cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Estabelecimento dos mecanismos de coagulação no tratamento de água: análise comparativa entre os coagulantes sulfato de alumínio, Tanfloc SG e hemiceluloses catiônicas

Amanda B. Freitas[3]; Lara Rocha[1]; Lícia T. Campos[1]; Ana G. Tomé[2]; Miriam M. de Resende[1]; Sheila C. Canobre[1]; Fábio A. do Amaral[1]

(1) Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia
(2) Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia
(3) Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia

INTRODUÇÃO

O milho é uma das principais culturas do mundo e o Brasil é o 3º maior produtor (132 milhões de toneladas em 2023). Seu sabugo, resíduo lignocelulósico rico em hemicelulose (31–39%), pode ser valorizado na **biorrefinaria** e na economia circular. As **hemiceluloses catiônicas (HC)**, são alternativas aos coagulantes inorgânicos, mas seus mecanismos de atuação ainda são pouco discutidos. Este trabalho investigou os **mecanismos de coagulação** da HC do sabugo de milho, comparando-a ao **Tanfloc SG (TSG)** e ao **sulfato de alumínio (SA)**.



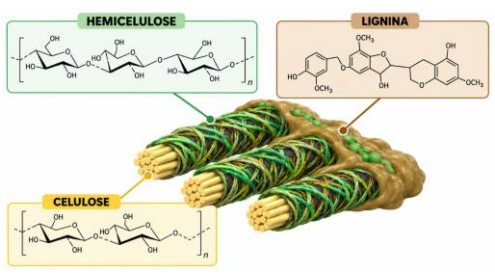


Figura 1. Milho e estrutura lignocelulósica do sabugo (celulose, hemicelulose e lignina). Adaptado de Tursi (2019).

OBJETIVOS

Geral: Avaliar, por ensaios de Jar Test, a eficiência das HC, do TSG e do SA no tratamento de água bruta e estabelecer seus mecanismos de coagulação.

Específicos:

- Extrair as hemiceluloses do sabugo pelo método *OxiOrganosolv* e sintetizar a HC;
- Construir os diagramas de coagulação (remoção de turbidez) dos três coagulantes;
- Avaliar o potencial zeta durante a coagulação para compreender a desestabilização coloidal.

METODOLOGIA

- **Obtenção da HC:** extração das frações poliméricas pelo processo de deslignificação OxiOrganosolv do sabugo (patente BR 10 2024 006492-5), com posterior síntese das hemiceluloses catiônicas.
- **Água bruta:** Rio Uberabinha (Uberlândia-MG); pH 7,03, turbidez 14,41 NTU e potencial zeta -25,98 mV.
- **Coagulantes:** HC, TSG e SA, em soluções de 0,1 e 0,5% (m/v).

Definição dos parâmetros físicos do *Jar Test.*

Etapa	Parâmetros Físicos	Valores
Mistura Rápida (Coagulação)	Gradiente de velocidade mistura rápida (G_{MR})	1.000 s^{-1}
	Tempo de mistura rápida (T_{MR})	1 min
Mistura lenta (Floculação)	Gradiente de velocidade floculação (G_{f1})	60 s^{-1}
	Tempo de floculação (T_{f1})	7 min
	Gradiente de velocidade floculação (G_{f2})	45 s^{-1}
	Tempo de floculação (T_{f2})	7 min
	Gradiente de velocidade floculação (G_{f3})	30 s^{-1}
	Tempo de floculação (T_{f3})	7 min
	Gradiente de velocidade floculação (G_{f4})	20 s^{-1}
	Tempo de floculação (T_{f4})	7 min
Sedimentação	Tempo de sedimentação 2	30 min

Definição dos ensaios de tratamento.

Dosagens (ppm)	pH
0,5	
2,5	
4,5	5
6,5	7
8,5	9
12,5	11
20,5	
30,5	
40,5	

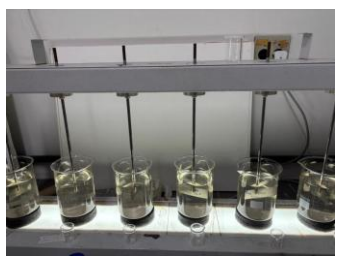


Figura 2. a) Foto ilustrativa do aparato de *Jar Test*.

Após a coagulação:

- Coleta da água após a coagulação e análise do potencial zeta;
- Construção de diagramas de coagulação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A **HC superou 75% de remoção de turbidez com apenas 2,5 a 10,5 ppm**, em todos os pHs avaliados; TSG e SA exigiram dosagens maiores para seus melhores desempenhos (Figura 3 e Tabela 1).

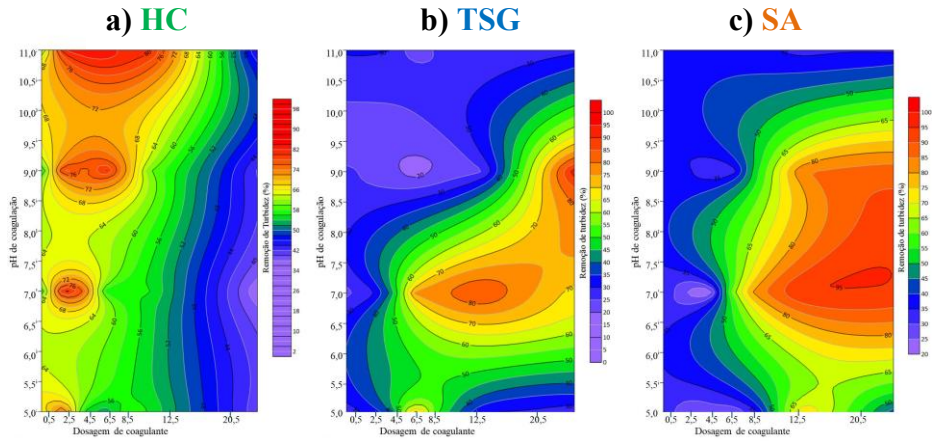


Figura 3. Diagramas de coagulação (**remoção de turbidez**, %) para dosagens de até 20,5 ppm para o coagulante: a) HC; b) TSG; c) SA.

Tabela 1. Condições otimizadas de **remoção de turbidez** e **potencial zeta** de cada coagulante aplicado no tratamento de água bruta.

Coagulante	pH	Dosagem (ppm)	Remoção de turbidez (%)	Zeta (mV)
HC	11	6,5	83,37	+2,24
TSG	9	20,5	92,61	−17,75
SA	7	12,5	94,71	−5,36

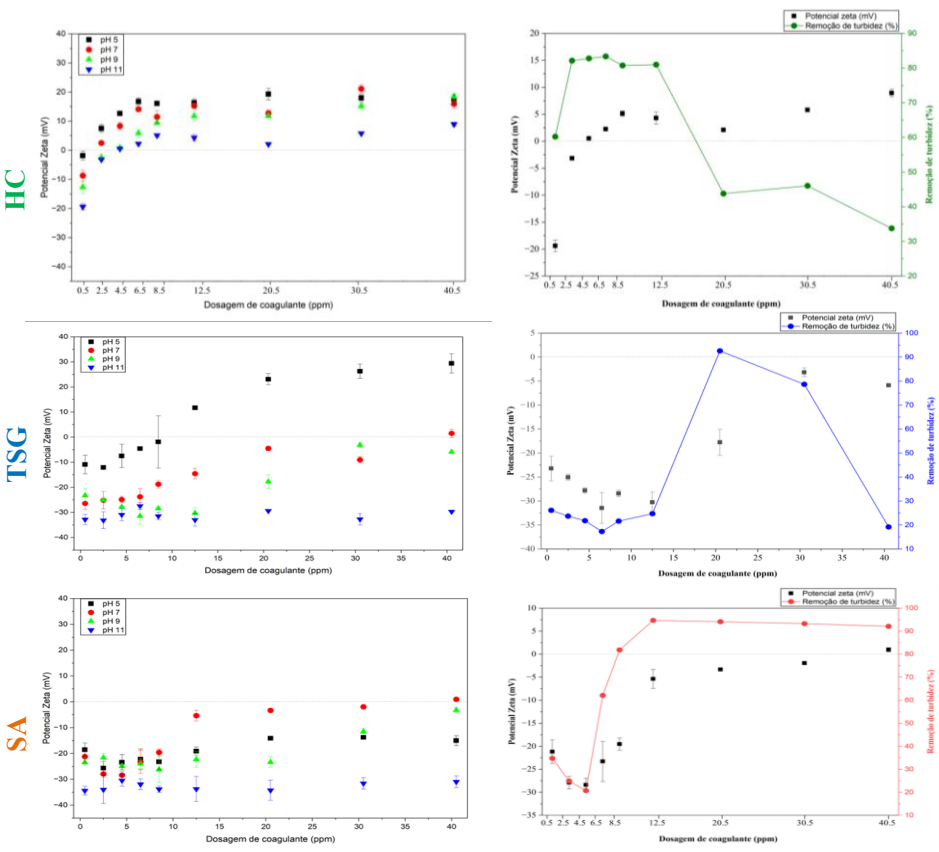


Figura 4. Variação de **potencial zeta (a,c,e) remoção de turbidez (b,d,f)** em função da dosagem para os coagulantes: (a,b) HC; (c,d) TSG; (e,f) SA.

CONCLUSÕES

- **Desempenho:** a HC removeu **83,37% da turbidez (pH 11; 6,5 ppm)**, valor próximo ao dos coagulantes comerciais (TSG 92,61%; SA 94,71%), com menores dosagens e atuação em todos os pHs estudados.
- **Mecanismos:** HC – adsorção e neutralização de cargas (com formação de pontes complementar); TSG – adsorção e formação de pontes; SA – varredura, com neutralização de cargas complementar em pH 7.
- **Sustentabilidade:** a HC é uma alternativa de baixo impacto ambiental: obtida de resíduo agroindustrial, biodegradável e com lodo livre de compostos inorgânicos.

REFERÊNCIAS E AGRADECIMENTOS

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2. ed. São Carlos: RiMa, 2005.

PACHECO, I. S. et al. Performance of cationic hemicelluloses arising from peanut shell residue from agroindustry in application as primary coagulant in physical-chemical treatment of dairy wastewater. **Journal of Water Process Engineering**, v. 47, p. 102661, 2022.

BHATTACHARJEE, S. DLS and zeta potential – What they are and what they are not? **Journal of Controlled Release**, v. 235, p. 337-351, 2016.

Pedido de Patente BR 10 2024 006492-5 (2024) – Etapas de deslignigficação pelo Método OxiOrganosolve.

Pedido de Patente BR 10 2026 026091 6 (2026) – Síntese de membrana catiônica á base de biopolímeros.

Agradecimentos: à FAPEMIG pelas bolsas e auxílios concedidos; ao CNPq, à PROPP-UFU, à UFU, ao RELAM-UFU, ao NUCBIO/UFU e ao LAETE/UFU.