

## Potencialidade do Tanino no tratamento de efluente gerado em posto de gasolina analisado por DCCR

### Potentiality of Tanine in the treatment of effluent generated in gas station analyzed by CCRD

DOI:10.34117/bjdv7n4-064

Recebimento dos originais: 19/03/2021

Aceitação para publicação: 04/04/2021

#### **Danielle Martins Cassiano de Oliveira**

Mestrado em Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
campus Londrina  
Avenida dos Pioneiros, 3131, Morumbi, Londrina - PR, Brasil  
E-mail:danielle.mcassiano@gmail.com

#### **Edilaine Regina Pereira**

Doutora em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros -  
ESALQ/USP  
Docente do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná - campus Londrina  
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Avenida dos Pioneiros, 3131, Morumbi, Londrina - PR, Brasil  
E-mail:edilainepereira@utfpr.edu.br

#### **George Mitsuo Yada Junior**

Mestrado em Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná –  
campus Londrina.  
Avenida dos Pioneiros, 3131, Morumbi, Londrina - PR, Brasil  
E-mail:georgeyadajunior@hotmail.com

#### **Ricardo Nagamine Costanzi**

Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola Politécnica de São Paulo / USP  
Docente do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná - campus Londrina  
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Avenida dos Pioneiros, 3131, Morumbi, Londrina - PR, Brasil  
E-mail:ricardocostanzi@utfpr.edu.br

#### **RESUMO**

O aumento dos problemas relacionados à escassez da água reforça a alternativa de seu reúso. O tratamento de efluentes gerados em postos de lavagem de veículos pode ser um meio eficaz para a sua reutilização. Esta pesquisa procurou testar o coagulante orgânico Tanino quanto a sua eficácia no ensaio de coagulação/floculação/sedimentação. Utilizou-se um Planejamento experimental de delineamento composto central rotacional (DCCR) para determinar as condições ótimas de melhores remoções de cor aparente, turbidez,

DQO, assim como para avaliação do pH. As variáveis independentes escolhidas para a aplicação do método foram a concentração e o tempo. As concentrações foram testadas quanto a faixa de coagulação/floculação buscando escolher o intervalo a ser inserido no método do DCCR. Através do DCCR foram especificados as concentrações e os tempos utilizados no ensaio onde optou-se pelo intervalo de 100 a 400 mg L<sup>-1</sup>. O Tanino foi considerado com grande eficiência onde apresentou a melhor clarificação do efluente com remoção de cor aparente de 93,45% e de turbidez de 97,82%, o que propicia uma boa recirculação do efluente para a lavagem de postos e melhor aceitação por parte dos consumidores. Os modelos matemáticos gerados em sua grande maioria apresentaram-se de forma significativa podendo o uso do Tanino em tratamento de efluente de posto de combustível ser uma alternativa de utilização para se efetuar o reuso deste composto.

**Palavras chaves:** Coagulante orgânico, Tanino, tratamento de efluente, DCCR.

### ABSTRACT

The increase of problems related to water scarcity reinforces the alternative of its reuse. The wastewater treatment generated in vehicle wash stations can be an effective method of reusing water. This research looked to test the tannin organic coagulant for its effectiveness in the coagulation / flocculation / sedimentation test. For the experimental planning, a central composite rotatable design (CCRD) was used to determine the optimal conditions for better removals of apparent color, turbidity, COD, as well as for pH evaluation. The independent variables chosen for the method application were concentration and time. The concentrations were tested for the coagulation / flocculation range to choose the interval to be inserted in the CCRD method. Through the CCRD, the concentrations and times used in the test were specified, and then the range of 100 to 400 mg.L<sup>-1</sup> was chosen. The Tannin efficiency result was considered a great and it presented the best clarification of the effluent with 93.45% removal of apparent color and 97.82% turbidity removal. Those results provides a good recirculation of the effluent for washing stations and better acceptance by consumers. The effects and significance of the mathematical models in the great majority were presented in a significant way. The use of Tannin in the treatment of effluent of gas station can be an alternative of reuse of this effluent.

**Keywords:** organic coagulante, tanine, wastewater treatment, CCRD.

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento da demanda de recursos hídricos é causado pelo crescimento da população. Esta elevada demanda aliada à má gestão hídrica pode provocar um esgotamento dos recursos hídricos. A falta deste recurso tem ganhado a atenção das autoridades e imposto aos consumidores o uso restrito.

Um significativo problema relacionado aos corpos hídricos é o despejo irregular de efluentes tratados com ineficiência ou com nenhum tratamento, o que acarreta na poluição dos mananciais. O reuso da água pode amenizar o impacto negativo sobre os mananciais. Quando os sistemas de reuso são planejados e administrados de forma

adequada trazem benefícios ambientais e de saúde como a preservação de recursos subterrâneos, permite a conservação do solo e aumenta a resistência a erosão, contribui para o aumento da produção de alimentos elevando os níveis de saúde, qualidade de vida e condições sociais de populações associadas aos esquemas de reúso.

Devido ao cenário de crise hídrica, a atividade de lavagem de veículos recebe inúmeras críticas, por se tratar de uma atividade que gera um grande desperdício de água. No Brasil, de acordo com Leão et al. (2011) cerca de 32.700 postos de lavagem consomem 3,7 milhões de m<sup>3</sup> mês<sup>-1</sup>, o equivalente ao consumo mensal de uma cidade de 600 mil habitantes. Além disso, são utilizadas águas de abastecimento público, ou mesmo de poços artesianos, e em muitos casos não ocorre a correta destinação para o efluente gerado.

O tratamento dos efluentes gerados nos postos de lavagem de veículos torna-se necessário para que esse efluente possa ser reutilizado. Texeira (2003) cita que o efluente é caracterizado por conter quantidades significativas de óleos e graxas, sólidos em suspensão, metais pesados, surfactantes e substâncias orgânicas. O tratamento convencional utiliza coagulantes químicos como o sulfato de alumínio. Porém, existem também os coagulantes orgânicos como os a base de tanino (Tanfloc SG), um polímero catiônico que realiza a coagulação através de pontes, gerando um resíduo biodegradável, por isso são mais desejáveis, pois não causam impactos negativos ao meio ambiente.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 OBJETIVO**

Esta pesquisa tem o objetivo avaliar a eficiência do tratamento dos efluentes gerados a partir da lavagem de posto de combustível com o uso do coagulante orgânico Tanino (Tanfloc SG) através do auxílio da estratégia experimental de delineamento composto central rotacional (DCCR).

### **2.2 METODOLOGIA**

O experimento foi realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Campus Londrina, no Laboratório de Recursos Hídricos. O efluente utilizado para o experimento foi a água residuária de um posto de combustível que mantém a prática de lavagem de veículos localizado na cidade de Londrina-PR. O efluente foi retirado do cano de entrada da caixa separadora de água e óleo.

Para o tratamento da água da lavagem dos veículos foram utilizados o coagulante orgânico tanino (marca comercial Tanfloc SG). Um pré-ensaio foi realizado com a finalidade de determinar o intervalo das concentrações dos dois coagulantes, para que os mesmos fossem aplicados no planejamento experimental Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR).

O produto Tanino foi fornecido em sua forma líquida, na qual necessita de preparo para ser utilizado como coagulante. Pesou-se 10 mg de Tanino, em seguida este foi diluído em balão volumétrico de 1 L (Tanino 1%), resultando na concentração de 10 mg L<sup>-1</sup>. Relevante destacar que as condições de dosagem adotadas para o Tanino foram escolhidas com base em estudos realizados por Franco (2009) e Coral et al. (2009).

O intervalo definido para inserir as concentrações no planejamento do DCCR variaram de 100mgL<sup>-1</sup> a 400 mgL<sup>-1</sup>. A metodologia do ensaio foi realizada por meio da estratégia experimental de delineamento composto central rotacional (DCCR). Este procedimento visa reduzir o número de experiências ou repetições e melhora a qualidade da informação obtida através dos resultados. Para tanto, foram escolhidas como variáveis independentes a concentração dos coagulantes em mgL<sup>-1</sup> e o tempo de sedimentação em minutos, incluindo 4 ensaios nas condições axiais e 3 repetições no ponto central, que totalizam 11 ensaios.

A Tabela 1 mostra a organização dos ensaios nas concentrações definidas para cada coagulante na forma codificado e com os valores reais.

Tabela 1- Valores codificados e valores reais utilizados no ensaio.

TANINO				
Valores Codificados			Valores reais	
Ensaio	Concentração	Tempo	Concentração (mg L <sup>-1</sup> )	Tempo (min)
1	-1	-1	100	11
2	1	-1	143,6	4,52
3	-1	1	143,6	17,4
4	1	1	250	2
5	-1,41	0	250	11
6	1,41	0	250	11
7	0	-1,41	250	11
8	0	1,41	250	20
9	0	0	356,4	4,52
10	0	0	356,4	17,4
11	0	0	400	11

Foram realizados ensaios de coagulação/floculação/sedimentação em equipamento Jar-test. A primeira agitação no jar-test após a adição de cada coagulante foi de 200 rpm por 15 segundos para sua completa homogeneização, em seguida a rotação foi reduzida para 100 rpm deixando por um período de 3 minutos para dar início ao processo de coagulação e finalmente a rotação foi reduzida a 15 rpm permanecendo nessa rotação por 10 minutos, período necessário para que ocorresse a floculação.

Após o período de formação dos flocos iniciou-se o processo de sedimentação com o desligamento do aparelho e amostras foram coletadas de acordo com o tempo determinado na Tabela 1. Assim, foram realizadas análises de cor aparente, turbidez, pH e DQO e amostras coletadas durante todo experimento foram submetidas às análises de acordo com APHA (2012).

### 2.3 RESULTADOS

O efluente bruto foi caracterizado obtendo-se os seguintes resultados: cor aparente 1330 mgPtCoL<sup>-1</sup>; turbidez 275NTU; DQO 5938,76 mgL<sup>-1</sup> e pH 5,81. As Figuras 1a e 1b mostram os resultados de cor aparente e turbidez ao final do ensaio, respectivamente, de acordo com o DCCR.

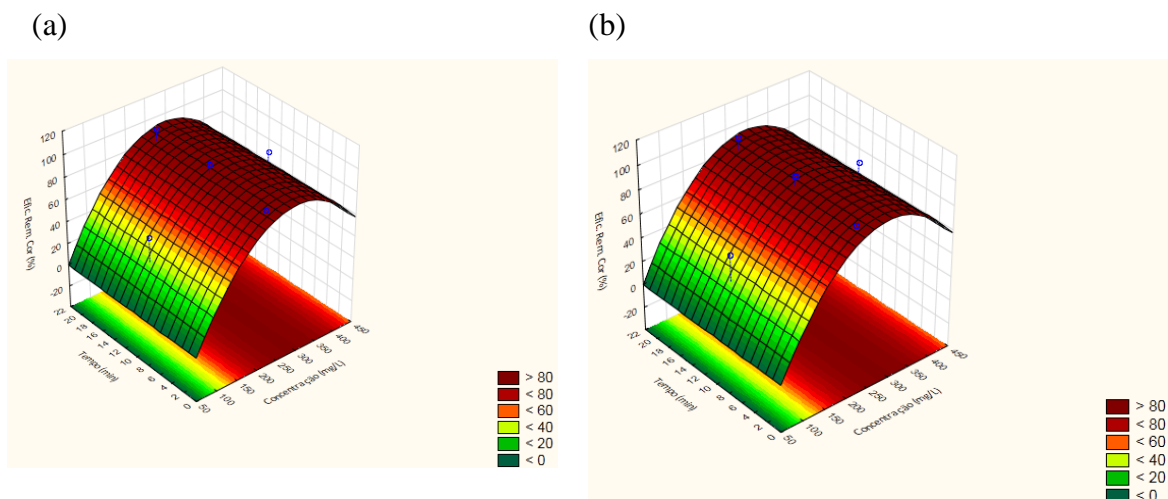


Figura 1- Superfície de resposta para a variável resposta eficiência de (a) remoção de cor aparente e (b) remoção de turbidez (%) com os fatores ajustados.

A cor aparente com o uso do Tanino como coagulante apresentou maiores porcentagens de remoção nas concentrações do ponto central como é apresentado pela Figura 1. O maior índice de remoção ocorreu na concentração de 250 mgL<sup>-1</sup> aos 20 minutos de sedimentação, no qual a porcentagem de cor aparente removida alcançou 93%. Para efluente de galvanoplastia, Vaz et al. (2010) utilizaram Tanfloc SG na

concentração de 400 mgL<sup>-1</sup> coletado no tempo de 50 minutos e encontraram uma remoção de cor aparente de 97%, valor ligeiramente maior, porém condizente com esta pesquisa.

A turbidez apresentada com o tratamento do coagulante chegou a índices de remoção de 98%. Este foi alcançado na concentração de 250 mgL<sup>-1</sup> aos 20 minutos. Semelhante à cor aparente os maiores pontos de remoção ocorreram nos pontos centrais.

Nos pontos centrais a turbidez variou de 12 a 6 NTU para a concentração de 250 mgL<sup>-1</sup> aos 11 e 20 minutos. Heredia et al. (2010) utilizou um extrato de tanino (Clarotan) para tratar uma simulação de efluentes têxteis, também alcançando elevadas remoções de turbidez com uma concentração testada de 100 mgL<sup>-1</sup> com remoções de cerca de 80%.

A legislação da SEMA Estadual 038 (BRASIL, 2009) não delimita o valor de turbidez para lançamento de efluentes de postos de lavagem, porém a NBR 13969/97 prevê que para a classificação da Classe 1 para lavagem de carros o valor permitido de turbidez é inferior a 5 UNT. O menor valor de turbidez do Tanino foi de 6 UNT, muito próximo ao valor exigido pela NBR, portanto viabilizando o seu reúso.

Os resultados referentes ao pH e a Demanda Química de Oxigênio (DQO) podem ser observadas na Figura 2a e 2b, respectivamente.

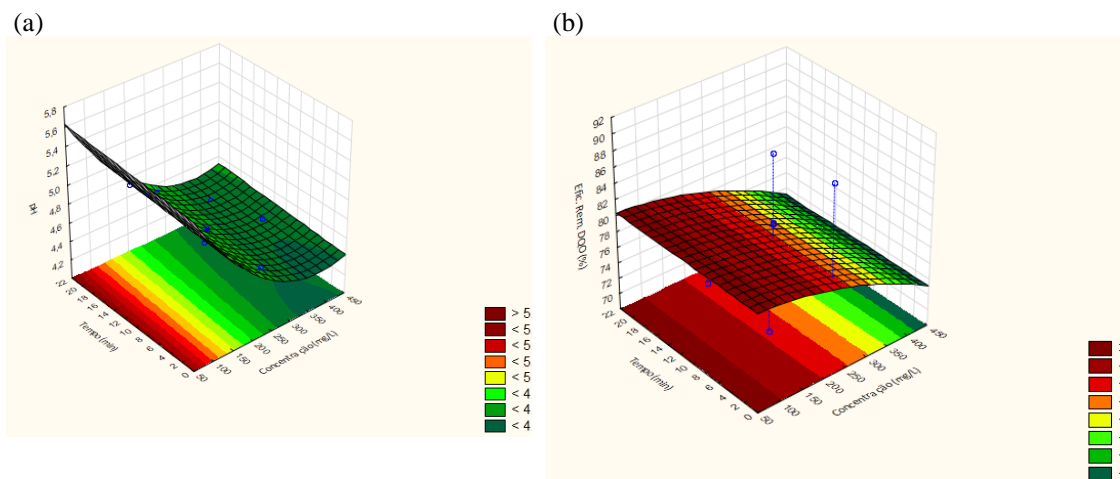


Figura 2 - Superfície de resposta para a variável resposta (a) comportamento do pH e (b) eficiência de remoção de DQO (%) com os fatores ajustados.

O pH das amostras analisadas variou de 4,35 a 5,27. Em relação às variáveis, o pH variou de forma inversamente proporcional da concentração em relação ao valor do pH, ou seja, a medida em que ocorre o aumento da concentração do coagulante, o valor do pH diminui como pode ser observado na Figura 2. Houve uma mudança no valor do pH do efluente para o efluente tratado pelo coagulante Tanino. Porém, segundo a TANAC (2008) o pH se encontra dentro da faixa de atuação do Tanino no intervalo de 4,5 a 8,0.

A análise de remoção da DQO para o uso do coagulante referido no trabalho ocorreu de maneira inversamente proporcional, na questão de suas variáveis independentes. A medida em que a concentração diminui, a eficiência de remoção para a DQO aumenta como é apresentado na Figura 2. Com o coagulante orgânico, a maior remoção ocorreu na concentração de  $250 \text{ mgL}^{-1}$  aos 2 minutos de sedimentação atingindo aproximadamente 90%.

No ponto central, ocorreram porcentagens similares de remoção nessa mesma concentração aos 11 minutos, com remoção de 89%, 80% e 80%. No tratamento de águas residuárias de posto de lavagem de veículos após passagem pela caixa separadora de água e óleo, Lima et al. (2012) utilizaram Tanfloc como coagulante numa dosagem de  $500 \text{ mgL}^{-1}$  e encontraram valor de 73% de remoção de DQO, corroborando com este estudo.

O valor limite de DQO previsto na SEMA Estadual 038 (BRASIL, 2009) é de  $300 \text{ mg L}^{-1}$  o que não foi atingido nestes ensaios uma vez que o Tanino onde superou a legislação em 51,44%. Para atingir a legislação é necessário que se tenha um tratamento complementar, no entanto pode-se realizar como proposta a recirculação da água para a lavagem de carros, sendo esta uma recomendação aceitável.

O modelo gerado pelos coeficientes de regressão dos fatores significativos do delineamento estatístico é representado pelas equações 1, 2, 3 e 4 para a variável resposta eficiência de remoção de cor aparente (equação 1), eficiência de remoção de turbidez (equação 2), eficiência de remoção de DQO (equação 3) e pH (equação 4), respectivamente:

$$Efic. Rem. cor = 89,1494 - 15,1446C_1 - 17,2018C_{12} \quad (\text{equação 1})$$

$$Efic. Rem. Turbidez = 94,5916 - 20,0723C_{12} - 9,9884T_{22} \quad (\text{equação 2})$$

$$Efic. Rem. DQO = 81,42427 - 4,91879C_{12} \quad (\text{equação 3})$$

$$pH = 4,595616 - 0,292180C_1 + 0,119982C_{12} - 0,031670T_2 \quad (\text{equação 4})$$

Na Figura 3, o gráfico de Pareto mostra como ocorre a influência da concentração quadrática, da Concentração linear, do tempo quadrático, do tempo linear e da interação entre concentração e tempo no modelo em ordem decrescente para as variáveis resposta eficiência de remoção de cor aparente, turbidez e DQO.

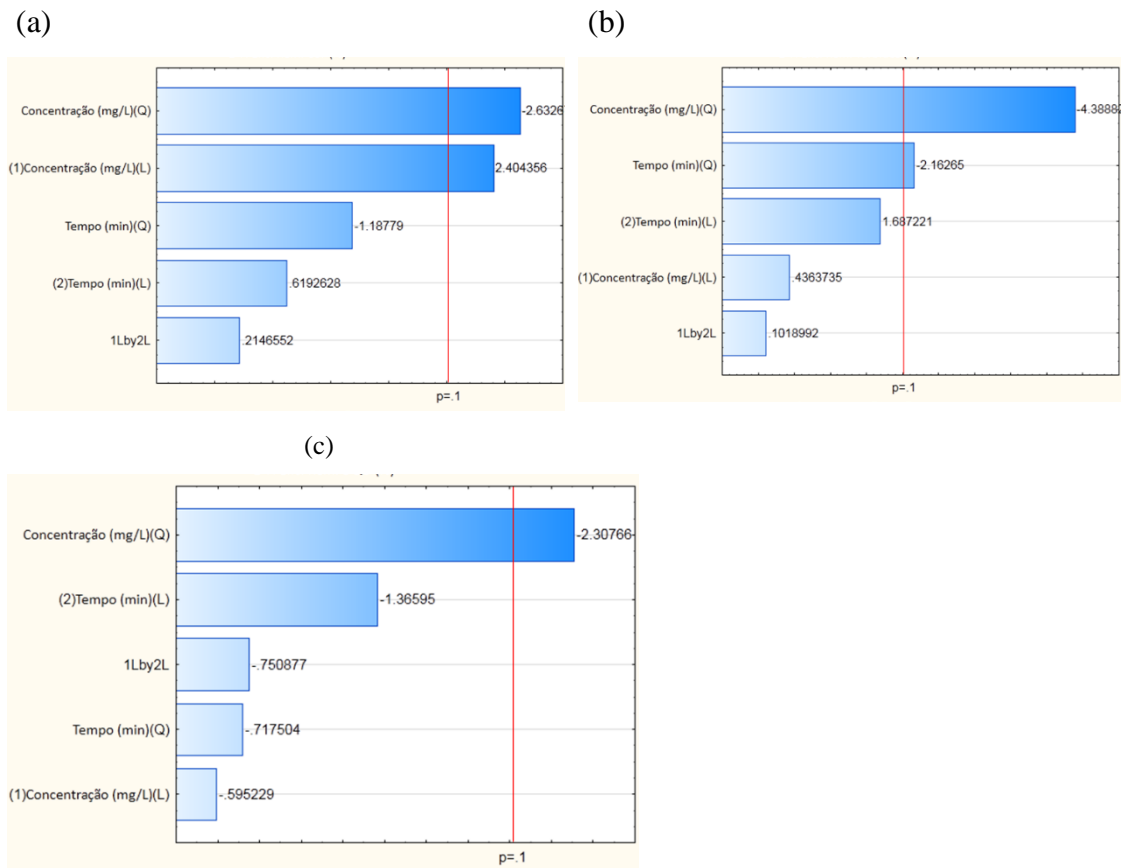


Figura 3 - Gráfico de Pareto para variável resposta eficiência de remoção de cor aparente (a); turbidez (b) e DQO (c).

Para a análise de eficiência de remoção de cor aparente as variáveis significativas, segundo o gráfico de Pareto (Figura 3a) foram concentração quadrática e concentração linear. Já o gráfico de Pareto (Figura 3b) para a variável resposta eficiência de remoção de turbidez, mostra a influência da variável Concentração quadrática e o tempo quadrático, que ultrapassam a linha vermelha do gráfico sobre o modelo. A concentração quadrática, de acordo com o gráfico de Pareto (Figura 3c), foi a variável que influenciou no modelo gerado para a eficiência de remoção de DQO.

O teste da ANOVA foi aplicado aos dados experimentais para a variável resposta ao nível de confiança de 90% e encontra-se representado na Tabela 2. Os modelos matemáticos se apresentaram de forma significativa ao nível de significância de 10%, uma vez que o  $F_{calculado}$  é maior do que o  $F_{tabelado}$  em todos os parâmetros analisados.

O  $R^2$  ajustado para o modelo gerado pela regressão quadrada gerou valores que variaram de 0,36 a 0,99 para o Tanino. Para o parâmetro DQO que apresentou um  $R^2$  de 0,36 os dados experimentais pouco se ajustam ao modelo matemático gerado, visto que o



modelo representa 36% dos dados experimentais. Para os demais, o modelo se ajusta aos dados experimentais de forma satisfatória.

Tabela 2 - Teste ANOVA para uso do Tanino.

	Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F <sub>calculado</sub>	F <sub>tabelado</sub>	R <sup>2</sup>
Cor Aparente	Regressão	2	3638,71	1819,36	6,74	3,11	
	Resíduo	8	2160,66	270,08			0,63
	Total	10	5799,37				
Turbidez	Regressão	2	2364,81	1182,41	10,01	3,11	
	Resíduo	8	944,67	118,08			0,71
	Total	10	3309,48				
DQO	Regressão	1	147,99	147,99	5,2	3,36	
	Resíduo	9	256,04	28,45			0,36
	Total	10	404,02				
pH	Regressão	3	0,78	0,26	296,72	3,07	
	Resíduo	7	0,01	0			0,99
	Total	10	0,78				

### 3 CONCLUSÃO

O coagulante a base do coagulante orgânico Tanino (Tafloc SG) se adequou ao tratamento dos resíduos gerados da lavagem de veículos em postos de combustível. Com relação à cor aparente e turbidez o coagulante natural mostrou-se eficaz com remoções de 93,45% na concentração de 250 mgL<sup>-1</sup> aos 20 minutos e na mesma concentração e tempo de 97,32% para cor aparente e turbidez, respectivamente. Quanto a DQO a melhor remoção atingiu os 89,6% demonstrando resultados satisfatórios.

Os modelos matemáticos gerados em sua grande maioria apresentaram-se de forma significativa, demonstrando que o Tanino conseguiu uma melhor clarificação do efluente a nível de cor aparente e turbidez que são os parâmetros visuais que podem ser aprovados pelos clientes dos postos podendo ser uma alternativa de utilização para se efetuar o reuso deste composto.

## REFERÊNCIAS

APHA. Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater. 22nd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC, 2012.

BRASIL. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA (2009). Resolução nº 38 de 19 de agosto de 2009. Poder Executivo, Curitiba, PR, 19 ago. 2009. Disponível em:  
[http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao\\_ambiental/Legislacao\\_estadual/RESOLUCOES/RESOLUCAO\\_38\\_POSTOS\\_DE\\_COMBUSTIVEIS.pdf](http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/RESOLUCOES/RESOLUCAO_38_POSTOS_DE_COMBUSTIVEIS.pdf). Acesso em: 3 jan. 2019.

CORAL L. A. et al. Estudo da Viabilidade de Utilização do Polímero Natural (TANFLOC SG) em Substituição ao Sulfato de Alumínio no Tratamento de Águas para Consumo Humano. In: Intercional workshop advances in cleaner production, 2, 2009, São Paulo. Key elements for a sustainable world: energy, water and climate change. Disponível em: <<http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/sessoes/4a/4/F.%20J.%20Ba ssetti%20-%20Resumo%20Exp.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

FRANCO, E. S. Avaliação da influência dos coagulantes sulfato de alumínio e cloreto férrico na remoção de turbidez e cor da água bruta e sua relação com sólidos na geração de lodo em estações de tratamento de água. 2009. 207 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

LEÃO, E. A. S.; MATTA, M. A. S.; CAVALCANTE, I. N.; MARTINS, J. A. C.; DINIZ, C. G.; VASCONCELOS, Y. B.; CARMONA, K. M., VANZIN, M. M. O reuso da água: um estudo de caso na lavagem de veículos em lava-jato de Belém/PA. In: Congresso brasileiro de águas, 16, 2011, São Luís. Encontro nacional de perfuradores de poços, 17. 2011, São Luís. Disponível em: <<http://aguassubterraneas.emnuvens.com.br/asubterraneas/article/view/22987/15104>>. Acesso em 20 de dezembro de 2014.

TANAC. Boletim Informativo. Montenegro. Brasil, 2008, 57 p.

TEIXEIRA, P. C. Emprego da flotação por ar dissolvido no tratamento de efluentes de lavagem de veículos visando a reciclagem da água. 2003.199f. Dissertação (Mestrado em Concentração de Saneamento e Meio Ambiente) – Comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

VAZ, L. G. de L. Performance do Processo de Coagulação/Floculação no Tratamento do Efluente Líquido Gerado na Galvanoplastia. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química com ênfase em Desenvolvimento de Processos) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual do Oeste Paraná, Toledo, PR, 2009.