

## APLICAÇÃO DO COAGULANTE NATURAL TANINO E DO COAGULANTE QUÍMICO SULFATO DE ALUMÍNIO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE CURTUME

EDILAINÉ R. PEREIRA<sup>1</sup>, GUSTAVO S. SOUZA<sup>2</sup>, THAIS PALEARÍ<sup>3</sup>, JOELMIR A. BORSSOI<sup>4</sup>  
JOSEANE D. P. THEODORO<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Engo Agrícola, Profa. Doutora Adjunto, Depto. de Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Londrina - PR, Fone: (0XX43) 31156100, edilainepereira@utfpr.edu.br.

<sup>2</sup> Engo Ambiental, UTFPR, Londrina - PR.

<sup>3</sup> Aluna Eng. Ambiental, UTFPR, Londrina - PR.

<sup>4</sup> Enga. Química, Prof. Doutora, Depto. de Ambiental, UTFPR, Londrina - PR.

<sup>5</sup> Matemática, Prof. Doutor, Depto. de Matemática, UTFPR, Londrina - PR.

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

**RESUMO:** As indústrias de curtimento de couro utilizam no seu processo grande quantidade de substâncias tóxicas e água, gerando conseqüentemente efluentes que possuem uma alta carga poluidora, com elevada DQO, cor, presença de sais dissolvidos e de muitos metais. O presente trabalho investigou a atuação do coagulante natural a base de tanino (Tanfloc) em comparação com o coagulante químico Sulfato de Alumínio no tratamento do efluente bruto do curtume, através dos processos físicos-químicos de coagulação, floculação e sedimentação, com o auxílio do jar-test. Foi avaliado a eficiência dos coagulantes em determinados parâmetros como cor, DQO, sólidos totais, fixos e voláteis. Os resultados mostraram que para o parâmetro cor foi observado que o coagulante natural Tanfloc teve uma maior eficiência em relação aos químicos, alcançando 56,92% de remoção, entretanto, o Sulfato de Alumínio foi mais eficiente na remoção de DQO com 94,73% de remoção e também na remoção de sólidos fixos e voláteis com uma eficiência maior que 74,79%. Desta forma, nota-se que o coagulante químico Sulfato de Alumínio obteve um êxito na maior parte dos parâmetros analisados em comparação aos coagulantes naturais, apesar destes demonstrarem eficiência no seu uso e aparecer como uma possibilidade de uso para diminuição dos impactos ambientais ocasionados pela aplicação deste produto na natureza.

**PALAVRAS-CHAVE:** coagulantes naturais, coagulantes químicos, tratamento de efluentes, curtume.

### COMPARISON OF NATURAL COAGULANT TANNIN AND COAGULANT CHEMICAL ALUMINUM SULFATE IN TANNING WASTEWATER TREATMENT

**ABSTRACT:** The leather tanning industries use, in their process, huge amount of toxic substances and water, producing, consequently, high polluting effluents with high DQO, color, besides the presence of dissolved salts and many metals. This paper investigated the natural tannin coagulant performance comparing to the chemical aluminum sulfate coagulant in the treatment of raw wastewater from tannery, through physical and chemical processes of coagulation, flocculation and sedimentation, with the help of the jar-test. It was evaluated the efficiency of the coagulants in parameters, as color, DQO, total solids, fixed and volatile solids. The results showed for color parameter that the natural tanfloc coagulant had a greater efficiency then the chemical ones, reaching 56,92% of removal, however, the aluminum sulfate was more efficient on the removal of DQO with 94,73% of removal, also, in the removal of fixed and volatile solids, with an efficiency higher than 74,79%. Thus, It was observed the chemical aluminum sulfate coagulant obtained success in the majority of parameters analyzed in comparison to the natural coagulants, thought natural coagulants are proving efficiency in its use and appears as a possible use to reduce environmental impacts caused by the application of this product in the nature.

**KEYWORDS:** natural coagulante, chemical coagulante, waste treatment, tannery.

**INTRODUÇÃO:** Nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, a origem da maior parte dos impactos ambientais gerados está no setor industrial. O setor industrial consome grande parte dos recursos naturais e também gera muitos tipos de resíduos que normalmente são lançados no meio ambiente, mais especificamente nos ecossistemas aquáticos, com ou até mesmo sem o adequado tratamento. Um dos processos produtivos que geram um considerável volume de efluentes líquidos é a indústria de curtimento de couro. Essas indústrias possuem um grande potencial poluidor, pois todo o processo produtivo de curtimento do couro consome uma grande quantidade de água, sendo que o consumo total médio atual do setor brasileiro está estimado em 25-30 m<sup>3</sup> de água / tonelada de pele salgada, cerca de 630 litros água / pele salgada, em média (PACHECO, 2005). Diante da problemática do tratamento e descarte inadequado de efluentes, que podem deixar a qualidade da água dos rios comprometida já que este é o local de destino dos efluentes tratados das indústrias, é necessário um tratamento eficiente nas estações da indústria. Uma alternativa atualmente muito estudada é a substituição dos coagulantes químicos utilizados no tratamento dos efluentes pelos coagulantes naturais, como forma de minimizar os impactos gerados e modificar a composição do lodo apresentado, fazendo com que haja propostas mais sustentáveis e eficientes. Diversos autores afirmam que os coagulantes naturais a base de tanino tem como uma das suas principais vantagens apresentar uma redução de contaminantes presentes no efluente tratado, pois não adiciona metais ao processo, além de um ótimo desempenho na clarificação de efluentes. Diante disso, o objetivo dessa pesquisa foi realizar uma aplicação comparativa da eficiência dos coagulantes naturais e dos químicos já utilizados na indústria para o tratamento do efluente de curtume.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O efluente utilizado neste trabalho pertence a Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) instalado na própria indústria de curtimento de couro. O efluente depois de coletado foi encaminhado para ensaio e análise experimental ao Laboratório de Saneamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - Campus Londrina, Paraná. Após serem definidas as concentrações de cada coagulante em um pré-ensaio, estes foram adicionados ao efluente e levados ao ensaio de coagulação/floculação/sedimentação utilizando o equipamento Jar-test. O Jar-test (Figura 1) é um equipamento que possui 6 recipientes graduados com capacidade de 2 litros cada, onde a velocidade da agitação das pás no interior de cada recipiente contendo o efluente é controlado por um painel digital.

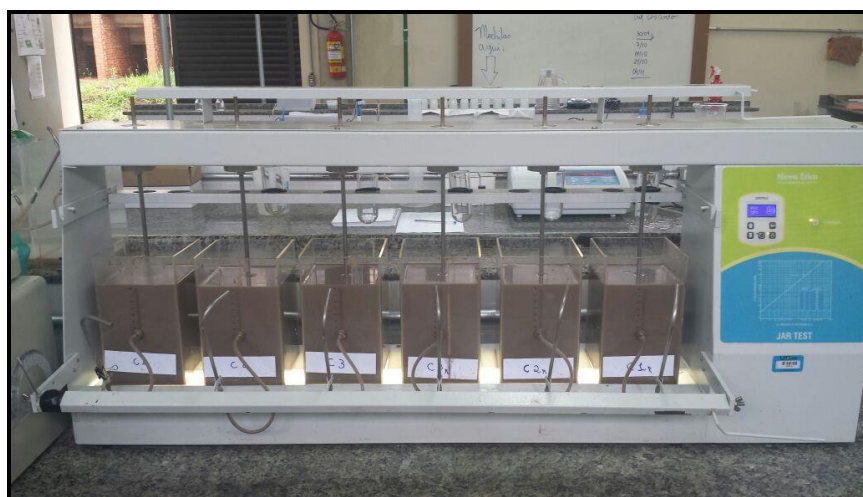


FIGURA 1. Equipamento utilizado para os testes de coagulação e floculação (Jar-test).

Foi adicionado a concentração dos coagulantes nos jarros contendo o efluente, e adotado inicialmente uma mistura rápida (coagulação), equivalente a 3 minutos com rotação de aproximadamente 100 rpm. Para a mistura lenta (floculação), a velocidade foi de 10 rpm e tempo de mistura em 10 minutos, seguindo de um tempo de sedimentação de 40 minutos durante o desenvolvimento dos experimentos, onde foram retiradas parcelas das amostras a cada 10 minutos do tempo de sedimentação, para serem

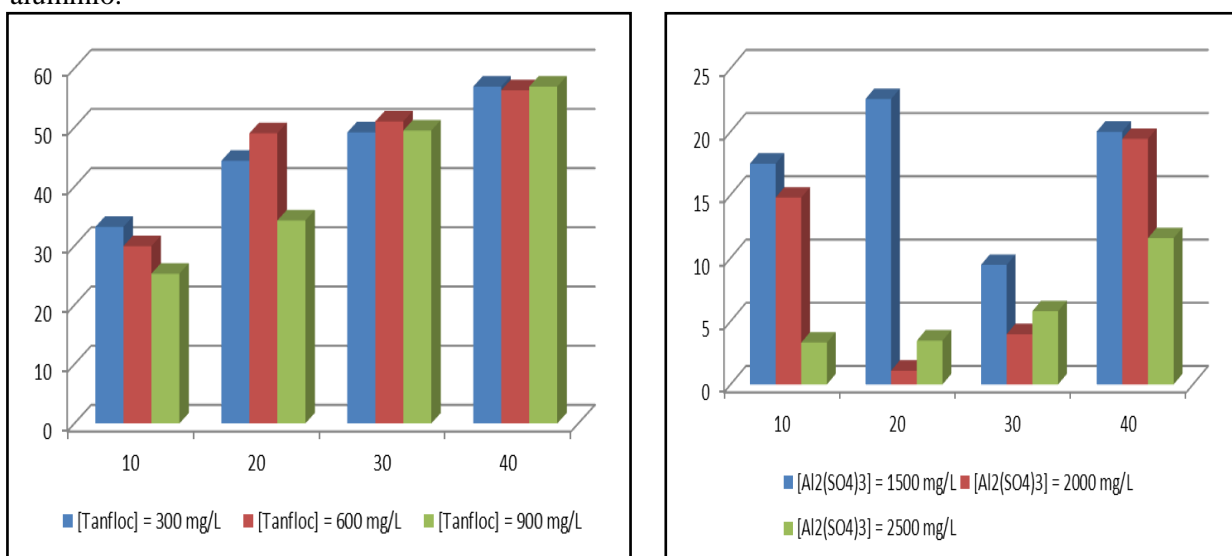
feitas análises dos parâmetros estabelecidos (THEODORO, 2012). A metodologia analítica para determinação dos parâmetros atenderam as especificações contidas no Standard Methods of Examination and Water and Wastewater (APHA, 2012) e foram analisados a cor aparente, a turbidez, a DQO e a série de sólidos. Através dos resultados obtidos, foram realizadas também análises estatísticas com o auxílio do programa estatístico SISVAR, através de um Delineamento Experimental Fatorial Duplo com duas repetições, comparando os resultados para todos os parâmetros pré estabelecidos.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A Tabela 1 e Figura 2 apresentam os resultados encontrados para tanfloc e sulfato de alumínio para as 3 concentrações pré estabelecidas nas 2 repetições do ensaio.

TABELA 1. Valores de remoção de cor para os coagulantes natural e químico.

Tanfloc	Tempo (min)	[Tanfloc] = 300 mg/L				[Tanfloc] = 600 mg/L				[Tanfloc] = 900 mg/L			
		R1	R2	Média	Remoção	R1	R2	Média	Remoção	R1	R2	Média	Remoção
Tanfloc	10	69300	60000	64650	33,21%	56100	79500	67800	29,96%	95700	48900	72300	25,31%
	20	55800	51900	53850	44,37%	48600	50100	49350	49,02%	82500	44700	63600	34,30%
	30	53400	45000	49200	49,17%	47100	47700	47400	51,03%	56700	41100	48900	49,48%
	40	40800	42600	41700	56,92%	43500	41100	42300	56,30%	43200	40200	41700	56,92%
Sulfato de Alumí	Tempo (min)	[Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ] = 1500 mg/L				[Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ] = 2000 mg/L				[Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ] = 2500 mg/L			
		R1	R2	Média	Remoção	R1	R2	Média	Remoção	R1	R2	Média	Remoção
Sulfato de Alumí	10	88800	71000	79900	17,46%	139800	82400	111100	14,77%	94400	105600	100000	3,31%
	20	123300	26600	74950	22,57%	113700	77800	95750	1,08%	101700	98600	100150	3,46%
	30	83800	128100	105950	9,45%	102000	99300	100650	3,98%	108300	96500	102400	5,79%
	40	141300	13600	77450	19,99%	114000	42000	78000	19,42%	105600	110400	108000	11,57%

FIGURA 2. Porcentagem de remoção do parâmetro cor para os coagulantes tanfloc e sulfato de alumínio.



Para o coagulante Tanfloc todas as concentrações utilizadas alcançaram uma remoção de cor onde a maior remoção obtida foi de 56,92%, para 300 mg/L e 900 mg/L, valor este atingido ao final de 40 minutos de ensaio. Ao analisar a eficiência do coagulante Sulfato de Alumínio para a remoção de cor, observa-se menores resultados de remoção, onde a maior remoção aconteceu no tempo de sedimentação igual a 40 minutos, utilizando a concentração de 2500 mg/L, atingindo uma remoção de 11,57%. Nota-se que a remoção do coagulante químico Sulfato de Alumínio foi inferior ao coagulante natural Tanfloc o que demonstra a viabilidade do coagulante natural Tanfloc para a remoção do parâmetro cor ao efluente em questão.

Na Tabela 2 observa-se que, para o coagulante Tanfloc, a melhor remoção de DQO foi de 74,79% na concentração de 600 mg/L. O Tanfloc apresentou uma boa remoção de DQO e pode ser considerado como um eficiente coagulante para remoção de tal parâmetro. Em relação ao coagulante químico

Sulfato de Alumínio, nota-se que ele obteve ótimos resultados para remoção de DQO ao final do processo. Pode-se inferir que o seu comportamento foi o de que quanto maior a concentração do coagulante, maior a remoção de DQO, pois o melhor resultado de porcentagem aconteceu na concentração de 2500 mg/L com 94,73% de remoção.

TABELA 2. Porcentagem de remoção de DQO para os coagulantes natural e químico.

Tanfloc	[Tanfloc] = 300 mg/L				[Tanfloc] = 600 mg/L				[Tanfloc] = 900 mg/L			
	R1	R2	Média	Remoção	R1	R2	Média	Remoção	R1	R2	Média	Remoção
	13,42038	39,29392	26,35715	66,99%	18,54627	21,71944	20,13286	74,79%	40,51437	21,71944	31,11691	61,03%
Sulfato	[Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ] = 1500 mg/L				[Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ] = 2000 mg/L				[Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ] = 2500 mg/L			
	R1	R2	Média	Remoção	R1	R2	Média	Remoção	R1	R2	Média	Remoção
	7,68655	4,879515	6,283033	92,13%	3,903155	6,71019	5,306673	93,35%	5,73383	2,682705	4,208268	94,73%

Para o parâmetro DQO, é possível inferir que os melhores resultados foram obtidos com os coagulantes químicos, sendo que atingiram valores maiores que 90% de remoção de DQO, já os coagulantes naturais, tanto a *Moringa oleífera* quanto o Tanfloc, não obtiveram valores maiores que 80% apresentando, no entanto, valores positivos de remoção deste parâmetro. Apesar dos coagulantes, principalmente o químico, apresentarem grande remoção, o efluente ainda não poderia ser lançado no corpo hídrico, pois não atende os padrões estabelecidos pela CEMA n<sup>o</sup> 70/ 2009 (CEMA, 2009) ultrapassando o valor limite para DQO, que é de 350 mg/L para curtumes.

A Tabela 3 e a Figura 3 representam os dados brutos do parâmetro série de sólidos para o coagulante natural Tanfloc e sulfato de alumínio e a porcentagem de remoção de sólidos, respectivamente.

TABELA 3. Valores reais para série de sólidos (sólidos totais, fixos e voláteis) para análise do coagulante tanfloc e sulfato de alumínio.

	Amostra	P1 (cadinho) (g)	P2 (105) (g)	P3 (550) (g)	ST (mg/L)		SF (mg/L)		SV (mg/L)	
Bruto	Bruto	88,8224	89,8087	89,4267	98630	98630	60430	60430	38200	38200
	Bruto	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tanfloc	TC1	89,1135	89,7601	89,5289	64660	64560	41540	41410	23120	23150
	TC1r	93,8058	94,4504	94,2186	64460	64560	41280	41410	23180	23150
	TC2	87,4445	87,9170	87,7579	47250	47380	31340	31645	15910	15735
	TC2r	90,2003	90,6754	90,5198	47510	47380	31950	31645	15560	15735
	TC3	90,0673	90,7624	90,5189	69510	66550	45160	44120	24350	22430
	TC3r	58,1294	58,7653	58,5602	63590	66550	43080	44120	20510	22430
Sulfato de Alumín	SC1	63,3246	63,5524	63,4846	22780	22910	16000	15970	6780	6940
	SC1r	62,5688	62,7992	62,7282	23040	22910	15940	15970	7100	6940
	SC2	61,0265	61,2583	61,1789	23180	22870	15240	15285	7940	7585
	SC2r	61,3634	61,5890	61,5167	22560	22870	15330	15285	7230	7585
	SC3	62,0222	62,2588	62,1840	23660	22855	16180	16170	7480	6685
	SC3r	92,5302	92,7507	92,6918	22050	22855	16160	16170	5890	6685

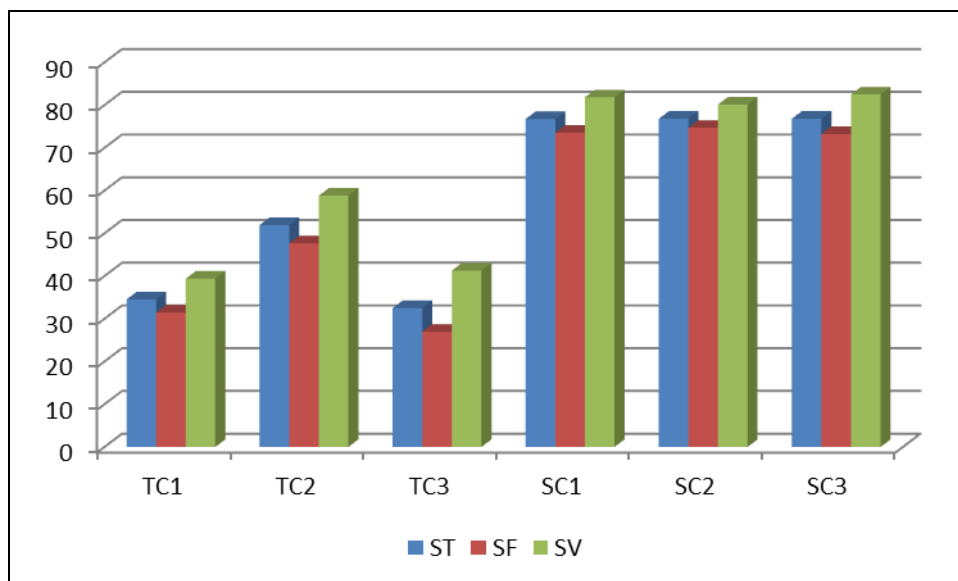


FIGURA 2 - Série de sólidos para os coagulantes Tanfloc e Sulfato de Alumínio, em valores absolutos. TC1 = Tanfloc 300 mg/L; TC2 = Tanfloc 600 mg/L; TC3 = Tanfloc 900 mg/L; SC1 = Sulfato de Alumínio 1500 mg/L; SC2 = Sulfato de Alumínio 2000 mg/L; SC3 = Sulfato de Alumínio 2500 mg/L.

Observa-se que a concentração intermediária de 600 mg/L foi a que melhor se comportou na remoção dos sólidos, alcançando uma remoção de 48% para os sólidos fixos e 59% para os sólidos voláteis. Ao observar o comportamento do coagulante químico Sulfato de Alumínio na remoção dos sólidos, nota-se que ele foi muito eficiente atingindo valores acima de 70% em todas as concentrações. A maior remoção de sólidos fixos foi de 75% e ocorreu na concentração intermediária de 2000 mg/L, já a maior remoção de sólidos voláteis foi de 83% e ocorreu na concentração de 2800 mg/L.

Para a análise estatística, foram utilizados apenas os dados do parâmetro cor. De acordo com a Tabela 4 os dados indicaram que para os quatro tempos de sedimentação o coagulante natural Tanfloc apresentou em todos os tempos de sedimentação médias estatisticamente diferentes e valores estatisticamente menores que o outro coagulante, comprovando assim a sua maior eficiência na remoção do parâmetro cor.

TABELA 4. Comparações de médias pelo teste de Tukey para a cor.

Tempo	Coagulante	Média	Tukey ( $\alpha=10\%$ )
1	SAlumínio	402,333	a
	Tanfloc	227,5	b
2	SAlumínio	357,333	a
	Tanfloc	185,333	b
3	SAlumínio	340,5	a
	Tanfloc	161,667	b
4	SAlumínio	354,5	a
	Tanfloc	139,667	b

**CONCLUSÕES:** Pode-se concluir deste trabalho que o coagulante natural Tanfloc obteve a maior remoção de cor em comparação ao coagulante químico sulfato de alumínio onde atingiu valores de 56,92% de remoção. Também apresentou porcentagens significativas de remoção de DQO, de sólidos fixos e voláteis, que ficaram em torno de 75%, 70% e 50%, respectivamente. Apesar disso, o sulfato de Alumínio foi mais eficiente na remoção de DQO com 94,73% e também na remoção de sólidos fixos e voláteis com uma eficiência maior que 74,79%. Apesar dos coagulantes, principalmente o químico, apresentarem grande remoção, o efluente ainda não poderia ser lançado no corpo hídrico, pois não atende os padrões estabelecidos pela CEMA nº 70/ 2009. Apesar do coagulante natural não ter apresentado uma maior eficiência de remoção de todos os parâmetros todos os tratamentos apresentaram remoção o que pode ser indicado para trabalhar em conjunto com o coagulante químico.

## **REFERÊNCIAS**

APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22 ed. Washington, 2012.

PACHECO, José W. F. Curtumes. São Paulo: CETESB, 2005.

THEODORO, J.. D. Estudo Dos Mecanismos de Coagulação/Floculação Para a Obtenção de Água de Abastecimento Para o Consumo Humano. 2012. 184f. Tese (Doutorado em Engenharia Química, área de desenvolvimento de processos) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.