

II-003 - TRATAMENTO DE EFLUENTE DE MATADOURO E FRIGORÍFICO DE SUÍNOS POR MEIO DE COAGULANTE ORGÂNICO

Fábio Orssatto ⁽¹⁾

Tecnólogo Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutor em Engenharia Agrícola pela Unioeste. Docente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – câmpus Medianeira.

Flavia Manente da Silva

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Medianeira. Bolsista no grupo PETAMB - Conexões de Saberes.

Gizélli Rubia Kasper Branco

Tecnóloga Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Medianeira .

Larissa Zorzin

Tecnóloga Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Medianeira .

Laercio Mantovani Frare

Engenheiro Químico pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Doutor em Engenharia Química pela UEM. Docente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – câmpus Medianeira.

Endereço⁽¹⁾: Av. Brasil, 4232 –Parque Independência - Medianeira - Paraná - CEP: 85884-000 - Brasil - Tel: +55 (45) 3240-8120 - e-mail: orssatto@utfpr.edu.br

RESUMO

Tendo em vista a crescente produção de efluentes nos processos agroindustriais, deve-se buscar incansavelmente meios alternativos para realizar o tratamento de tais resíduos, com o intuito de atenuar os impactos ambientais causados pelas atividades antrópicas. Dessa maneira o presente trabalho teve como principal objetivo avaliar a eficiência do tratamento físico-químico utilizando um coagulante natural, a base de tanino, para tratar efluentes de abatedouro e frigorífico de suínos. Para isso avaliou-se a adição de quantidades distintas de coagulantes, sendo que o ensaio foi realizado em jar-test com tempo de mistura rápida na etapa de coagulação de 30 segundos, seguido de 15 minutos de mistura lenta para a etapa de floculação e por fim mais 15 minutos em repouso para a sedimentação. Os parâmetros monitorados foram a remoção de matéria orgânica (DQO), cor e turbidez dos ensaios, obtendo-se resultados satisfatórios com taxas de remoção em torno 80,62; 95,39 e 99,50 %, respectivamente, sendo visualizadas no ensaio que recebeu 0,42 g.L⁻¹ de tanino.

PALAVRAS-CHAVE: Tanino, Tratamento físico-químico, Coagulação.

INTRODUÇÃO

A geração de efluentes industriais representa um problema ambiental de grandes proporções, de forma que o descarte inadequado dos mesmos pode provocar danos ao ecossistema de maneira geral. Existem diversas maneiras para realizar o tratamento de efluentes, como os processos físico-químicos, que tem como principal objetivo reduzir a concentração de sólidos suspensos e dissolvidos, clarificando-o.

A coagulação seguida da floculação e sedimentação é um exemplo de tratamento físico-químico. Na coagulação ocorre a desestabilização dos colóides devido à adição de agentes coagulantes, diminuindo a repulsão elétrica entre as partículas que passam a formar aglomerados. Na fase de floculação esses aglomerados se unem, formando então os flocos, que por possuírem maior massa sedimentam devido à força da gravidade.

Pedroso et al. (2012) argumentam que os sais de alumínio acrescentam resíduos de elementos químicos ao efluente ou lodo durante o tratamento, isso se deve a sua natureza inorgânica não biodegradável, dificultando o manuseio do lodo gerado. Uma alternativa para minimizar tais impactos é a utilização de coagulantes orgânicos, como os taninos.

Taninos são caracterizados como moléculas fenólicas biodegradáveis com capacidade de formar complexos estáveis com proteínas, íons e minerais. Extraídos de espécies vegetais como a Acácia Negra (*Acacia mearnsii*) são capazes de desestabilizar os colóides, dando início ao processo de coagulação e floculação, e dessa forma podem ser empregados no tratamento de efluentes. (SKORONSKI, et al., 2014)

São metabólitos secundários de plantas e podem ocorrer em cascas, folhas e frutas (THEODORO, et al. 2013). Quimicamente eles podem ser classificados em dois grupos: hidrolisáveis e condensados, porém devido à complexidade dos compostos não há um método de separação adequado, sendo assim utiliza-se na maioria das vezes, uma mistura de taninos hidrolisáveis e condensados (BELTRÁN-HEREDIA, et al., 2011).

Para o tratamento de águas e efluentes os taninos podem ser utilizados de duas formas: gelificados, quando o composto é imobilizado em uma matriz insolúvel formando um eficiente adsorvente; ou cationizados, que ocorre quando os taninos são submetidos a uma série de reações químicas, conferindo ao composto caráter catiônico, dessa maneira adquirem características coagulantes, uma vez que as cargas positivas atuam desestabilizando colóides (BELTRÁN-HEREDIA, et al., 2011).

Tamogami, et al. (2014) utilizaram efluente de curtume para avaliar a eficiência da aplicação de coagulante a base de tanino na remoção de cor, turbidez e DQO. As concentrações de coagulante variaram entre 0,6 e 3,6 g.L⁻¹, sendo que as maiores remoções foram de quase 100% para cor e turbidez, na faixa 1,2 a 2,4 g.L⁻¹ de tanino, para a DQO a maior remoção foi de 50% com adição entre 1,2 e 1,8 g.L⁻¹ de tanino.

Lucyk et al. (2015) compararam a ação do tanino SG e SL, sulfato de alumínio e quitosana na remoção de cor e turbidez de efluente de abatedor de aves. Encontrando que tanto o tanino SG quanto o SL obtiveram as maiores remoções na concentração de 100 mg.L⁻¹, sendo que para a cor removeu-se 84,67 e 81,00% e para turbidez 94,33 e 92,33%, respectivamente.

Aboulhassan et al. (2016) estudaram o efeito de coagulante a base de tanino, cloreto férrico e sulfato de alumínio no tratamento de água residuária da fabricação de tintas, concluindo que o coagulante orgânico apresentou melhor remoção de DQO, em torno de 87%.

Blanco et al. (2016) compararam a eficiência entre coagulante a base de tanino e sulfato de alumínio utilizando água de um corpo hídrico. Para isso adicionaram concentrações de 0, 10, 15 e 20 mg.L⁻¹ de tanino e sulfato de alumínio, encontrando remoção máxima da turbidez de 83,9% com adição de 10 mg.L⁻¹ de tanino e de 50% com a adição de 15 mg.L⁻¹ de sulfato de alumínio.

Costa (2016) empregou o coagulante tanino SG no tratamento de efluente de abatedouro avícola e comparou sua eficiência com sulfato de alumínio com relação a remoção de cor, turbidez e DQO. A maior remoção da cor de 98,04% com adição de 75 mg.L⁻¹ de tanino SG, enquanto que a maior remoção com sulfato de alumínio foi de 95,27% com a adição de 125 mg.L⁻¹. A remoção da turbidez variou de 97,18 a 98,75% para o tanino SG, já para o sulfato de alumínio os valores ficaram entre 93,06 e 98,02%. Para a remoção da DQO com a adição de tanino os valores variaram entre 61,01 e 80,90%, e para o sulfato de alumínio os valores foram de 37,40 a 72,61%.

OBJETIVOS

Tendo em vista a necessidade em encontrar métodos para tratar águas residuárias que causem menor impacto ambiental o principal objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência do coagulante a base de tanino no tratamento físico-químico de efluente oriundo de abatedor e frigorífico de suínos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Coleta do Efluente

O efluente utilizado na realização dos testes é oriundo de um frigorífico e abatedouro de suínos, localizado na região oeste do Paraná. A referida indústria abate em torno de 6.500 animais por dia, resultando na produção diária de aproximadamente 5.200 m³ de efluente. O sistema de tratamento é composto de operações físicas, como peneiramento e caixa de gordura, com objetivo de remover sólidos grosseiros, óleos e graxas, seguido de tratamento biológico realizado em lagoas de tratamento, visando a remoção de matéria orgânica, conforme a Figura 1. O efluente foi coletado após o tratamento físico, na saída das caixas coletoras de gordura e caracterizado de acordo com os parâmetros apresentados na Tabela 1.

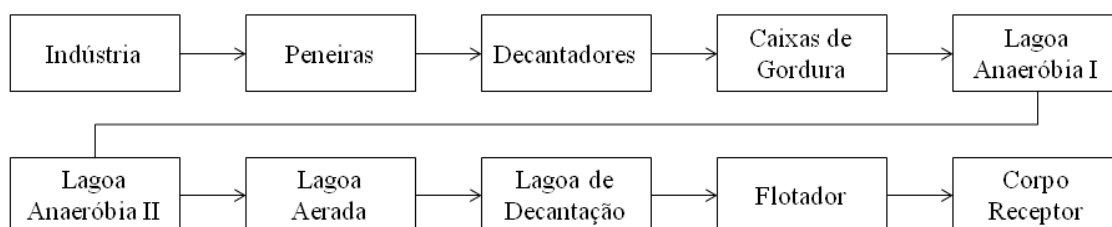


Figura 1. Fluxograma do processo de tratamento do efluente na indústria

Tabela 1. Parâmetros analisados para a caracterização do efluente bruto

PARÂMETRO	UNIDADE	MÉTODO	PROTOCOLO APHA (2005)
pH	-	Potenciométrico	4500 – H ⁺ B
Turbidez	UNT	Nefelométrico	2130 B
Cor	UC	Espectrométrico	2120 B
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	mg.L ⁻¹	Colométrico de Refluxo Fechado	5220 D

Tratamento do Efluente

Para simular as condições de agitação empregadas nos tratamentos de coagulação e floculação, utilizou-se o jar test com seis jarros, com tempo de mistura rápida durante a coagulação de 30 segundos, seguidos de agitação lenta por 15 minutos para que ocorresse a floculação e por fim, 15 minutos para a sedimentação dos flocos formados. Como agente coagulante, empregou-se um derivado do tanino, que pode ser classificado como um polímero catiônico de baixo peso molecular, com densidade 1,053 g. mL⁻¹, sendo este de origem completamente natural.

Delineamento Inteiramente Casualizado – (DIC)

Tido como o mais simples delineamento experimental, foi adotado devido ao fato de apenas uma variável ter sido empregada nos ensaios, a quantidade de coagulante adicionada. Foram adotadas seis dosagens de coagulante, conforme a Tabela 2, adicionadas em 500 mL do efluente e submetidas ao tratamento físico-químico, sendo o experimento realizado em triplicata. Para a análise estatística aplicaram-se a ANOVA e o Teste Tukey com 95% de confiança.

Tabela 2. Quantidade de coagulante adicionada em cada ensaio

TRATAMENTOS	COAGULANTE (mL)	CONCENTRAÇÃO ($\text{g}_{\text{coagulante}} \cdot \text{L}^{-1} \text{ efluente}$)
T1	0,2	0,42
T2	0,3	0,63
T3	0,4	0,84
T4	0,5	1,05
T5	0,6	1,26
T7	0,7	1,47

Parâmetros físico-químicos analisados

Com o intuito de avaliar a eficiência dos tratamentos adotados analisou-se a remoção da cor, turbidez e matéria orgânica, mensurada indiretamente através da demanda química de oxigênio (DQO). As metodologias utilizadas foram as mesmas adotadas para a caracterização do efluente bruto e podem ser encontradas na Tabela 1.

RESULTADOS

Caracterização de efluente bruto

Na Tabela 3 pode-se observar os valores encontrados na caracterização do efluente bruto. A alta concentração de cor, DQO e turbidez indicam a necessidade da realização de tratamento prévio para o descarte, porém descartando a correção de pH, devido ao seu valor situar-se próximo da faixa de neutralidade.

Tabela 3. Caracterização do efluente bruto

PARÂMETRO	pH	DQO ($\text{mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$)	Cor (UC)	Turbidez (UNT)
VALOR	6,46	4118,08	1795,00	273,50

Remoção dos Parâmetros

Analisando a porcentagem de remoção encontrada em cada tratamento, que pode ser visualizada na Figura 2, percebe-se que a maioria dos valores foi elevado, com taxas superiores a 60%. Fica evidente que as maiores remoções, 80,62% para DQO, 95,39% para cor e 99,50% para turbidez foram visualizadas no tratamento T1, onde adicionou-se a menor quantidade de coagulante, $0,42 \text{ g}_{\text{coagulante}} \cdot \text{L}^{-1}$.

Analisando o comportamento das linhas de remoção no gráfico é possível notar que o comportamento das taxas de remoção para cor e turbidez foi similar, de maneira que o aumento da quantidade de coagulante causou um decréscimo nas remoções.

Enquanto que para a DQO as remoções foram similares em todos os ensaios. O fato de o coagulante ter origem orgânica e sofrer o processo de oxidação química, juntamente com a matéria orgânica própria do efluente, pode ter causado este comportamento. Levando em conta que a diminuição dos valores de turbidez está relacionada com a redução de matéria orgânica, devido a presença de sólidos em suspensão, e que as taxas de remoção da turbidez foram elevadas, pode –se deduzir que a houve alguma interferência na quantificação da DQO.

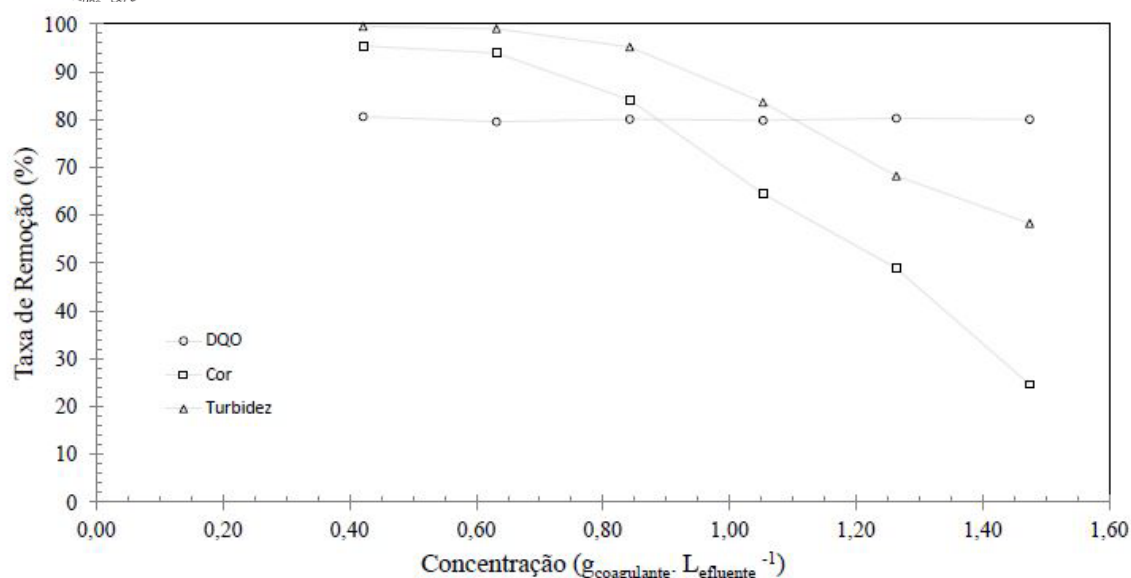


Figura 2. Gráfico de remoção para DQO, cor e turbidez

Cor

De acordo com a Tabela 3, que traz os resultados estatísticos da ANOVA, o p-valor calculado é menor que 0,05 indicando que houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos, e que ao menos um tratamento se destacou na remoção média da cor.

Para analisar e comparar qual dos ensaios obteve melhor desempenho pode-se utilizar testes estatísticos. O Teste de Tukey compara as médias de dois tratamentos e mostra se há diferença significativa entre as mesmas. Analisando a Tabela 4 percebe-se que os ensaios A, B e C não obtiveram diferenças significativas, pois ambos estão indicados pela letra “d”. Os pares C-D e D-E apresentam semelhanças entre si, e o ensaio F foi discrepante aos demais.

Tabela 3. ANOVA para a remoção da cor

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F Calculado	p-valor
Tratamentos	5	3807835	761567	36,288	7,699x10 ⁻⁰⁷
Resíduo	12	251842	20987		
Total	17	4059677			

Tabela 4. Teste Tukey para cor

Tratamento	Médias (UC)	Comparações
F	1353,333	a
E	916,667	b
D	637,667	bc
C	284,667	cd
B	109,333	d
A	82,667	d

Turbidez

Para a remoção da turbidez a análise estatística demonstrou que o p-valor calculado é inferior a 0,05, que pode ser visto na Tabela 5, indicando que houve diferenças significativas entre as médias dos tratamentos ao nível de 95% de confiança, e dessa maneira é necessário decidir qual dos tratamentos apresentou melhor eficiência.

Levando em conta os resultados da ANOVA aplicou-se o Teste Tukey para realizar a comparação das médias, sendo que os resultados podem ser encontrados na Tabela 6, determinando que os ensaios A, B e C não apresentam diferenças estatísticas significativas. De maneira análoga os pares de ensaios C-D e E-F são similares entre si.

Tabela 5. ANOVA para turbidez

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F Calculado	p-valor
Tratamentos	5	33657	6731,4	29,844	2,259x10 ⁻⁰⁶
Resíduo	12	2707	225,6		
Total	17				

Tabela 6. Teste Tukey para turbidez

Tratamento	Médias (UNT)	Comparações
F	114	a
E	86,96667	a
D	44,8	b
C	13,19333	bc
B	2,71	c
A	1,356667	c

Demanda Química de Oxigênio

Analisando as porcentagens de remoção da DQO mostradas na Figura 2, percebe-se que os valores encontrados são próximos, indicando que a remoção do parâmetro não sofreu influência significativa do tratamento adotado. Tal suspeita é confirmada ao observar-se a Tabela 7, que traz os resultados da análise de variância. Nota-se que o p-valor encontrado foi superior a 0,05, ou seja, não houve diferença estatística considerável entre as médias de DQO para cada tratamento.

Tabela 7. Análise estatística para DQO

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F Calculado	p-valor
Tratamentos	5	3439	688	0,28	0,9154
Resíduo	12	29512	2459		
Total	17				

Pode-se inferir que, neste caso, a remoção de matéria orgânica não possui uma relação com a quantidade de coagulante adicionada, dessa maneira independente da concentração de coagulante adotada, a porcentagem de remoção poderia ser considerada como a ideal. Além disso, o fato do p-valor ter sido superior a 0,05 dispensa o Teste de Tukey, uma vez que este resultado já indica que não houve nenhuma diferença entre as médias.

CONCLUSÕES

Levando em conta os resultados encontrados no presente trabalho pode-se chegar as conclusões de que o tanino, empregado como coagulante, é eficiente para o tratamento de efluente oriundo de processos industriais do beneficiamento de carne suína. Além disso, a concentração de coagulante natural que obteve o melhor desempenho na remoção dos parâmetros corresponde a 0,42 g_{coagulante}·L⁻¹ obtendo-se taxas de remoção de DQO, cor e turbidez de 80,62; 95,39 e 99,50 %, respectivamente. Esses resultados demonstram ser necessário pequenas quantidades de tanino para obtenção de altos índices de remoção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABOULHASSAN, M. A.; SOUABI, S.; YAACOUBI, A.; BAUDU, M.; Coagulation efficacy of a tannin coagulant agent compared to metal salts for a paint manufacturing wastewater treatment; Desalination and Water Treatment, v.57 ed. 41, jan – 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1101016>> acessado em 31 de dezembro de 2017
2. BELTRÁN-HEREDIA, J.; SÁNCHEZ-MARTÍN, J.; DÁVILA-ACEDO, M. A.; Optimization of the synthesis of a nem coagulant from a tannin extract; Journal of Hazardous Materials, v. 186, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.12.075>> acessado em 02 de maio de 2018
3. BLANCO, L. M.; MINHONI, R. T. de A.; COSTA, G. H. G.; Extrato de Acácia Negra no tratamento primário de água fluvial; Environmental Science: Water Research e Technology, v. 1 ed. 1, 2016.
4. COSTA, J. C. da; Uso do coagulante orgânico tanino no tratamento de efluente de abatedouro avícola, 2016, 30f., Trabalho de Conclusão de curso (graduação), Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2016.
5. LUCYK, N.; HERMES, E.; SILVA, R. P. da; PUJARRA, S.; SIMIONI, R. J.; ZENATTI, D. C.; Uso de coagulantes naturais no tratamento de coagulação/floculação de efluente proveniente de abatedouro de aves. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 4, n. esp, p. 576-587, dezembro de 2015. Disponível em <http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/3396/2441> acessado em 05 de janeiro de 2017
6. PEDROSO, K.; TAVARES, C. R. G.; JANEIRO, V.; SILVA, T. L.; DIAS, P. Z.; Avaliação do tratamento do lixiviado do aterro sanitário de maringá, paraná, por processo de coagulação/floculação com Tanfloc SG. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 4, n. 2, ago-2012, p. 87-98. Disponível em: <<http://revistaret.com.br/ojs-2.2.3/index.php/ret/article/viewFile/126/150>> acesso em 09 de janeiro de 2017
7. SKORONSKI, E.; NIERO, B.; FERNANDES, M.; ALVES, M. V.; TREVISAN, V.; Estudo da aplicação de tanino no tratamento de água para abastecimento captada no rio Tubarão, na cidade de Tubarão, SC. Revista Ambiente e Água, v. 9, n. 4, out/dez – 2014, p. 679-687, ISSN 1980-993X. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1303>> acessado em 10 de janeiro de 2017
8. TAMOGAMI, C.; RIZK, M. C.; ALMEIDA, T. S. de; Avaliação do uso de tanino em pH neutro no tratamento de efluente de curtume; Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 10 ed. 1. 2014.
9. THEODORO, J. D. P.; LENZ, G. F.; ZARA, R. F.; BERGAMASCO, R.; Coagulants and natural polymers: perspectives for thr treatment of water; Plastic and Polymer Technology, v. 2 ed. 3. Set-2013. Disponível em: <<https://ia800603.us.archive.org/7/items/PAPT014/PAPT014.pdf>> acessado em 02 de maio de 2018