

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES REOLÓGICAS E ANTICORROSIVAS EM TINTAS ACRÍLICAS COM TANINOS

EVALUATION OF RHEOLOGICAL AND ANTICORROSIVE PROPERTIES OF ACRYLIC PAINT WITH TANNINS

Paula Costa¹, Alaide Barreto² e Alex Sirqueira³

RESUMO

O sistema de pintura deve cumprir a funcionalidade de fornecer à edificação além do valor estético, proteção contra os agentes externos, principalmente a umidade e de durabilidade ao longo do tempo. Atualmente existem diversos tipos de tintas, cada um com suas diferentes propriedades responsáveis pela vida útil da edificação. Neste estudo, foram adicionadas à tinta acrílica comercial tanato de cobre das espécies *Schinus terebinthifolius* Raddi e *Uncaria tomentosa* (Willd). A fim de verificar a atividade antioxidante, foi utilizado o método de ABTS que demonstrou que o extrato aquoso possui melhor atividade antioxidante do que o tanino. Verificou-se que o tanato de cobre das duas espécies, apresentaram toxicidade frente a *Artemia salina*, uma vez que a DL₅₀ foi igual a 1,22 ppm e são consideradas tóxicas segundo valores de referência da OMS. De acordo com os resultados obtidos de sólidos totais pode-se notar que houve incorporação do tanino à tinta. A adição de tanino à tinta pura provocou aumento na tensão de cisalhamento. Os resultados obtidos no teste de corrosão, não foram possíveis confirmar a capacidade do tanato de cobre como aditivo de revestimento anticorrosivo para tintas.

Palavras-chave: curva de fluxo; antioxidante; toxicidade.

ABSTRACT

The painting system must fulfill the functionality of providing the building with aesthetic value, protection against external agents, mainly humidity and durability over time. Currently there are several types of paints, each with its different properties responsible for the useful life of the building. In this study, copper tannate from the species *Schinus terebinthifolius* Raddi and *Uncaria tomentosa* (Willd) were added to commercial acrylic paint. In order to verify the antioxidant activity, the ABTS method was used, which demonstrated that the aqueous extract has better antioxidant activity than tannin. It was found that the copper tannate of both species showed toxicity against *Artemia salina*, since the LD₅₀ was equal to 1.22 ppm and they are considered toxic according to WHO reference values. According to the results obtained from total solids, it can be noted that there was incorporation of tannin to the paint. The addition of tannin to pure paint caused an increase in shear stress. The results obtained in the corrosion test, it was not possible to confirm the capacity of copper tannate as an anticorrosive coating additive for paints.

Keywords: flow curve; antioxidant; toxicity.

1 Graduanda em Farmácia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, campus Zona Oeste. E-mail: paulacfcosta@gmail.com

2 Doutora em Química, Departamento de Farmácia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, campus Zona Oeste. E-mail: alaide.barreto28@gmail.com. ORCID: orcid.org/0000-0001-5195-4312

3 Doutor em Ciência e Tecnologia de Polímeros, Departamento de Materiais, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, campus Zona Oeste. E-mail: alex.sirqueira@uerj.br. ORCID: orcid.org/0000-0002-9982-7512

INTRODUÇÃO

O sistema de pintura deve desempenhar a função de conceder à edificação além do valor estético, proteger contra os agentes externos, principalmente a umidade e a corrosão ter durabilidade ao longo do tempo. Segundo a NBR 12554 existem diversos tipos de tintas, cada uma com suas diferentes propriedades, sendo responsáveis pela vida útil dos substratos (ABRAFATI, 2019). As tintas podem ser aplicadas em diversos setores industriais, tais como, imobiliário, automotivo, naval, aeronáutico, eletrodoméstico entre outros (FAZENDA, 2009). Para melhorar o desempenho das tintas comerciais pode-se adicionar novos compostos, denominados aditivos químicos. Aditivos são componentes que ao serem incorporados nas formulações de tintas podem impedir defeitos no revestimento, e aprimorar o desempenho final de uma tinta em um sistema complexo de cura e evaporação (RODRIGUES *et al.*, 2015). Os aditivos utilizados na fabricação das tintas são secantes, catalisadores, antipeles, espessantes, antiescorrimentos, surfactantes, umectantes e dispersantes; antiespumantes, nivelantes, biocidas, estabilizantes de ultravioleta (FAZENDA, 2009).

O uso de materiais vegetais não é comum em tintas de aplicações industriais. A busca por plantas capazes de aprimorar o desempenho final de uma tinta é um campo a ser explorado. Plantas medicinais como *Uncaria tomentosa* (unha de gato) (SILVA e SÁ *et al.*, 2014) e *Schinus terebinthifolius* (Aroreira) (BRASIL, 2021), por exemplo, são usadas no tratamento de várias doenças devido a sua ação antioxidantes. Os principais constituintes químicos presentes nas cascas de *U. tomentosa* e *S. terebinthifolius* são derivados fenólicos, fenilpropânicos, polifenóis, procianidinas, catequinas e taninos (LIMA *et al.*, 2019). Os taninos são compostos fenólicos de grande interesse econômico e ecológico. Apresentam solubilidade em água e massa molecular compreendido entre 500 e 3000 Dalton, possuindo a habilidade de formar complexos insolúveis em água com proteínas, gelatinas e alcaloides (VELASCO, 2000). Os taninos vegetais podem ser quantificados por diversos tipos de ensaios, como precipitação de metais (como cobre ou ferro) ou proteínas e por métodos colorimétricos (MONTEIRO *et al.*, 2005). O tanato de cobre, por exemplo, tem uma solubilidade menor do que o tanino em água, o que pode contribuir para um melhor desempenho na proteção contra a corrosão (HADZICH, 2018).

A corrosão é um processo espontâneo que degrada os materiais, em especial os metais através da ação química ou eletroquímica, podendo ou não estar ligada a esforços mecânicos (MERÇON *et al.*, 2004). O controle da corrosão é muito importante para prolongar a vida útil dos equipamentos, minimizar custos operacionais, substituir peças danificadas pela corrosão e controlar os riscos ambientais. Em relação às tecnologias disponíveis, as opções de proteção anticorrosiva são diversas, entre os métodos mais utilizados, destacam-se o uso de tintas, proteção anódica e catódica e o uso de inibidores químicos de alto valor econômico (CARDOZO, 2016). Neste trabalho fez-se o uso de taninos precipitados com sulfato cúprico (tanato de cobre) obtidos das cascas de *U. tomentosa* (Willd)

DC. e *S. terebinthifolius* Raddi como aditivo em tinta acrílica comercial, visando melhor desempenho reológico e barreira contra corrosão de aço naval.

MATERIAIS E MÉTODOS

Obtenção da Matéria prima e obtenção do extrato aquoso. As cascas secas e moídas de *U. tomentosa* (Willd) DC. (Lote UNHAR01/0115) e de *S. terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) (Lote AUTO 0443), foram gentilmente cedidas pela empresa Santos Flora Comércio de Ervas. A obtenção do extrato aquoso foi realizada individualmente com as duas plantas pelo método de decocção, foram usadas 340g de cascas de cada espécie em 800 mL de água destilada por 50 minutos e, posteriormente ocorreu a filtração. O sistema foi filtrado e a solução obtida foi acrescida de sulfato cúprico 1M até a precipitação total de taninos. Em seguida, foi adicionada uma solução de hidróxido de sódio 0,04M à 60°C. O sistema permaneceu em agitação constante até que houve a precipitação total do tanato de cobre. Após a precipitação, o pH foi ajustado para 5,5 com hidróxido de potássio 40%. Posteriormente, o sistema foi filtrado Bomba a vácuo (modelo SL 61 - SOLAB) e o precipitado foi recolhido, lavado com água destilada e seco em estufa a 60°C por 24h.

Quantificação de taninos. A metodologia para determinação de taninos totais foi adaptada de Caldeira et al, 1998. Em um béquer de 200 mL foram adicionados 50 mL da solução aquosa 1:100 (v/v) da droga e gota a gota. Em seguida, adicionou-se acetato de cobre a 4% até não findar a precipitação de taninos. Filtrou-se o precipitado em funil de Buchner com Kitassato acoplado a bomba de vácuo utilizando papel de filtro quantitativo C41 (Faixa Preta, 125 mm) com teor de cinzas conhecido previamente seco, em estufa a 100°C até massa constante. O peso do tanato de cobre foi obtido, a partir da diferença entre pesagem final e o peso inicial do papel de filtro. Posteriormente, foram colocados o precipitado de tanato de cobre e o papel em um cadinho previamente calcinado e tarado. E depois desse processo foram levados à mufla à temperatura de 700°C durante uma hora. Os cadinhos com as cinzas foram transferidos para um dessecador por mais 20 minutos e depois pesados. A massa do tanino foi obtida após a subtração da massa total das cinzas obtidas da massa do papel de filtro.

Determinação da Atividade Antioxidante. O teste foi realizado com as duas espécies. Foram pesados 0,05 g do tanato de cobre da *U. tomentosa* e da *S. terebinthifolius*, sendo imersas em 5 mL de água destilada. Em seguida, a amostra foi centrifugada por 15 minutos a 2500 rpm. Após esse procedimento, foram feitas seguidas diluições. Foi transferido 1 mL da amostra recém-preparada para um tubo de ensaio, e foram completados com 9 mL de água destilada; a diluição foi 1/10. Dessa diluição, foi preparada nova diluição 1/50, onde 1 mL dessa amostra foi transferido para um tubo de ensaio e o volume foi completado com 4 mL de água destilada. Essa foi a concentração utilizada para o teste para a preparação do radical. O espectrofotômetro (modelo Hewlett-Packard 8452 A) foi ajustado para 734 nm e o zero foi obtido com etanol 95%. Diluiu-se a solução ABTS+ em etanol, e

esta permaneceu sob agitação constante. Após determinado tempo, foram feitas leituras do radical no espectrofotômetro até a obtenção da faixa de leitura ideal de solução com Absorbância 0,700 +/- 0,02, em λ máx 734 nm.

Determinação da atividade antioxidante total (AAT). Utilizou-se o método descrito modificado de Kuskoski *et al.*, (2004) para a construção da curva padrão de Trolox. Transferiu-se 30 μ L dos extratos obtidos para tubos de ensaio; em seguida foram adicionados 3 mL da solução de ABTS⁺ diluído, homogeneizado em vórtex e procedeu-se a leitura da absorbância após 6 minutos do momento da adição do radical. Para cada amostra lida em triplicata foi feito um branco, substituindo o extrato das amostras por 30 μ L de etanol P.A. A absorbância foi medida em espectrofotômetro modelo Hewlett-Packard 8452 A, no tempo de 6 minutos após a adição da amostra. Os resultados foram expressos em TEAC (atividade antioxidante equivalente ao Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico)) em μ mol TEAC.g⁻¹ de amostra. Os resultados foram obtidos a partir da solução padrão de Trolox, preparadas de soluções de diferentes concentrações em balões volumétricos de 5 mL. A partir da do resultado encontrado absorbância e da concentração das amostras, plotou-se um gráfico, da absorbância no eixo Y versus a concentração (g/L) no eixo X. Em seguida obteve-se a equação da reta de trolox. Para calcular a atividade antioxidante da amostra, substituiu-se na equação da reta (Equação 1) a absorbância equivalente a 1000mM Trolox. O valor obtido para \underline{x} correspondeu à concentração da amostra (g/L) equivalente a 1000mM de Trolox [$X(g) = x / 1.000$]. O resultado encontrado de \underline{x} foi dividido por 1.000 para obter o valor em g. O resultado [$x(g) = x / 1.000$] foi calculado pela divisão de 1.000 (μ M) pelo valor de X(g) e multiplicado por 1(g) para obter o valor final (Z) que é expresso em μ M trolox/ g de amostra. O cálculo final foi expresso em (μ M trolox / g).

Determinação da DL_{50} . A metodologia utilizada para os testes foi a de Meyer *et al.*, (1982). Os ovos de *Artemia salina* foram colocados em um aquário contendo 3 litros de solução salina (38 g/ L). O pH foi ajustado entre 8,0 e 9,0, por meio de solução 0,1 mol L⁻¹ de NaOH Esta solução foi utilizada para eclosão dos ovos de *A. salina*.-Foi utilizada uma bomba de ar para aquário e uma lâmpada fluorescente durante o período de 24:00 h para que o meio estivesse em constante movimento, aeração e sempre iluminado. Estes critérios, como a luz, aeração e movimento do meio são necessários para promover a eclosão dos ovos (HIROTA, 2012). O bioensaio foi feito em triplicata para verificar a relação dose-resposta. Foram feitas diluições nas concentrações de 10¹, 10², e 10³ ppm. O teste foi realizado separadamente com os taninos de *U. tomentosa* e de *S. terebinthifolius*. Foram utilizados 3 balões volumétricos com a solução salina e os taninos/ extrato que possuíam o volume fina de 10 mL. Posterior a eclosão dos ovos, 10 náuplios de *A. salina* foram transferidos para 12 tubos de ensaio contendo 1mL solução salina, extrato aquoso/ tanino em três diferentes concentrações e um controle. As amostras permaneceram em incubação sob luz artificial por 24:00 h. O grupo controle possuía apenas a solução salina e os náuplios. A interpretação dos resultados foi em valores de

DL₅₀ com porcentagem, indivíduo e concentração do extrato testado, utilizando o programa PROBIT para obtenção de DL₅₀ como análise e respectivos intervalos de confiança $p < 0,5$.

Caracterização da tinta. Para estabelecer teor de sólidos foi usada a seguinte metodologia: Foi colocada uma determinada massa da tinta (M_1) em um vidro de relógio (M_0) previamente pesado em uma balança analítica, distribuído de maneira homogênea para formar uma película de tinta fina tendo permanecido em repouso e a temperatura ambiente por 1 semana até atingir peso constante (M_2). Dessa forma, o valor de teor de sólidos expresso em porcentagem.

Teor de cinzas. Nesta determinação foi utilizado o método de calcinação de amostras de tinta em mufla. E o objetivo é determinar a quantidade de compostos orgânicos que são degradados, sendo esta constituída, majoritariamente, pela resina associada ao seu ligante, solventes orgânicos presentes na amostra e aditivos. As amostras de tintas foram pesadas em cadinhos de porcelana e depois colocadas na mufla a 800 ° C durante 1 hora. Posteriormente ao arrefecimento, os cadinhos foram pesados novamente.

Reologia. A aditivção dos taninos em tinta acrílica comercial (Akzo Noble (pH = 9, volume de sólidos = 60 %, viscosidade = 95 UK, pigmento = dióxido de titânio e densidade = 1,26 g/cm³) foi realizada em bécher de 500 mL com agitação mecânica a 1500 RPM. A tinta acrílica foi diluída com 15% de água destilada e, em seguida adicionado, 2,2 g/ml de tanino. A dispersão ficou sob agitação durante 30 minutos a temperatura ambiente. A determinação da curva de fluxo foi realizada em viscosímetro rotacional (Rheolab qc, Anton Paar) a temperatura de 30 °C. O sistema de medição de cilindros concêntricos estava acoplado ao banho termostático (RH8, Lauda) para manter as condições isotérmicas durante a análise. A faixa da varredura de cisalhamento realizada foi de 1 a 1000 s⁻¹.

Ensaio de Corrosão. As placas de aço naval 1020 foram lixadas e depois limpas com álcool. Duas placas foram pintadas apenas a tinta e as outras duas com a tinta modificada com tanino. A tintura foi realizada em 4 demãos, duas na posição vertical e duas na posição horizontal (alternando) e aguardou-se a secagem. Para avaliar qualitativamente o efeito protetivo da tinta, fez-se um corte em forma de X na placa, com o tamanho de 4,5cm e depois pesou-se. E se deu início ao ensaio de imersão em água salgada, onde as placas foram submersas em uma solução de NaCl 3,5% (m/v) suficiente para cobrir o X na placa. As amostras foram avaliadas e pesadas toda semana, durante cinco semanas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quantificação de taninos e determinação da atividade antioxidante. O teste de quantificação de taninos foi feito aplicando-se o método Caldeira et. al., 1998. Os resultados dos cálculos de desvio padrão e média das amostras são descritos na Tabela 1. A partir das análises dos resultados verificou-se que as amostras analisadas atendiam ao critério de teor de taninos presentes nas cascas das espécies *U. tomentosa* e *S. terebinthifolius* (LIMA et al., 2019; BRASIL, 2021).

Tabela 1 - Peso das massas em gramas do tanato de cobre da *U. tomentosa* e *S. terebinthifolius* após a estufa

<i>Uncaria tomentosa</i>							
Amostras	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
1	7,87	6,66	4,76	3,88	2,52	2,52	2,52
2	7,87	6,66	4,76	3,88	2,52	2,52	2,52
3	7,85	6,64	4,74	3,86	2,50	2,50	2,50
Média e desvio padrão das massas de tanino nas amostras = 2,75±0,0115							
<i>Schinus terebinthifolius</i>							
1	8,31	7,10	4,31	3,43	2,75	2,75	2,75
2	8,31	7,10	4,31	3,43	2,75	2,75	2,75
3	8,32	7,11	4,32	3,44	2,76	2,76	2,76
Média e desvio padrão das massas de tanino nas amostras = 2,75±0,0058							

Fonte: Construção do Autor

Os potenciais antioxidantes obtidos através do método ABTS do extrato aquoso e do tanato de cobre de *S. terebinthifolius* foram, respectivamente, os valores de 5902,50 $\mu\text{mol Trolox g}^{-1}$ e 212,22 $\mu\text{mol Trolox g}^{-1}$. Apesar da atividade antioxidante do extrato aquoso da espécie *S. terebinthifolius* ter sido maior que o derivado de tanino, tanato de cobre, ele apresenta uma atividade superior aos encontrados nos extratos etanólicos descritos (COSTA, 2011). Já os potenciais antioxidantes obtidos do tanato de cobre e do extrato aquoso de *U. tomentosa* possuem os respectivos valores de 2445,50 e 1512,50 $\mu\text{mol Trolox g}^{-1}$. Observamos que o extrato aquoso de *U. tomentosa* apresentou a capacidade antioxidante ao sequestro de radicais livres menor do que o obtido com o seu derivado complexo metal-ligante (tanato de cobre de *U. tomentosa*). As atividades farmacológicas dos complexos metálicos dependem do íon metálico, do seu ligante e da estrutura desses compostos. Estes fatores são responsáveis por interações específicas em sítios alvos do organismo, como proteínas, DNA, lipídeos, carboidratos, membranas entre outros (SADLER *et al.*, 1998). Muitos complexos de cobre com diferentes tipos de ligantes têm sido testados como potentes drogas apoptóticas, incluindo atividade antiácida, antiinflamatória, fungicida, antimicrobiana, antiviral, antitumoral e antioxidantes (MING, 2003). Portanto, é possível que a formação de complexos com o átomo de cobre tenha acentuado e/ou selecionado as substâncias que promovem a ação antioxidante do extrato de *U. tomentosa* (CERCHIARO *et al.*, 2005).

Determinação da DL₅₀. A contagem de *A. salina* mortas foi realizada após 24h de ensaio, os resultados podem ser analisados de acordo com a Tabela 2. O tanato de cobre de *S. terebinthifolius* e de *U. tomentosa* apresentaram a DL₅₀ igual a 1,22 ppm, determinada pelas análises de regressão linear. O coeficiente de correlação (R^2) e equação da reta de *S. terebinthifolius* e de *U. tomentosa* foram, respectivamente, 0,871; $y = 30x + 106,66$ e 0,832; $Y = 30x + 105$. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), são consideradas tóxicas substâncias que apresentam valores de DL₅₀ abaixo de 1000 ppm (MEYER *et al.*, 1982). A literatura informa também que o cobre promove uma série de mudanças na estrutura celular e fisiológica animais marinhos, além de ser elemento

bioacumulativo e persistente (LUZIO *et al.*, 2013). É provável que a sua presença tenha promovido o aumento da toxicidade observada.

Tabela 2 - Média, porcentagem e desvio padrão das *A. salina* mortas (*U. tomentosa*).

Grupo	Tubos	Concentração ppm (<i>U. tomentosa</i>)	Número total <i>A. salinas</i>	Número de <i>A. salinas</i> mortas	Mortalidade (%)	Média / Desvio padrão
Controle	1	0	10	1	16,67	1,33 ± 0,58
	2		10	2		
	3		10	1		
1	4	10	10	2	23,33	2,33 ± 0,58
	5		10	2		
	6		10	3		
2	7	100	10	3	30,00	3,00 ± 1,00
	8		10	4		
	9		10	2		
3	10	1000	10	9	83,33	8,33 ± 1,15
	11		10	9		
	12		10	7		

Fonte: Construção do Autor.

Tabela 3 - Média, porcentagem e desvio padrão das *A. salina* mortas (*S. terebinthifolius*).

Grupo	Tubos	Concentração ppm (<i>S. terebinthifolius</i>)	Número total <i>A. salinas</i>	Número de <i>A. salinas</i> mortas	Mortalidade (%)	Média / Desvio padrão
Controle	1	0	10	1	16,67	1,33 ± 0,58
	2		10	2		
	3		10	1		
1	4	10	10	2	23,33	1,67 ± 0,58
	5		10	5		
	6		10	0		
2	7	100	10	1	33,00	6,67 ± 2,08
	8		10	4		
	9		10	5		
3	10	1000	10	8	83,33	7,67 ± 2,52
	11		10	8		
	12		10	9		

Fonte: Construção do Autor.

Teor de tintas. É um método vantajoso por ser rápido e pode ser usado como indicativo de pureza e adulteração (BARCELLOS *et al.* 2013). Não foi encontrado na literatura o teor de cinzas de uma tinta acrílica, mas pode-se encontrar o de uma tinta comercial de poliestireno, que é no valor de 39,93% (BARCELLOS *et al.* 2013). E a relação que se pode fazer é que a tinta acrílica usada neste estudo possui 22,46% de cinzas (desvio padrão= 0,42 e o coeficiente de variância= 1,87 %), logo, possui menor teor, pois a tinta de poliestireno possui maior quantidade de pigmento e há presença de carga na fórmula.

Teor de sólidos. Na tabela 4 abaixo são mostrados os resultados obtidos no teste para caracterização da tinta. Podemos verificar (Tabela 4) que houve aumento da relação entre M_2/M_1 , indicando que houve incorporação do tanato de cobre de *U. tomentos* e *S. terebinthifolius* à tinta, quando comparada a tinta pura e a tinta com solvente.

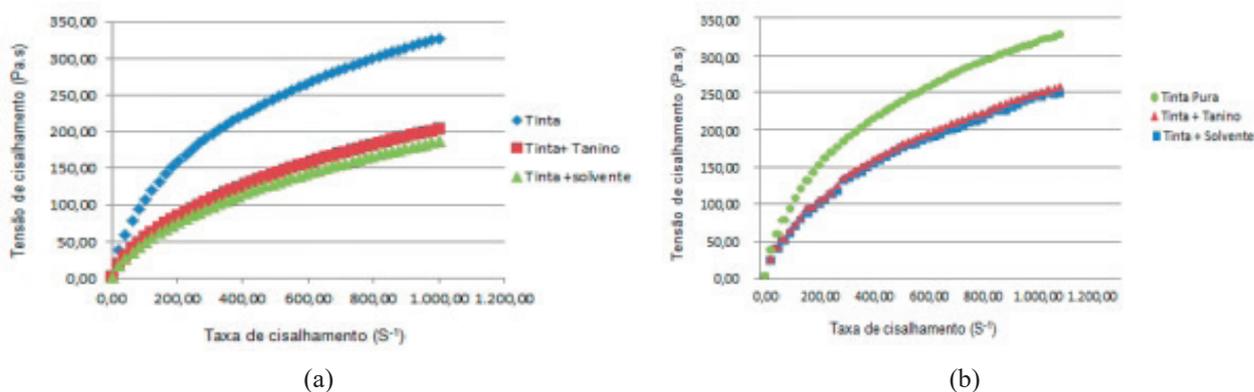
Tabela 4 - Teor de sólidos

Teor de sólidos totais da tinta pura (g).					
Massa placa (M_0)	Placa + M_1	Placa + M_2	M_1	M_2	M_2/M_1
35,76	47,19	40,91	11,43	5,15	45,06
35,93	46,19	40,52	10,26	4,59	44,74
34,68	45,2	39,44	10,52	4,76	45,25
Média					45,01±0,21
Teor de sólidos totais da tinta + taninos (<i>Uncaria tomentosa</i>) (g).					
28,27	34,12	31,32	5,85	3,05	52,13
29,45	35,29	32,49	5,84	3,04	52,05
29,55	34,80	32,47	5,25	2,92	55,62
Média					53,27±2,04
Teor de sólidos totais da tinta+ taninos (<i>Schinus terebinthifolius</i>) (g).					
28,79	34,18	31,47	5,39	2,68	49,72
28,73	36,19	32,53	7,46	3,8	50,94
31,03	37,71	34,4	6,68	3,37	50,45

Fonte: Construção do Autor

Reologia. O comportamento reológico da mistura tinta + tanino foi avaliado a partir do gráfico gerado pela tensão de cisalhamento versus a taxa de cisalhamento de acordo com o gráfico abaixo. Os resultados do ensaio reológico da curva de fluxo para tintas aditivadas com taninos na proporção de 1,1 % p/v são apresentados na Figura 1. A curva de fluxo ou *flow curve* é a curva básica dos estudos reológicos para fluidos viscosos, a Figura 1 apresenta a curva de fluxo para as duas tintas acrílicas estudadas. O comportamento observado para a curva de fluxo é típico de materiais não Newtonianos, pois a tensão de cisalhamento aumenta com a taxa de cisalhamento de forma não linear (SIRQUEIRA, 2016). Nota-se pela curva que as tintas aditivadas com Tanino (vermelho e verde) apresentaram menor tensão de cisalhamento (t) em relação a tinta comercial (curva azul). Embora, as tintas aditivadas tenham maior concentração de sólidos o efeito na reologia foi de modificadores de viscosidade. Porém ao comparar os resultados da viscosidade da tinta/solvente e tinta/solvente/taninos não foi observada variação significativa (curvas verde e vermelha). Ao analisar o comportamento das curvas da tinta pura, tinta diluída e da tinta aditivada com *S. terebinthifolius*, nota-se que a curva de fluxo da tinta pura é fortemente influenciada pela adição do diluente e do tanino. A curva de tensão da tinta diluída é menor, pois a adição de 15% de água torna o sistema menos viscoso. Porém, ao adicionar 2,2 g/ mL de taninos, nota-se de aumento da curva (verde). Este resultado indica a boa dispersão do tanino na tinta acrílica (POTANIN, 2019; RODD *et al.*, 2001).

Figura 1 - Curva de fluxo das amostras (a) *U. tomentosa* e (b) *S. terebinthifolius*.



Fonte: Construção do Autor

Para descrever o comportamento reológico das curvas de fluxo, foi utilizado o modelo reológico da Lei das Potências, $\tau = K \dot{\gamma}^n$, onde K corresponde ao índice de pseudoplasticidade ($\text{Pa}\cdot\text{s}^n$) e n = índice das potências. Os resultados obtidos dos parâmetros reológicos do modelo da lei das potências são apresentados na Tabela 5. Os valores do erro padrão para o modelo estão abaixo de 1 %, indicando boa adequação do modelo aos dados experimentais. O índice de consistência (K) está relacionado com a viscosidade do material. A adição da água reduz em 50% o valor do índice de consistência da tinta. Porém, ao aditivar com o tanino o valor de K aumenta aproximadamente 20%. Este resultado confirma a boa interação do tanino com a tinta, pois a viscosidade aumenta (SIRQUEIRA *et al.*, 2016). O valor do índice das potências (K) tende ao aumento. Os fluidos aquosos apresentam $n = 1$, ou seja, apresentam comportamento Newtoniano. Ao diluir a tinta o comportamento newtoniano será mais pronunciado (KULICHIKHIN; ILYIN, 2017 2017).

Tabela 5 - Parâmetros reológicos do modelo da lei das potências.

	K		N		Estatística
	Valor	Erro Padrão	Valor	Erro Padrão	R ²
Tinta	12,902	0,530	0,47	0,0064	0,99542
Tinta+ Tanino	6,385	0,195	0,53	0,00475	0,99802
Tinta +solvente	7,690	0,235	0,51	0,00476	0,99785

Fonte: Construção do Autor.

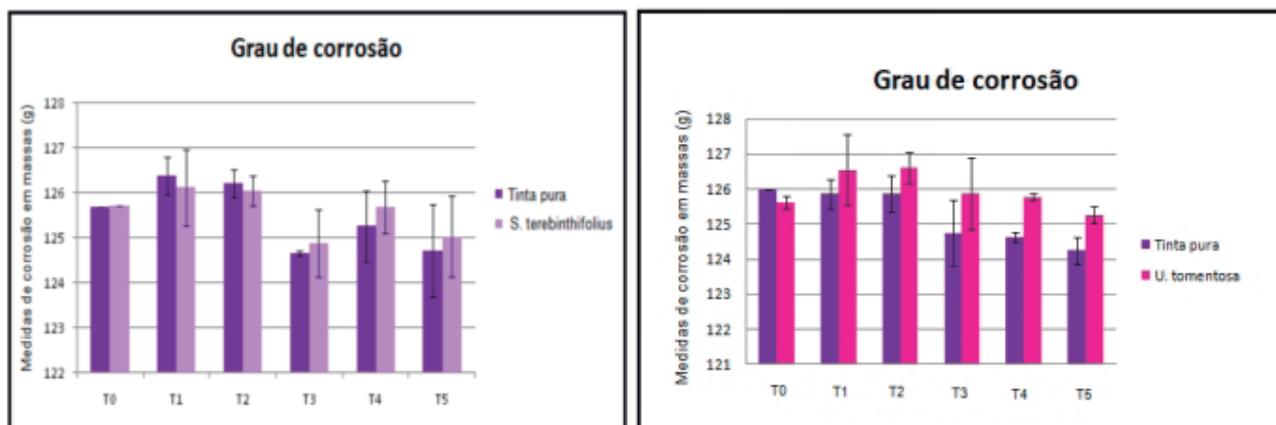
- **Corrosão.** O teste de imersão foi realizado expondo totalmente a área do corpo de prova em solução de NaCl 3,5% (m/v) à temperatura ambiente. Uma incisão em forma de X de 4,5 cm foi realizada na peça para acelerar o processo de corrosão. Ao longo de 5 semanas foram observados os processos de corrosão da tinta pura e da tinta aditivada com tanato de cobre. Na tabela 6 é possível acompanhar qualitativamente o avanço da corrosão ao longo das cinco semanas de exposição. Na Figura 2 pode-se observar as medidas de corrosão entre a tinta pura e a mistura do aditivo tinta/ tanato de cobre de *S. terebinthifolius* na evolução do processo corrosivo. Ao longo das duas primeiras semanas de teste,

como observado, a mistura tinta/tanato de cobre de *S. terebinthifolius* mostrou-se mais eficiente na propagação do processo de corrosão do que a tinta pura e da mistura tinta/ tanato de cobre de *U. tomentosa*. Porém, nas três semanas seguintes, não foi observado variação estatística significativa entre a tinta pura e a tinta com tanato de cobre de *S. terebinthifolius*.

Tabela 6 - Variação da corrosão nas placas de aço.

Amostra/ tempo (semanas)	Semana 0	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5
Placa 1 Tinta pura						
Placa 2 Tinta pura						
Placa 3 <i>Uncaria tomentosa</i>						
Placa 4 <i>Uncaria tomentosa</i>						
Placa 5 <i>Schinus terebinthifolius</i>						
Placa 6 <i>Schinus terebinthifolius</i>						

Fonte: Construção do Autor

Figura 2 -. Grau de corrosão entre a tinta pura e o tanino de *S. terebinthifolius* e *U. tomentosa*.

Fonte: Construção do Autor

CONCLUSÕES

Os resultados demonstram que o extrato aquoso da espécie *Schinus terebinthifolius* tem maior capacidade antioxidante, sequestro de radicais livres, maior do que o derivado tanato de cobre. Os resultados demonstram que o extrato aquoso da espécie *Schinus terebinthifolius* tem capacidade antioxidante, sequestro de radicais livres, maior que o derivado de tanino, tanato de cobre. O teste de toxicidade com *Artemia salina* revelaram os tanatos de cobre apresentaram toxicidade. A DL_{50} foi igual a 1,22 ppm. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), são consideradas tóxicas substâncias que apresentam valores de DL_{50} abaixo de 1000 ppm. É provável que a presença do cobre tenha aumentado a toxicidade.

Ao analisar o comportamento das curvas da tinta pura, tinta diluída e da tinta aditivada, nota-se que a curva de fluxo da tinta pura é fortemente influenciada pela adição do diluente e do tanino. A curva de tensão da tinta diluída é menor, pois a adição de 15% de água torna o sistema menos viscoso. Porém, ao adicionar 2,2 g/ml de taninos, nota-se tendência de aumento da curva. Este resultado indica a boa dispersão do tanino na tinta acrílica. Os valores do erro padrão para o modelo estão abaixo de 1 %, indicando boa adequação do modelo aos dados experimentais. O índice de consistência (K) está relacionado com a viscosidade do material. A adição da água reduz em 50% o valor do índice de consistência da tinta. Porém, ao aditivar com o tanino o valor de K aumenta aproximadamente 20%. Este resultado confirma a boa interação do tanino com a tinta, pois a viscosidade aumenta. O valor do índice das potências (K) tende ao aumento. Os fluidos aquosos apresentam $n = 1$, ou seja, apresentam comportamento Newtoniano. Ao diluir a tinta o comportamento newtoniano será mais pronunciado.

REFERÊNCIAS

ABRAFATI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS INDÚSTRIANTES DE TINTAS. Setor de Tintas no Brasil, 2019.

BARCELLOS, G. S., SCHUWADE, P. V., SILVA, S. A. D. Tinta à base de poliestireno expandido. **Revista Liberato**, v. 14, n. 22, p. 113-238, jul./dez. 2013.

BRASIL. **Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia, Inovação e Insumos Estratégicos em Saúde.** Departamento de Assistência Farmacêutica e Insumos Estratégicos. Informações Sistematizadas da Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS: *Schinus terebinthifolius* Raddi, Anacardiaceae (Aroeira-da-praia) [recurso eletrônico] / Ministério da Saúde, Secretaria de Ciência, Tecnologia, Inovação e Insumos Estratégicos em Saúde, Departamento de Assistência Farmacêutica e Insumos Estratégicos. - Brasília: Ministério da Saúde. 81 p. il., 2021.

CALDEIRA, M.V.W.; SCHUMACHER, M.V.; SANTOS, E.M.; VIEGAS, J.; PEREIRA, J.C. Quantificação de tanino em três povoamentos de *Acacia mearnsii* De Wild. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 37, p. 81-88, Jul./ Dez. 1998.

CARDOZO, J.C. **Utilização da *Ipomoea pes-caprae* (L.) Br. Convolvulaceae em sistema microemulsionado na inibição à corrosão do aço carbono.** Dissertação (Mestre em química), Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 98 f., 2016.

CERCHIARO, G.; AQUILANO, K.; FILOMENI, G.; ROTILIO, G.; CIRIOLO, M.R.; FERREIRA, A.M.D.C. Isatin-Schiff base copper(II) complexes and their influence on cellular viability. **Journal of Inorganic Biochemistry** v. 99, p. 1433-1440, 2005.

COSTA, C.O. D'SOUSA. **Avaliação da atividade antioxidante e antimicrobiana de extratos de *Myracrodruon urundeuva* Allemão e *Schinus terebinthifolius* Raddi.** Dissertação (mestrado) - Universidade Federal da Bahia, Instituto de Ciência da Saúde, 64 f., 2011.

FAZENDA, J.M.R. **Tintas - ciência e tecnologia.** Blucher. 4ª edição ver. e ampl., São Paulo, 2009.
HADZICH, A.; FLORES, S.; Caprari, J.; ROMAGNOLI, R., Study of zinc tannates prepared with Tara powder (*Caesalpinia spinosa*) as anticorrosive pigments in alkyd paints and wash primer formulations. **Progress in Organic Coatings** 117, p. 35-43, 2018.

HADZICH, A.; FLORES, S.; Caprari, J.; ROMAGNOLI, R., Study of zinc tannates prepared with Tara powder (*Caesalpinia spinosa*) as anticorrosive pigments in alkyd paints and wash primer formulations. **Progress in Organic Coatings** 117, p. 35-43, 2018.

HIROTA, B.C.K. SILVA PAULA, C. DA, MIGUEL, O.G.; MIGUEL, M.D. Avaliação de toxicidade in vitro: aplicabilidade do ensaio de letalidade frente à *Artemia salina*. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 13, n. 2, nov., 2012.

KUSKOSKI, E.M., ASUERO, A.G. GARCÍA-PARILLA, M.C.; TRONCOSO, A.M.; FETT, R. Actividad antioxidante de pigmentos antocianicos. **Food Science and Technology**, v. 24, n. 4, p. 691-693, 2004.

LIMA, A.S.B.; LEITE I.O.; SILVA, L.R.A.; DIAS, P.W; SOUZA, T. A.; SANTOS, E. A.; DINIZ, M. C., Utilização de *Uncaria tomentosa* (unha de gato) como fitoterapico, **Revista Ingi**, v. 3, n. 1, p. 279-289, 2019.

LUZIO, A.; MONTEIRO, S. M.; FONTAÍNHAS-FERNANDES, A. A.; PINTO-CARNIDE, O.; MATOS, M.; COIMBRA, A. M. Copper induced upregulation of apoptosis related genes in zebrafish (*Danio rerio*) Gill. **Aquatic Toxicology**, v.128-129, p. 183189, 2013.

MALKIN, A.; KULICHIKHIN, V.; ILYIN, S. A modern look on yield stress fluids. **Rheological Acta**, v. 56, n. 3, p. 177-188, 2017.

MERÇON, F.; GUIMARÃES, P.I.C.; MAINIER, F.B. Corrosão: Um exemplo Usual de Fenômeno Químico. **Química nova na escola**, 19, p. 11-14, 2004.

MEYER, B. N. Brine shrimp: a convenient general assay for active plant constituents *Pl. Med*, v. 45, p. 31-34, 1982.

MING, L.J. Structure and function of “metalloantibiotics”. **Medical Research Reviews**, v. 23, p. 697-762, 2003.

MONTEIRO, J.M.; ALBUQUERQUE, U.P. de, LIMA ARAÚJO, E. DE; CAVALCANTI DE AMORIM, E.L. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, v. 28, n. 5, p. 892-896, 2005.

POTANIN, A. Rheology of silica dispersions stabilized by polymers. **Colloids and Surfaces**, v. 562, n. 2018, p. 54-60, 2019.

RODD, A.B.; DUNSTAN, D.E; MURPHY, S.R.; BOGER, D.V. Dependence of linear viscoelastic critical strain and stress values on extent of gelation for a thermally activated gelling system. **Rheologica Acta**. v. 40, p. 23-29, 2001.

RODRIGUES, V. C.; DINIZ, M. F.; MATTOS, E. C.; DUTRA, R. C. L. **Separação e identificação de aditivos em tinta por TLC-IR/ UATR e extração seletiva**, Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA, São José dos Campos, São Paulo, 2015.

SADLER, P. J., GUO, Z. 1998. Metal complexes in medicine: design and mechanism of action. **Pure and Applied Chemistry**., v. 70, p. 863-871, 1998.

SILVA e SÁ, D.; RIBEIRO, G.E.; RUFINO, L.R.A.; OLIVEIRA, N. M.S.; FIORINI, J.E. Atividade Antimicrobiana da Uncaria Tomentosa (Willd) D. C. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**. v. 35, n. 1, p. 53-57, 2014.

SIRQUEIRA, A. da S.; Teodoro Júnior, D.; Coutinho, M. da S.; da Silva Neto, Artur. S.; Silva, A. dos A.; Soares, B.G. Rheological behavior of acrylic paint blends based on polyaniline. **Polímeros**, v. 26, n. 3, p. 215-220, 2016.

VELASCO, M.F. **Extração e Dosagem de Taninos Presentes em Resíduos Industriais de Beneficiamento de Coco-Fruto**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal.

BORDENAVE, Juan E. Diaz. **Além dos meios e mensagens**. 10 ed. Petrópolis: Vozes, 2002.

BRASIL. **Ministério da Saúde**. Política Nacional de Atenção Integral à Saúde do Homem: Princípios e diretrizes/Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Ações Programáticas e Estratégicas - Brasília: 2009. Disponível em: <http://bit.ly/1RqUEtk>. Acesso em: fev. 2011.

CUNNINGHAM, S. The visualization environment for mathematics education. In: ZIMMERMANN, W.; CUNNINGHAM, S. (Eds.). **Visualization in teaching an learning mathematics**. Washington, USA: Mathematical Association of America, 1991. p. 67-76.

SWAROWSKY, A. *et al.* Linking Subsurface Lateral Flowpath Activity with Streamflow Characteristics in a Semiarid Headwater Catchment. **Soil Science Society of America Journal**, v. 76, n. 2, p. 532-547, 2012.

MACHADO, H. T. **Arquitetura de um sistema de consultas e visualização gráfica da representação do conhecimento contido no PubMed**. 2009. 71p. Dissertação (Mestrado de Nanociências) - Curso de Pós-Graduação em Nanociências, Centro Universitário Franciscano, Santa Maria, 2009.