para modificação química (RIBEIRO, 2017a; GONG et al., 2005), como a cationização da mesma, criando uma estrutura também catiônica como a do tanino utilizado como coagulante. A síntese de Hemiceluloses Catiônicas (HC), demonstrada na Figura 1b, pode ser realizada por meio da reação de hemiceluloses com reagentes que possuem grupo amônio, como o regeante comercial cloreto de 2,3-epoxipropiltrimetilamônio (ETA), que resulta na quaternização do polissacarídeo

(RIBEIRO et al., 2017a).

## OBJETIVOS

O presente trabalho objetivou avaliar a eficiência do uso de polímeros orgânicos naturais como fontes alternativas de coagulantes, os Taninos Catiônicos (TC), extraídos de *Acácia negra* (cedido pela empresa TANAC) e às Hemiceluloses catiônicas (HC), extraídas de cascas de amendoim e produzidas neste trabalho por síntese convencional e por indução por micro-ondas (HCM). Ambos os coagulantes foram aplicados individualmente e associados. Ademais, visou-se a realização de testes prévios de tratabilidade ao efluente industrial gerado do processamento de milho, de uma empresa localizada na cidade de Uberlândia, Minas Gerais.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Obtenção de hemiceluloses a partir das cascas de amendoim

A obtenção das hemiceluloses naturais a partir da casca do amendoim ocorreu em duas etapas, a primeira consistiu na realização do método do clorito ácido para a eliminação da lignina e obtenção da holocelulose (constituída de celuloses e hemiceluloses), segundo procedimento descrito por VIEIRA et al., 2007. A segunda etapa consistiu na separação da celulose e hemiceluloses utilizando hidróxido de sódio (NaOH) na concentração de 17,5%, segundo metodologia adaptada de MORAIS et al., 2010.

### Extração de Hemiceluloses Catiônicas (HC) pelo método convencional

A síntese das HC pelo método convencional foi realizada segundo descrito por RIBEIRO et al., 2017b, no qual as hemiceluloses foram colocadas em meio básico de NaOH na presença do agente cationizante, ETA (na proporção igual a 3 de ETA/OH hidroxila das hemiceluloses, considerando unidades de xilose para as hemiceluloses, portanto, 2 mols de OH para 1 mol de xilose). A reação teve duração total de aproximadamente 7 horas. Ao final, o meio foi resfriado, neutralizado com HCl e o produto da síntese foi precipitado com etanol 98%.

### Síntese das Hemiceluloses Catiônicas (HC) pelo método de indução de micro-ondas

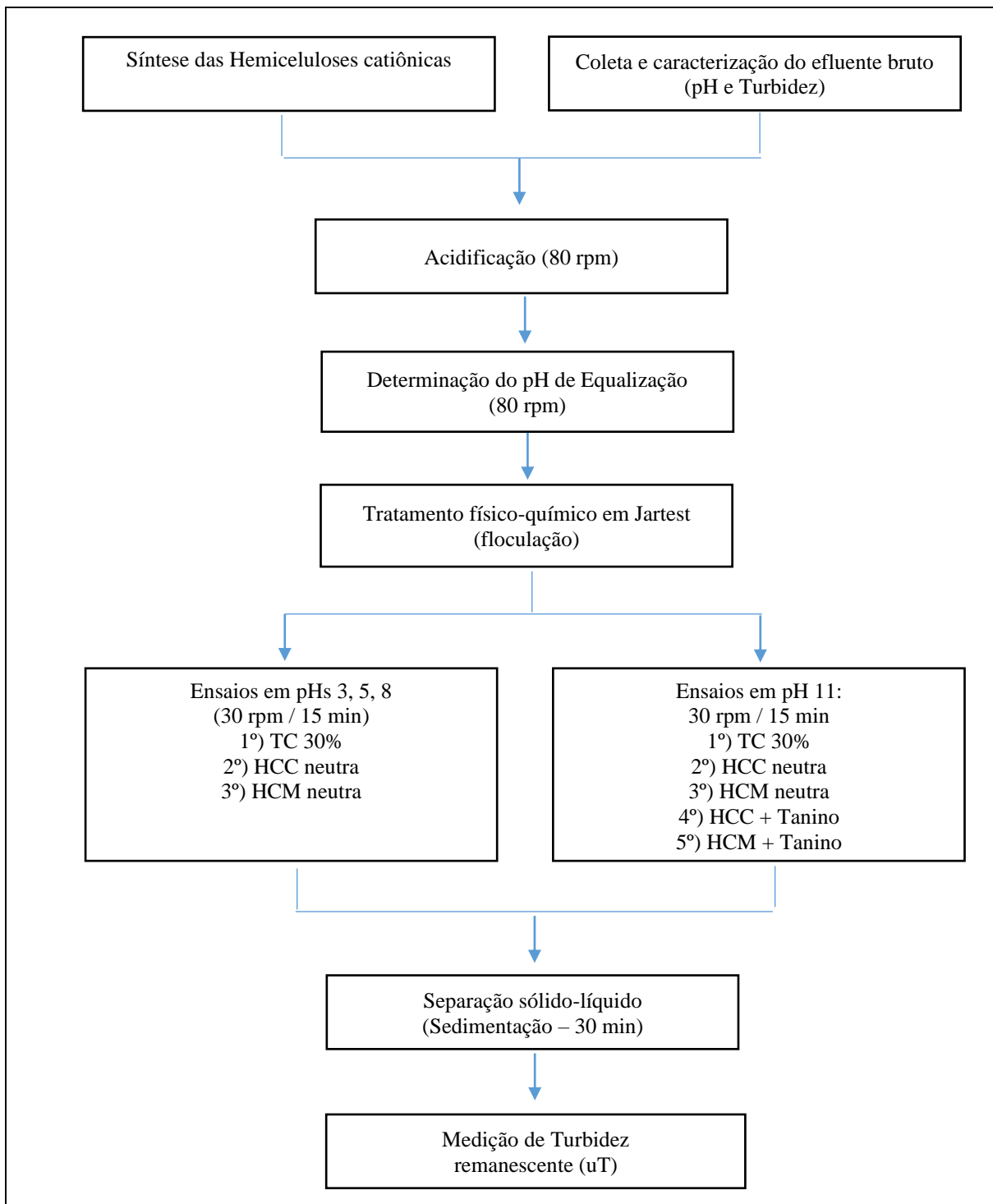
A síntese da HC por indução de micro-ondas foi realizada utilizando a hemiceluloses solubilizadas provenientes da extração, contendo em média  $0,8 \pm 0,1$  g de hemiceluloses, 30 mL de H<sub>2</sub>O e 6 g de NaOH. O processo de cationização foi realizado transferindo-se as hemiceluloses naturais solubilizadas para um béquer de 50 mL, com adição do NaOH e água. Posteriormente, a solução resultante foi aquecida duas vezes em micro-ondas por 10 segundos, com agitação manual após cada aquecimento, a fim de solubilizar as hemiceluloses, e promover o meio básico para a reação posterior. Após o aquecimento, 30 mL do agente cationizante cloreto de 2,3- epoxipropiltrimetilamônio (ETA) foi adicionado e a mistura foi aquecida novamente 4 vezes em intervalos de 15 segundos com agitação manual entre os intervalos. Ao final, o meio reacional foi resfriado, a solução foi neutralizada com HCl e as HC foram precipitadas com etanol 98% e, por fim, filtradas em funil de placa porosa. As HC obtidas foram redissolvidas e re-precipitadas novamente a fim de retirar sais que, por ventura, ainda estivessem presentes.

### Aplicação dos coagulantes orgânicos no tratamento de efluentes em jarrest

O efluente foi coletado na indústria e caracterizado em laboratório pela medição dos parâmetros de pH e turbidez. As medidas de pH das amostras de efluente bruto e tratado foram realizadas utilizando um pHmetro (EdgeHI-2002 da marca Hanna®), sendo calibrado com soluções tampão de pH 4,0, 7,0 e 10,0. A turbidez das amostras de efluente bruto e tratado foi determinado utilizando um Turbidímetro Digital Portátil Instrutherm TD-300. O percentual de remoção de turbidez foi calculado pelas leituras de turbidez do efluente bruto (inicial) e após o tratamento físico-químico (final), conforme demonstrado na Equação 1.

$$\text{Eficiência na Remoção de Turbidez (\%)} = \left( \frac{\text{Turbidez inicial} - \text{Turbidez final}}{\text{Turbidez inicial}} \right) \times 100 \text{ (Equação 1)}$$

O método utilizado para o tratamento do efluente nesse trabalho consistiu em cinco etapas investigativas que determinam a metodologia do tratamento, conforme apresentada na Figura 2.



**Figura 2: Representação da rota de tratamento proposta para o tratamento de efluente industrial de processamento de milho utilizando coagulantes orgânicos.**

Para iniciar o tratamento, preparou-se 6 jarros, onde em cada um foi colocado um (01) litro de efluente bruto e agitado à uma velocidade de 80 rpm para então iniciar a etapa de **acidificação**, visando promover a separação de óleos residuais presentes no efluente. Para isso, foi adicionado ácido sulfúrico ao efluente até obtenção de pH 2. Posteriormente, o efluente foi transferido para um funil de decantação onde foi separado a fase oleosa da fase aquosa, reservada para tratamento.

Em seguida, para **determinação do pH de equalização** (pH ótimo), foi utilizado uma solução de hidróxido de sódio 10% (m/v), que foi adicionada lentamente ao efluente já acidificado, sob agitação de 80 rpm, até os valores de pH estudados (3, 5, 8 e 11). Em seguida, foram testados 5 coagulantes.

As soluções dos polímeros coagulantes contendo 5 mL (H<sub>2</sub>O)/1,5 g (HC), foram denominadas como **HC neutra**. O **Tanino catiônico (TC)**, **HC convencional (HCC neutra)** e **HC de micro-ondas (HCM neutra)** foram avaliados para diferentes pHs de equalização, pH 3, 5; 8; e 11. Sendo assim, na etapa do tratamento físico químico de floculação, reduziu-se a agitação para 30 rpm, por 15 minutos e adicionou-se lentamente ao efluente, já equalizado, cada coagulante analisado em ensaios separados.

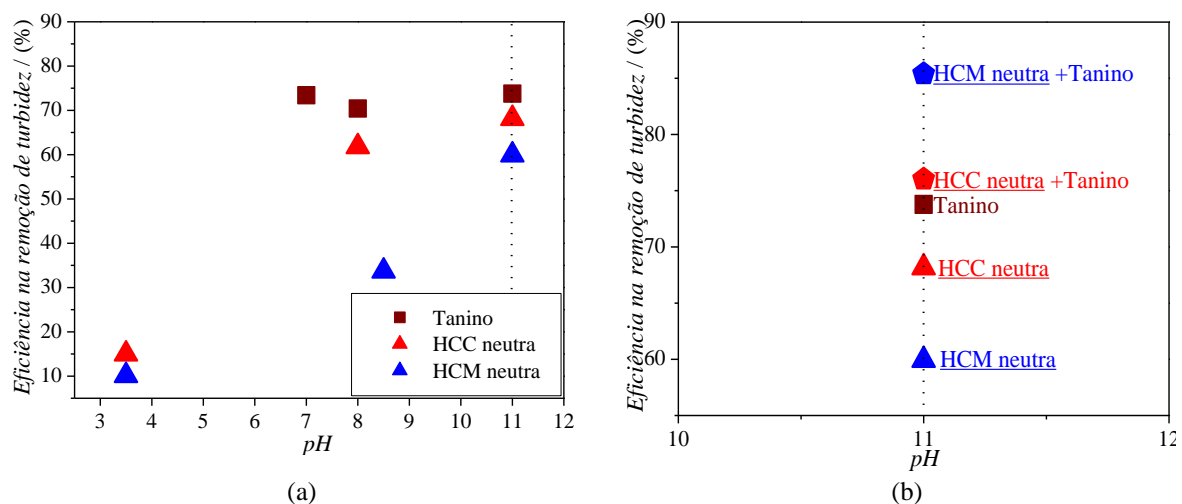
Ademais, também foi testada a eficiência das HC convencionais e HC de micro-ondas associadas ao TC em proporção 1:3, ou seja, 25% de solução de HC para 75% de solução de TC (**HCC+TC**), e (**HCM+TC**), somente em pH 11, sob agitação (Gradiente de velocidade) de 30 rpm, por 15 minutos por ser o pH de equalização que apresentou maiores remoções da turbidez residual na etapa anterior em relação aos demais pontos avaliados. Foi aferida a eficiência de remoção de turbidez para cada ensaio realizado.

Após a etapa de coagulação e floculação, com o objetivo de medir o volume de lodo gerado (mL) e turbidez remanescente (uT), realizou-se a separação sólido-líquido por sedimentação. Os efluentes tratados foram dispostos em cones Imhoff® durante 30 minutos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Aplicação dos coagulantes orgânicos no tratamento de efluentes

O tratamento do efluente industrial foi realizado com o objetivo de avaliar o pH de equalização ideal para aplicação dos polímeros catiônicos sem associação (Tanino, HCC neutra e HCM neutra), como demonstrado na Figura 3(a). Ademais, analisou-se também as Hemiceluloses Catiônicas associadas ao TC (HCC+Tanino, HCM+TC), como demonstrado na Figura 4(a). O parâmetro utilizado para verificação da eficiência dos materiais foi a remoção de turbidez (%).



**Figura 3: Variação da eficiência na remoção de turbidez em função do pH de equalização para adição dos dois coagulantes orgânicos aplicados de forma: (a) sem associação; (b) com associação em pH 11.**

Assim como mostrado na Figura 3a, os coagulantes catiônicos foram aplicados de acordo com as faixas de pH de equalização: 3, 5 (pH inicial do efluente); 8 e 11. As maiores remoções de turbidez (acima de 60%)

ocorreram em pH 11, para todos os coagulantes utilizados em relação às demais faixas, determinando assim o pH ideal de equalização para o tratamento físico-químico dos efluentes. Definido o pH ideal de equalização (pH 11), foi avaliada então a eficiência de remoção de turbidez entre as diferentes associações dos polímeros catiônicos em comparativo a aplicação destes polímeros sem associação. Na Tabela 1 estão apresentados os dados de eficiência na remoção de turbidez após a aplicação dos 5 coagulantes em 3 pHs (3,5;8 e 11).

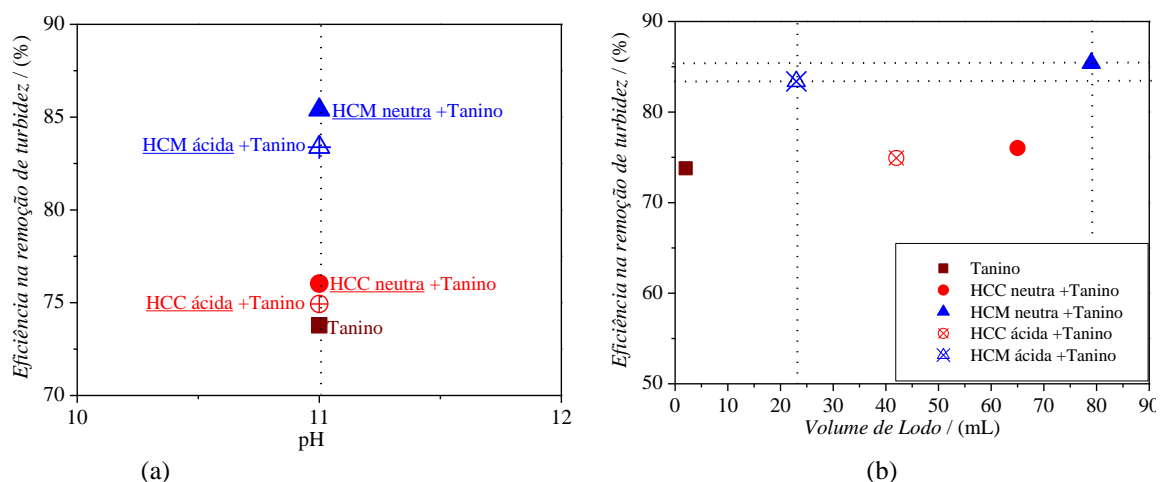
**Tabela 1: Variação da eficiência na remoção de turbidez, após aplicação dos coagulantes, calculados em meio neutro, e em relação a cada tratamento com variação de pH.**

EFICIÊNCIA NA REMOÇÃO DE TURBIDEZ / (%)					
pH	TC	HCC neutra	HCM neutra	HCC Neutra+ TC	HCM Neutra+ TC
3,5	-	15	10	-	-
8	70	62	35	-	-
11	73	69	60	76	86

Fonte: A autora.

A associação entre HCC neutra + TC, resultou em 76% de eficiência na remoção da turbidez inicial (Tabela 1), e demonstrou um aumento de aproximadamente 7% quando comparada a atuação das HCC neutra, e de aproximadamente 3% quando comparada a atuação do TC individualmente. Ademais, as HC sintetizadas por indução de micro-ondas associadas ao Tanino catiônico (HCM neutra + TC) promoveram 86% de eficiência na remoção de turbidez (Tabela 1) do efluente industrial e, resultaram em um aumento de aproximadamente 26% quando comparada a atuação das HCM neutra e, de aproximadamente 13% quando comparada a atuação do TC individualmente. Portanto, nota-se que, a eficiência de HCM neutra+TC foi significativamente superior à eficiência dos demais polímeros catiônicos aplicados individualmente e, em associação.

A Figura 3(b), demonstra os dos dados apresentados na Tabela 1. Sendo possível verificar que, a associação dos coagulantes ocasionou significantes aumentos na eficiência de remoção da turbidez do efluente, quando comparadas a aplicação dos polímeros catiônicos individualmente. Com base nisto, foi testado a aplicação dos coagulantes associados para as HCs solubilizadas em meio ácido (HC ácida) (Figura 4 (a)). Foram avaliados também os volumes de lodo para cada tratamento de modo a estabelecer uma relação à eficiência da remoção de turbidez (Figura 4 (b)).



**Figura 4: Variação da eficiência na remoção de turbidez em função do: (a) pH de equalização para adição dos dois coagulantes orgânicos associados; (b) volume de lodo residual após os tratamentos físico-químico do efluente.**

Segundo a Figura 4, nota-se um considerável indício de que a associação das HC com o TC promove maior remoção de turbidez remanescente dos efluentes. Destaca-se que as HCM+ TC (neutra e ácida) apresentaram aumento de aproximadamente 13% de eficiência na remoção da turbidez. Sendo que, as HC's solubilizadas em meio neutro obtiveram valores de eficiência mais significantes que as HC's solubilizadas em meio ácido. Porém, as HCC e HCM solubilizadas em meio ácido não promoveram coagulação do efluente, demonstrando que o meio neutro proporciona melhor atuação individual das HC's no processo de coagulação dos efluentes.

As maiores eficiências de remoção de turbidez também apontaram altos volumes de lodo residual, como demonstrado na Figura 4(b), o que de acordo com RIBEIRO (2018), pode comprometer as futuras etapas de tratamento de efluentes, portanto para futuros tratamentos serão trabalhadas rotas que também visem a redução do volume de lodo.

A comparação dos aumentos de eficiência para cada associação de Tanino catiônico às HC's solubilizadas em meios neutros e ácidos são mostradas por meio da Tabela 2.

**Tabela 2: Variação do aumento da eficiência na remoção de turbidez para a aplicação dos coagulantes associados, para HC's em meios neutros e ácidos em relação à eficiência do tratamento utilizando Tanino catiônico.**

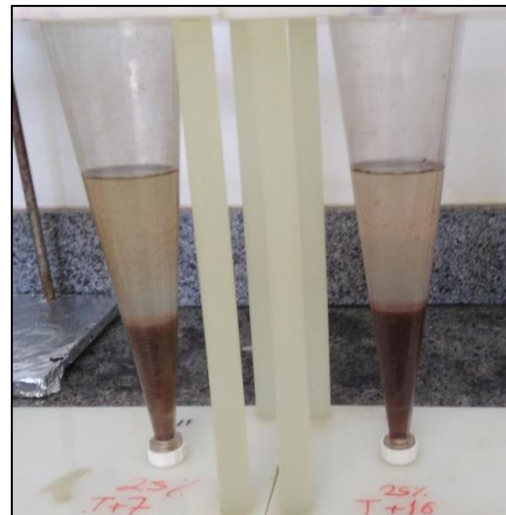
AUMENTO DA EFICIÊNCIA NA REMOÇÃO DE TURBIDEZ REFERENTE AO TANINO / (%)				
pH	HCC neutra+ TC	HCM neutra+ TC	HCC ácida+ TC	HCM neutra+ TC
11	3	13	2	10

Fonte: A autora.

Por fim, a Figura 5 apresenta os aspectos visuais dos flocos formados no efluente após a etapa de coagulação. Onde é possível observar a distinção dos flocos (a), e os volumes de lodo residual (b).



(a)



(b)

**Figura 5: Aspectos visuais após a aplicação de Taninos catiônicos associados à HC's sintetizadas por indução de micro-ondas: (a) após a aplicação; (b) após 30 minutos de sedimentação no cone Imhoff®.**

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todos os polímeros catiônicos testados (Tanino, HCC e HCM) promoveram formação de flocos na etapa de coagulação quando testados em pH 8 e 11 e, resultaram em eficiências superiores a 60% na remoção da turbidez do efluente de indústria alimentícia utilizado neste trabalho. As maiores remoções de turbidez (acima de 60%) ocorreram em pH 11, para todos os coagulantes utilizados em relação às demais faixas, determinando assim esse o pH ideal de equalização para o tratamento físico-químico dos efluentes.

Os coagulantes quando aplicados de forma associada (HCC + TC e HCM +TC), tanto em meio neutro quanto no meio ácido, promoveram aumentos significativos na eficiência de remoção da turbidez remanescente, indicando maior eficácia no processo de coagulação e floculação. Porém, as HCM neutra +Tanino apresentaram o maior valor de remoção de turbidez (86%), e apresenta vantagens em seu processo de síntese quando comparadas com a HCC, visto que demandam menor tempo de síntese, e menores quantidades de reagentes. Logo, a metodologia proposta para a síntese da HCM apresenta-se como promissora.

Ademais, em relação à redução do volume de lodo, observa-se que embora a eficiência na remoção da turbidez almejada tenha sido positiva, ainda é necessário estabelecer rotas de tratamento que visem a diminuição do volume de lodo, pois nos pontos que ocorreram maiores remoções de turbidez também ocorreu maior geração de volume de lodo, fator não favorável, que ainda necessita de melhorias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, E.; ASSALIN, M. R.; RODA, M. A.; DURÁN, N. Tratamento de efluentes industriais por processos oxidativos na presença de ozônio. *Química Nova*, Vol 27, No. 5, 818-824, 2004.
2. BERNARDO, L.; DANTAS, A. B. Métodos e técnicas de Tratamento de água. São Carlos: Rima, 2005. 792 p.
3. BRITO, J. M.; RANGEL, M. C. Processos avançados de oxidação de compostos fenólicos em efluentes industriais. *Química Nova*, Vol. 31, No. 1, 114-122, 2008.
4. BONGIOVANI, M. C.; KONRADT-MORAES, L. C.; BERGAMASCO, R.; LOURENÇO, B.S. S.; TAVARES, C. R. G. Os benefícios da utilização de coagulantes naturais para a obtenção de água potável. *Acta Scientiarum Technology*, 32, 167–170, 2010.
5. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. 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.
6. FLEER, G.J. *Polymers at interfaces and in colloidal dispersions. Advances in Colloid and Interface Science*, 159, 99–116, 2010.
7. GONG, R.; DING, Y.; LI, M.; YANG, C.; LIU, H.; SUN, Y. *Utilization of powdered peanut hull as biosorbent for removal of anionic dyes from aqueous solution. Dyes and Pigments*, 64, 489–493, 2005.
8. HELLER, L.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de água para consumo humano. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2016. v. 1 e 2 (Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos: EESC – USP. 2007.
9. LAMB, L. H.; DECUSATI, O. G. *Manufacturing process for quaternary ammonium tannate, a vegetable coagulating/flocculating agent. U.S. Patent 6478986 B1*, 2002.
10. LANDIM, A. S.; RODRIGUES FILHO, G.; SOUSA, R. M. F.; RIBEIRO, E. A. M.; SOUZA, F. R. B.; VIEIRA, J. G.; ASSUNÇÃO, R. M. N.; CERQUEIRA, D. A. *Application of cationic hemicelluloses produced from corn husk as polyelectrolytes in sewage treatment. Polímeros*, v. 23, p. 468–472, 2013.
11. MANGRICH, A. S.; DOUMER, M. E.; MALLMANN, A. S.; WOLF, C. R. *Química verde no tratamento de águas: uso de coagulante derivado de tanino de Acacia mearnsii. Revista Virtual de Química*, v. 6, p. 2-15, 2014.
12. MORAIS, J. P. S., ROSA, M. F. R., MARCONCINI, J. M. Procedimentos para análise lignocelulósica, Campina Grande: EMBRAPA. 36 p, 2010.
13. ÖZACAR, M.; SENGIL, I. A. *Evaluation of tannin biopolymer as a coagulant aid for coagulation of colloidal particles. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 229, 85–96, 2003.
14. RIBEIRO, E. A. M.; SOUZA, F. R. B.; AMARAL, F. A.; RODRIGUES FILHO, G.; SOUSA, R. M. F.; VIEIRA, J. G.; COSTA, T. F. R.; THOMPSON JUNIOR, J. P.; ASSUNÇÃO, R. M. N.; CANOBRE, S. C. Utilização de hemiceluloses catiônicas, obtidas a partir do aproveitamento da palha de milho, associadas com tanino para o tratamento de efluentes de lavanderia industrial. *Química Nova*, p. 1–9, 2017a.



15. RIBEIRO, E. A. M.; RODRIGUES FILHO, G.; ROZENO, N. S.; NOGUEIRA, J. M.B. A.; RESENDE, M. A.; THOMPSON JUNIOR, J. P.; VIEIRA, J. G.; CANOBRE, S.C.; AMARAL, F. A. *Polymeric polyelectrolytes obtained from renewable sources for biodiesel wastewater treatment by dual - flocculation. Express Polymer Letters*, v.11, p. 506–517, 2017b.
16. RIBEIRO, D. B., Determinação Das Condições Ótimas Do Processo De Coagulação/Floculação Para Tratamento De Efluente Sintético De Curtume. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, 2018.
17. ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. Introdução à química ambiental. - 2. Ed. Porto Alegre, Bookman editora, 2009.
18. SELBORNE, L. A ética do uso da água doce: um levantamento. Brasília: Unesco, 2001
19. TANAC. Manual prático para uso em estações de tratamento de águas de abastecimento. Montenegro, 2003.
20. VIEIRA, R. G. P.; RODRIGUES FILHO, G.; ASSUNÇÃO, R. M. N.; MEIRELES, C.S.; VIEIRA, J. G.; DE OLIVEIRA, G. S. *Synthesis and characterization of methylcellulose from sugar cane bagasse cellulose. Carbohydrate Polymers*, v. 67, p.182–189, 2007.