



Impactos das Tecnologias na Engenharia Química

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)

Impactos das Tecnologias na Engenharia Química

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Natália Sandrini e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

134	Impactos das tecnologias na engenharia química [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias na Engenharia Química; v. 1) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-237-1 DOI 10.22533/at.ed.371190304 1. Engenharia química – Pesquisa – Brasil. I. Voigt, Carmen Lúcia. II. Série. CDD 660.76
-----	--

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Inovações tecnológicas surgem a todo o momento, em todo o mundo, sendo utilizadas como uma ferramenta estratégica para manutenção e crescimento dos negócios nas indústrias. A Engenharia Química foi uma das carreiras que mais contribuiu para a evolução da Era Industrial para a Era Moderna.

A preocupação em desenvolver produtos e processos de produção torna a Engenharia Química responsável por pesquisas e projetos em relação aos materiais que passam por mudanças físicas e químicas, adquirindo outras características.

A Engenharia Química trabalha com a manipulação de compostos e substâncias para se criar novos produtos. Estes produtos proporcionam uma melhoria na qualidade de vida humana, pois além de pesquisas relacionadas, existe a preocupação em viabilizar as invenções, criar métodos baratos e eficientes de fabricação em massa, implementando processos químico-industriais cada vez melhores, mais econômicos e mais ecológicos.

Neste primeiro volume, organizado para você, apresentamos o papel do Engenheiro Químico no mercado de trabalho, pois este aplica conhecimentos adquiridos no estudo de Química e de Engenharia para criar soluções voltadas à produção ou ao uso de substâncias químicas. É o profissional que constrói um elo entre a ciência e a manufatura. Cabe ao engenheiro químico lidar com a formulação e a solução de problemas associados à indústria química, bem como trabalhar na operação e manutenção de sistemas. Também são expostos, neste volume, trabalhos relacionados ao ensino teórico e prático de Engenharia Química.

Além disso, encontram-se trabalhos relacionados com aplicações estatísticas, simulações e otimização de processos para melhoria de utilização de produtos e subprodutos. Assim como são expostos trabalhos de caracterização de materiais e alterações em processos químicos utilizando novas técnicas de análise de produto, avaliando comportamento, característica de sistemas, propriedades físico-químicas e alteração de composição de produtos já utilizados no mercado.

Baseado nestes trabalhos, convidamos você a aperfeiçoar seus conhecimentos na área da Engenharia Química. Os trabalhos selecionados oportunizam uma nova visão de materiais, processos e técnicas na área, mostrando o impacto tecnológico no desenvolvimento da indústria e sua relação direta com a sociedade e meio ambiente.

Boa leitura.

Carmen Lúcia Voigt

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
O PAPEL DO ENGENHEIRO QUÍMICO NO MERCADO DE TRABALHO: PRODUÇÃO DE UM GUIA PRÁTICO DIGITAL DESTINADO AOS GRADUANDOS E DEMAIS INTERESSADOS NA PROFISSÃO	
Raphael Carlos Rosa Pereira Eder Dias da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.3711903041	
CAPÍTULO 2	8
GAMEQ: JOGO PARA O ENSINO NA ENGENHARIA QUIMICA	
Riccardo Cafagna Miguel do Valle Fróes Negreiros Falcão Felipe Emmanouil Martires Stamoglou Ana Lucia Barbosa de Souza Ewerton Emmanuel da Silva Calixto Fernando Luiz Pellegrini Pessoa	
DOI 10.22533/at.ed.3711903042	
CAPÍTULO 3	17
ELABORAÇÃO E AUTOMAÇÃO DE PROTÓTIPO DE REATOR CSTR CONSTRUÍDO COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO VOLTADO À EDUCAÇÃO DE ENGENHARIA QUÍMICA	
Cristiane Daliassi Ramos de Souza Sauro Franceschi de Carvalho Emeson de Souza Lemos Kevelyn Carolina Motta Sbravati	
DOI 10.22533/at.ed.3711903043	
CAPÍTULO 4	27
PROJETO DE DIMENSIONAMENTO DE MÓDULO CONTÍNUO A PARTIR DE MATERIAIS DE BAIXO CUSTO COMO IMPLEMENTAÇÃO DO ENSINO EXPERIMENTAL DE ENGENHARIA QUÍMICA	
Cristiane Daliassi Ramos de Souza Igor Moraes Bezerra Calixto Sauro Franceschi de Carvalho Matheus Macedo Teixeira Rafaela Misseia Cinque de Lima Marco Antônio de Alcântara Rocha	
DOI 10.22533/at.ed.3711903044	
CAPÍTULO 5	36
O SIMULADOR DO FUTURO APLICADO À INDÚSTRIA	
Fernanda Martins	
DOI 10.22533/at.ed.3711903045	
CAPÍTULO 6	43
TERMODINÂMICA QUÍMICA – COMPREENDENDO DE FORÇAS INTERMOLECULARES A COEFICIENTE DE ATIVIDADE	
Lisandra Ferreira de Lima Admilson Lopes Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.3711903046	

CAPÍTULO 7 53

DETERMINAÇÃO DE CURVAS DE EQUILÍBRIO SÓLIDO-LÍQUIDO DE SOLVENTES EUTÉTICOS PROFUNDOS (DES) EMPREGANDO A CALORIMETRIA EXPLORATÓRIA DIFERENCIAL (DSC)

Helena Pletsch
Mariana Carolina Gipiela Corrêa Dias
Marcos Rogério Mafra

DOI 10.22533/at.ed.3711903047

CAPÍTULO 8 59

ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DE FALHAS POR TÉCNICAS ESTATÍSTICAS APLICADAS A SISTEMAS DE BOMBEAMENTO HIDRÁULICO

Rebeca Albino de Jesus
Ezequiel José da Silva Honorato
Fábio George Nogueira Cruz
José Nilton Silva

DOI 10.22533/at.ed.3711903048

CAPÍTULO 9 73

COMPARAÇÃO DE PERFIS DE VELOCIDADE OBTIDOS POR TUBO DE PITOT E POR SOFTWARE DE SIMULAÇÃO ANSYS CFX

Victor Felipe Arthur Coutinho Ladeia
Rosilanny Soares Carvalho
Anna Clara Marques de Queiroz
João Carlos Gonçalves

DOI 10.22533/at.ed.3711903049

CAPÍTULO 10 80

ENGENHARIA DE PROCESSOS: DIMENSIONAMENTO, SIMULAÇÃO E ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DE SISTEMAS DE EVAPORAÇÃO MÚLTIPLO EFEITO DE INDÚSTRIAS DE CELULOSE *KRAFT*

Jamilly Marques Gasparoni
Cássia Regina Santos Nunes Almeida
Gustavo Matheus de Almeida

DOI 10.22533/at.ed.37119030410

CAPÍTULO 11 96

PROJETO DE HIDROCICLONES USANDO OTIMIZAÇÃO ROBUSTA E ESTUDO DO EFEITO DA ROBUSTEZ

Vitor Alves Garcia
Fran Sérgio Lobato
Luiz Gustavo Martins Vieira

DOI 10.22533/at.ed.37119030411

CAPÍTULO 12 111

SELEÇÃO DE VARIÁVEIS E CONTROLE DE COMPOSIÇÃO POR INFERÊNCIA DE TEMPERATURA EM PROCESSO PRODUTIVO DO ETILBENZENO

Arioston Araújo de Moraes Júnior
Leopoldo Oswaldo Alcazar Rojas
Paulo Romero de Araujo Mariz
Emanuella Francisca de Lacerda Vieira
Marcelo da Silva Pedro
Jonas Laedson Marinho da Silva Santos

DOI 10.22533/at.ed.37119030412

CAPÍTULO 13	119
INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DE PH, TEMPERATURA E TEMPO DE VAPORIZAÇÃO NO PROCESSO DE TINGIMENTO DE TECIDOS	
Wanyr Romero Ferreira	
Wilson Costa Resende	
Aline Pereira Leite Nunes	
DOI 10.22533/at.ed.37119030413	
CAPÍTULO 14	128
ANÁLISE CORROSIVA DO AÇO 304 QUANDO SUBMETIDO AO PROCEDIMENTO DE GALVANOPLASTIA	
Renata de Oliveira Marinho	
Marcelo Batista Queiroz	
Eudesio Oliveira Vilar	
Márcia Cristina de Sousa	
DOI 10.22533/at.ed.37119030414	
CAPÍTULO 15	140
EFEITO DA DENSIDADE DE CORRENTE NO PROCESSO DE OBTENÇÃO DE REVESTIMENTOS DE Co-W OBTIDOS POR ELETRODEPOSIÇÃO	
Arthur Filgueira de Almeida	
Bianca Oliveira Evaristo	
Josiane Dantas Costa	
Mikarla Baía de Sousa	
Nathália Cristina Morais Lia Fook	
Renato Alexandre Costa de Santana	
Ana Regina Nascimento Campos	
DOI 10.22533/at.ed.37119030415	
CAPÍTULO 16	148
FILTRO DE KALMAN ESTENDIDO E REDE NEURAL ARTIFICIAL NA ESTIMATIVA DE CONCENTRAÇÃO EM UM REATOR QUÍMICO NÃO ISOTÉRMICO	
Arioston Araújo de Moraes Júnior	
Leopoldo Oswaldo Alcazar Rojas	
Marcelo da Silva Pedro	
Paulo Romero de Araujo Mariz	
Emanuella Francisca de Lacerda Vieira	
Jonas Laedson Marinho da Silva Santos	
Rodrigo Marinho Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.37119030416	
CAPÍTULO 17	153
COMPÓSITO DE NANOCELULOSE BACTERIANA E NANOTUBOS DE CARBONO	
Guilherme Colla	
Vinícius Heidemann de Souza	
Fernanda Vieira Berti	
Luismar Marques Porto	
DOI 10.22533/at.ed.37119030417	

CAPÍTULO 18	160
IMOBILIZAÇÃO DE COLÁGENO HUMANO TIPO I EM MEMBRANAS DE NANOCELULOSE BACTERIANA	
Ana Carolina Jorge Meyer Emily Marques dos Reis Luismar Marques Porto	
DOI 10.22533/at.ed.37119030418	
CAPÍTULO 19	167
CENTRIFUGATION STEP CONTROL OF CELLULOSE NANOCRYSTALS SUSPENSION BY pH AND TURBIDITY MEASUREMENTS	
Mayara Felix Santana Bárbara Castro Moreira Flávia Mitsue Yamashita Nilda de Fátima Ferreira Soares José Mauro de Almeida Alvaro Vianna Novaes de Carvalho Teixeira Deusanilde de Jesus Silva	
DOI 10.22533/at.ed.37119030419	
CAPÍTULO 20	173
ESTUDO TERMODINÂMICO DA ADSORÇÃO DO CORANTE CRISTAL VIOLETA EM NANOTUBOS DE CARBONO FUNCIONALIZADOS	
Leonardo Martins Vargas Gabriel Facciochi Dörtzbacher Guilherme Luiz Dotto	
DOI 10.22533/at.ed.37119030420	
CAPÍTULO 21	181
ESTUDO DA REOLOGIA E DA SALINIDADE DE MICROEMULSÕES À BASE DE GLICERINA PARA SEREM UTILIZADAS NA RECUPERAÇÃO DE PETRÓLEO	
Amanda Brito de Carvalho Fabiola Dias da Silva Curbelo Elayne Andrade Araújo Alfredo Ismael Curbelo Garnica	
DOI 10.22533/at.ed.37119030421	
CAPÍTULO 22	196
ORGANOFILIZAÇÃO DE ARGILAS BENTONÍTICAS PARA APLICAÇÃO EM FLUIDOS DE PERFURAÇÃO BASE MICROEMULSIONADA	
Renata Rodrigues Magalhães Roxana Pereira Fernandes de Sousa Alfredo Ismael Curbelo Garnica Fabiola Dias da Silva Curbelo Thaine Taumaturgo Caminha	
DOI 10.22533/at.ed.37119030422	

CAPÍTULO 23	201
PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E VOLUMÉTRICAS DO QUEROSENE DE AVIAÇÃO E DO BIOQUEROSENE	
<p>Idila Rafaela Carvalho Gonçalves Ana Clara Cazarin Queiroz Luciana Loureiro de Pinho Rolemberg de Andrade Sílvia Maria Zanini Sebrão Krishnaswamy Rajagopal</p>	
DOI 10.22533/at.ed.37119030423	
CAPÍTULO 24	210
AVALIAÇÃO REOLÓGICA DE TINTAS ACRÍLICAS COMERCIAIS E ADITIVADAS COM CARGA CONDUTORA	
<p>Alex da Silva Sirqueira Monica Cristina dos Santos Vieira Monica Feijó Naccache Stanley Pires de Alcântara</p>	
DOI 10.22533/at.ed.37119030424	
CAPÍTULO 25	222
EFEITO DA ADIÇÃO DA CINZA GASEIFICADA DE CARVÃO PULVERIZADO NA FORMULAÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA	
<p>Gabryella Cerri Mendonça Cristiano Corrêa Ferreira</p>	
DOI 10.22533/at.ed.37119030425	
CAPÍTULO 26	232
TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM SISTEMAS PARTICULADOS: DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA EFETIVA DE FERTILIZANTES GRANULADOS NA ESTAGNAÇÃO DE AR	
<p>Hugo Perazzini Maise Tonon Bitti Perazzini Rayssa Caroline Ribeiro Bernardes João Marcos Cardoso Silva</p>	
DOI 10.22533/at.ed.37119030426	
CAPÍTULO 27	248
DETERMINAÇÃO DA SOLUBILIDADE DA UREIA EM SOLUÇÕES AQUOSAS DE ETANOL	
<p>Raquel de Oliveira Silva Ana Paula Silva Capuci Raíssa Araújo de Oliveira Campos Ricardo Amâncio Malagoni</p>	
DOI 10.22533/at.ed.37119030427	
CAPÍTULO 28	255
CALIBRAÇÃO DE MEDIDORES DE VAZÃO COM ALTAS VAZÕES E VISCOSIDADES ELEVADAS: UMA ALTERNATIVA TÉCNICA À LEGISLAÇÃO BRASILEIRA DE ROYALTIES E PARTICIPAÇÕES ESPECIAIS	
<p>Carlos Eduardo Ribeiro de Barros Barateiro Romulo Carlos da Silva Emerik</p>	
DOI 10.22533/at.ed.37119030428	
SOBRE A ORGANIZADORA	271

AVALIAÇÃO REOLÓGICA DE TINTAS ACRÍLICAS COMERCIAIS E ADITIVADAS COM CARGA CONDUTORA

Alex da Silva Sirqueira

Centro Universitário Estadual da Zona Oeste,
Escola de Engenharias, Rio de Janeiro, RJ.

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
Departamento de Engenharia Química, Programa
de Pós-graduação em Engenharia Química – Rio
de Janeiro, RJ.

Monica Cristina dos Santos Vieira

Centro Universitário Estadual da Zona Oeste,
Escola de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ.

Monica Feijó Naccache

Pontifícia Universidade Católica, Departamento
de Engenharia Mecânica, Programa de Pós
Graduação em Engenharia Mecânica – Rio de
Janeiro, RJ.

Stanley Pires de Alcântara

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
Departamento de Engenharia Química, Programa
de Pós-graduação em Engenharia Química – Rio
de Janeiro, RJ.

RESUMO: Neste trabalho foram avaliadas as propriedades reológicas de duas tintas acrílicas amplamente utilizadas no mercado brasileiro. A seleção das tintas acrílicas foi pautada pelo preço, cor, odor e brilho. Inicialmente, foram comparados os teores de cinza e sólido, fornecidos pelos fabricantes e o obtido no laboratório. O uso da ferramenta de análise estatística ANOVA foi fundamental para o entendimento das diferenças encontradas. Não

houve variação significativa entre os teores de sólidos das duas tintas. Outra vertente do estudo foi à incorporação de cargas em tinta acrílica. O uso de carga condutora em tintas acrílica visa à obtenção de um material capaz de conduzir eletricidade, mantendo as características iniciais da tinta. Duas metodologias de dispersão do negro de fumo na tinta foram avaliadas. As concentrações de negro de fumo condutor adicionadas foram 2,5; 5,0 e 7,5 %. Varredura de tensão e tixotropia foram os ensaios reológicos estudados. O modelo da lei das potências foi utilizado na caracterização do material. Notou-se aumento do índice de consistência para todas as amostras aditivadas, porém a maior variação encontrada foi com 2,5 %. As amostras aditivadas com 5,0 e 7,5 % não apresentaram yield stress na faixa estudada. A formulação que apresentou os melhores resultados com pouca alteração nas características iniciais da tinta, foi a formulação com 2,5 % de negro de fumo, utilizando a metodologia 2.

PALAVRAS-CHAVE: Reologia; Tinta acrílica; ANOVA

RHEOLOGICAL EVALUATION OF COMMERCIAL ACRYLIC PAINT AND ADDITIVATED WITH CONDUCTIVE LOAD

ABSTRACT: In this work the rheological

properties of two acrylic paints widely used in the Brazilian market were evaluated. The selection of acrylic paints was based on price, color, odor and gloss. Initially, the ash and solid contents provided by the manufacturers and the one obtained in the laboratory were compared. The use of the statistical analysis tool ANOVA was fundamental to the understanding of the differences found. There was no significant variation between the solids contents of the two inks. Another aspect of the study was the incorporation of fillers in acrylic paint. The use of conductive charge in acrylic paints is aimed at obtaining a material capable of conducting electricity, while maintaining the initial characteristics of the paint. Two carbon black dispersion methodologies were evaluated. The concentrations of conductive carbon black added were 2.5; 5.0 and 7.5%. Voltage scanning and thixotropy were the rheological tests studied. The power law model was used to characterize the material. An increase in the consistency index was observed for all the additive samples, but the highest variation was 2.5%. The samples added with 5.0 and 7.5% did not present yield stress in the studied range. The formulation that presented the best results with little change in the initial characteristics of the ink, was the formulation with 2.5% of carbon black, using methodology 2.

KEYWORDS: Rheology; Acrylic paint; ANOVA.

1 | INTRODUÇÃO

A humanidade sempre buscou por materiais capazes de atuarem como protetores para artefatos. Os chineses já no século XII haviam desenvolvido o que conhecemos hoje em dia por tintas e vernizes (JIANHONG et al., 2015, 2018; LIU et al., 2016; SUNG et al., 2016). Estes conferiam a madeira um ótimo revestimento protetor, esses produtos foram chamados de “laca Chinesa” (JIANHONG et al., 2016; OKAMATO et al., 2018; XIAO et al., 2018). O composto tinha como constituinte principal um composto fenólico (WANG et al., 2018; YOSHIDA et al., 2000) de origem vegetal.

O Brasil tem posição de destaque na área de alcoolquímica e de materiais desenvolvidos a partir do etanol. Esses produtos são denominados materiais verdes, e são uma importante fonte de matéria-prima para a indústria de tintas e vernizes (PAVLO et al., 2018).

As principais resinas poliméricas utilizadas na produção de tintas são: resina epoxídicas (ALSHIPLI et al., 2018), resina alquídicas (WALTHER et al., 2018), resinas fenólicas (BEDA et al., 2018), resinas acrílicas (PROCÓPIO et al., 2018) e outras. As resinas dão o nome comercial às tintas como: tinta acrílica, tinta PVA dentre outros.

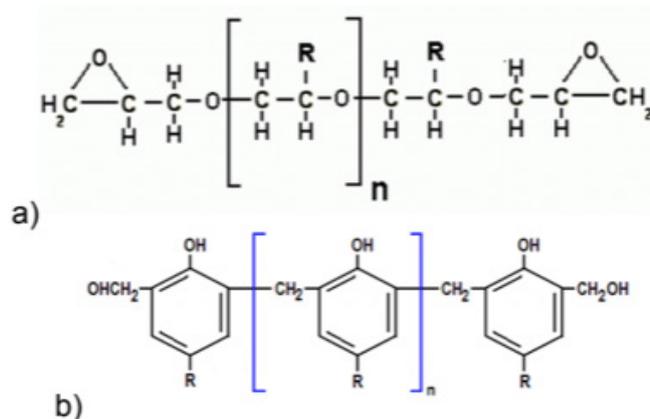


Figura 1. Estruturas de algumas resinas que são encontradas no mercado: a) resinas epoxídicas e b) resina fenólica .

A tinta comercial é formada por uma mistura sólida e líquida volátil. A parte sólida formará uma película polimérica aderente à superfície do substrato. A parte sólida é constituída por pigmentos, cargas, aditivos e resinas (ANTONAI et al., 2016; PARVATE et al., 2019). A parte líquida volátil é constituída de água, solventes orgânicos e/ou aditivos (desengraxantes, dispersantes, secantes, emulsificantes, antiespumantes, coalescentes e espessantes). A tinta tipo látex apresenta uma composição básica contendo:

Porcentagem (%)	Composição
24-26	Pigmentos
29-31	Veículo Sólido (total de sólidos)
44-56	Solventes (material volátil dos solventes)
44-46	Aditivos Voláteis

Tabela 1. Composição da Tinta tipo látex

As resinas acrílicas são amplamente empregadas na indústria de tintas e revestimentos, podendo ser extremamente versáteis do ponto de vista da aplicação final. Os estudos iniciais datam de 1901. A produção industrial desses polímeros foi iniciada em 1927 por Rohm e Haas.

As lacas acrílicas formam filme por evaporação do solvente, não ocorrendo mudanças de natureza química durante a secagem. Tanto as lacas utilizadas na repintura automotiva, quanto às usadas em equipamento eletrônico em geral, são baseadas no homopolímero de metacrilato de metila (PMMA) (ROSA et al., 2018). O PMMA tem alta temperatura de transição vítrea em torno de 105°C, alta dureza, excelente resistência a intempéries, boa resistência química e física (MAO et al., 2018). Mas, necessita ser plastificado externamente a fim de conferir flexibilidade a película (REZA et al., 2018). A copolimerização do metacrilato de metila (BOUZID et al., 2018) com monômero de acrilato de butila. Esse grupo substituinte confere ao copolímero boa flexibilidade e ausência de trincas, dispensando o uso de plastificantes externos. Estes copolímeros

(MOHAMMED, 2018) são referidos como sendo plastificantes internos e a eles são atribuídas propriedades elevadas quando comparados com os plastificados externos.

Na literatura, é possível ainda encontrar estudos que tratam da adição de cargas ou polímeros, que são incorporados às tintas acrílicas comerciais a fim de se obter propriedades bem características e particulares dessas combinações. A aditivação da tinta acrílica comercial com cargas (condutoras, nanopartículas, reforçantes dentre outras) é realizada por meio de dispersão na emulsão. Para tornar uma tinta condutora de eletricidade é comum a utilização de polímeros condutores ou cargas condutoras como o negro de fumo (SIRQUEIRA et. al. 2014).

O Negro de fumo é usado em diversos ramos da engenharia de materiais. Na área polimérica, dependendo da concentração aplicada, altera as propriedades físicas e químicas dos polímeros. Essas alterações podem retardar a degradação dos polímeros quando expostos a luz, melhorar a resistência à tração, aumentar os módulos de flexão e compressão e outras. Pode ainda apresentar melhoria na resistência à fadiga do material que está sendo combinado, e claro, aumentar a condutividade elétrica como já mencionado.

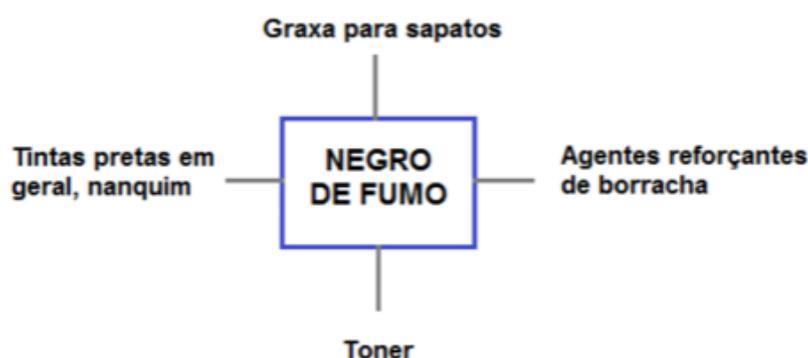


Figura 2. Propriedades que podem ser melhoradas com a combinação do Negro de fumo.

A reologia é ferramenta fundamental para o bom entendimento das propriedades e aplicações das tintas e revestimentos poliméricos (LEE; ROGER; TANNER, 2010; SIRQUEIRA et al., 2016; WU; QUEIROZ; MOHALLEM, 2016). O fenômeno de tixotropia é comum em tintas, sendo uma característica reológica interessante (redução da viscosidade com o tempo de aplicação de uma taxa de cisalhamento).

Diante de todas essas informações que já sabemos sobre as tintas, viu-se a importância e necessidade do presente trabalho ser realizado. Inicialmente foi realizado tratamento estatístico e reológico em duas tintas comerciais disponíveis no mercado brasileiro. Foi realizado estudo comparativo entre as tintas. Após essa avaliação foi realizado testes das curvas de fluxo e tensão constante das tintas, e diante dos dados fornecidos por essas avaliações foi possível mensurar o desempenho das tintas bem como o comportamento reológico das mesmas. Em seguida foi realizada a aditivação da tinta com diferentes teores de negro de fumo condutor.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Dois tintas acrílicas comerciais amplamente utilizadas para pinturas de paredes com características de baixo odor e foscas foram utilizadas neste trabalho. Dois fornecedores líderes do segmento de tintas acrílicas foram escolhidos e classificados como Tinta 1 e Tinta 2. O volume produzido, consumo e valor de venda são superiores da tinta 1. Os critérios de escolha das tintas foram: fosca, baixo odor, produtores nacionais e valores de venda diferenciados. A avaliação reológica foi determinada utilizando viscosímetro rotacional de cilindros concêntricos (Anton Paar), geometria cilíndrica com 27 mm de diâmetro. A temperatura de análise foi mantida em 20°C utilizando banho termostático (Lauda R-8), acoplado ao viscosímetro. O teor de cinzas foi determinado com auxílio de Mufla (marca EDG), programada com rampa de temperatura de 10 °C/min até 1000 °C, sendo mantida por 30 minutos.

O Negro de Fumo Condutor utilizado foi gentilmente cedido pela empresa Cabot S/A (XC 72). A tinta acrílica tinha pH=9, volume de sólidos = 60 %, viscosidade = 95 UK e densidade = 1,26 g/cm³.

2.2 Metodologia

As duas tintas acrílicas foram catalogadas com as codificações: Tinta 1 e Tinta 2. Antes de utilizar as tintas, ambas foram agitadas manualmente por cerca de 5 minutos com auxílio de misturador mecânico, a temperatura ambiente e rotação de 1000 RPM. Em seguida, alíquotas das tintas foram retiradas para determinação dos teores de sólidos e de cinzas.

O teor de sólidos das tintas foi calculado em razão mássica, cinco alíquotas foram testadas para validação estatística dos resultados.

O teor de cinzas foi determinado após queima do material em mufla. Uma alíquota da tinta foi vertida em um cadinho, que foi aquecido até 1000°C com taxa de aquecimento de 10 °C/min. Em seguida, manteve-se por 30 minutos a temperatura de 1000 °C. Após a queima total do material no cadinho de porcelana, este foi pesado novamente e determinado o percentual de cinzas. O teste foi repetido cinco vezes.

As caracterizações reológicas foram obtidas com auxílio do viscosímetro rotacional. A curva de fluxo foi alcançada variando-se a taxa de cisalhamento de 1 até 1000 s⁻¹. A temperatura de análise foi mantida a 20°C com variação aceitável de 0,1 °C. O ensaio de tensão controlada foi realizado impondo 2Pa de tensão constante nas tintas.

A aditivação da tinta com o negro de fumo foi realizada da seguinte maneira: O negro de fumo condutor foi disperso na tinta acrílica, utilizando duas metodologias: M1 – negro de fumo adicionado na tinta e processado no Hamilton Beach a 10.000 RPM por 10 minutos; e M2 – negro de fumo macerado em graal por cinco minutos e depois

disperso em Hamilton Beach a 10.000 RPM por 10 minutos. Em seguida, as amostras foram armazenadas em recipientes a temperatura de 25 °C. Os teores de negro de fumo avaliados foram 2,5; 5,0 e 7,5 %.

A avaliação reológica das amostras foi realizada em reômetro oscilatório de placas paralelas, fabricado pela Haake, marca MARS III. Os ensaios realizados foram: varredura de tensão (0,01 a 100 Pa).

As concentrações usadas nas misturas do negro de fumo, bem como a metodologia utilizada se encontram na Tabela 2.

Amostras	Negro de Fumo, %	Metodologia 1	Metodologia 2
Tinta Acrílica	0	Sim	Não
M1 2,5	2,5	Sim	Não
M1 5,0	5,0	Sim	Não
M1 7,5	7,5	Sim	Não
M2 2,5	2,5	Não	Sim
M2 5,0	5,0	Não	Sim
M2 7,5	7,5	Não	Sim

Tabela 2. Misturas feitas para a aditivação da Tinta comercial

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta as principais características das tintas comerciais estudadas. Nota-se que o percentual de sólidos na Tinta 1 é superior ao da Tinta 2. A mesma tendência foi observada para o percentual de cinzas.

	Tinta 1	Tinta 2
Teor de Sólidos Calculado, %	51,35	48,88
Teor de Cinzas Calculado, %	32,64	25,67
VOC – Compostos Orgânicos Voláteis (ASTM D 3960-05)	37 – 55	49,7 – 51,7
Sólidos / Massa *, %	37 – 55	49 – 52
Densidade *, g/cm ³	1,19 – 1,39	1,323 – 1,383

Tabela 3. Principais características das Tintas Comerciais Tinta 1 e Tinta 2.

* Informações divulgadas pelos fornecedores em catálogos dos produtos

Com o intuito de avaliar há existência de diferença significativa entre os valores médios. Fez-se o tratamento ANOVA para um fator.

A Tabela 4 apresenta os resultados do tratamento estatístico ANOVA para os dados de cinzas e sólidos. Nota-se que não há variação estatística entre os valores de teor de sólidos. Entretanto, há diferença estatística entre os valores percentuais

de cinzas. Desta maneira é possível especular que as variações encontradas nas análises podem ser atribuídas as diferenças no teor de cinzas. Ou seja, existe uma maior concentração de material inorgânico na Tinta 1 em relação a Tinta 2.

ANOVA: fator único				Teor de cinzas		
RESUMO						
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
Tinta 1	4	130,55	32,639	6,3362		
Tinta 2	4	102,69	25,673	0,292		
ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	97,04623	1	97,04623	29,28125	0,0016	5,987
Dentro dos grupos	19,88567	6	3,314278			
Total	116,9319	7				

ANOVA: fator único				Teor de sólidos		
RESUMO						
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
Tinta 1	4	205,40	51,35	0,574		
Tinta 2	4	195,55	48,88	2,295		
ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	12,12072	1	12,120	8,446273	0,0271	5,988
Dentro dos grupos	8,610228	6	1,435			
Total	20,73095	7				

Tabela 4. ANOVA para o teor de cinzas e sólidos das tintas acrílicas.

3.3 Análise reológica

As medidas reológicas são consideradas ferramenta analítica por fornecer uma introspecção da organização estrutural dos polímeros (HOLDSWORTH et al., 1971), sendo os dados reológicos essenciais em processos, controle de qualidade, avaliações sensoriais, estabilidade e aceitação dos produtos pelos fornecedores (ABU-JDAYIL et al., 2002; STEFFE, 1996).

Nas avaliações reológicas normalmente são utilizados reômetros. Esses equipamentos têm grande aceitação no controle de qualidade e desenvolvimento de produtos. As vantagens são inúmeras, principalmente por possibilitar a determinação do valor absoluto da viscosidade, pois esses equipamentos dispõem de sensores dentro das normas ISO e adequados para diferentes tipos de problemas (cilindros concêntricos para produtos poucos viscosos e placa/cone para amostras de alta viscosidade ou altas taxas de cisalhamento).

Os reômetros são equipamentos muito práticos de usar, porém é necessária uma

análise crítica dos resultados para que a situação ensaiada não seja avaliada de forma simplista (G., 2006; SILVEIRA, 1991). A descrição do comportamento reológico não-newtoniano é feita através de modelos empíricos que são usados para relacionar os dados de tensão de cisalhamento e taxa de cisalhamento. O modelo mais prático para uma análise reológica é o modelo de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência), Equação 1.

$$\tau = k\dot{\gamma}^n \quad (1)$$

A Figura 3 apresenta a curva de fluxo para as duas tintas estudadas. Nota-se que o comportamento não é Newtoniano, pois a relação não é linear (linha reta). Ocorre variação na viscosidade com o aumento da taxa de cisalhamento, o que caracteriza o comportamento de fluidos não-Newtonianos. Vale destacar que em baixas taxas de cisalhamento, ou seja, em processos de pintura como espalmagem, pincel ou sedimentação, não se observa variação entre as duas tintas. Porém em altas taxas de cisalhamento, aplicação com pistola ou spray, a Tinta 1 apresenta maior valor de tensão de cisalhamento. E conseqüentemente, maior viscosidade. É válido afirmar que a Tinta 1 irá consumir mais energia para pintar uma mesma superfície. Ao tentar explicar este comportamento, pode-se especular que devido o teor de carga ser maior para a Tinta 1, esta irá produzir maior resistência ao fluxo. Em aplicações com pistola, é comum observar a evaporação dos solventes antes do contato com a superfície. Ou seja, a Tinta 1 poderá atingir a superfície do revestimento com menor número de moléculas de água, o que facilitará a secagem, reduzindo o escorrimento da tinta. Porém, a tendência de entupimento da pistola é maior.

Ao ajustar os dados experimentais com o modelo da Lei das Potências, obteve-se os parâmetros da equação 1, o coeficiente de correlação foi de 0,998. A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos para o ajuste da equação. Nota-se que o índice de consistência, k , é maior para a Tinta 1, confirmando o efeito observado na Figura 3. Este parâmetro pode ser associado com a viscosidade do material. Assim, a Tinta 1 apresenta maior consistência.

O índice das potências, n , classifica o comportamento do material: se $n > 1$ o fluido é dilatante; se $n = 1$ o fluido é Newtoniano e se $n < 1$ o fluido é pseudoplástico. Noventa e sete por cento dos polímeros são pseudoplásticos. Com os resultados obtidos nota-se que a Tinta 1 tem características pseudoplásticas maiores ($n = 0,4843$). E a tinta 2 com valor de $n = 0,6482$, tende a aproximar-se do comportamento Newtoniano. O perfil de um fluido pseudoplástico é parabólico, facilitando a entrada no capilar do dispersor da tinta, durante a aplicação. Assim, embora a Tinta 1 apresente maior viscosidade, o que aumentaria o consumo de energia, o perfil parabólico pode atenuar o consumo de energia.

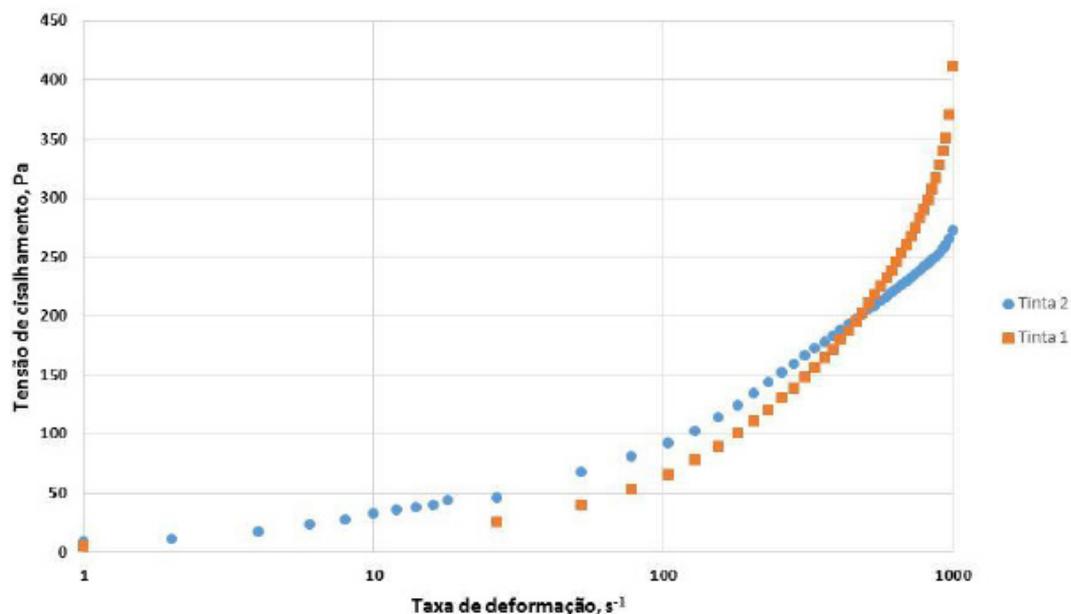


Figura 3. Curva de Fluxo para as tintas acrílicas.

Amostras	K (Pa.s ⁿ)	n	R ²
Tinta 1	9,88	0,4843	0,998
Tinta 2	3,72	0,6482	0,997

Tabela 4. Ajustes obtidos após tratamento de dados

O ensaio reológico com tensão controlada permite determinar a tensão em que ocorre o fluxo do material. É uma maneira de mensurar o ponto de escoamento do material (YieldPoint). Naccache apresentou recentemente várias maneiras de determinar o ponto de escoamento de fluidos não Newtonianos (NACCACHE, 2018).

A avaliação reológica é um estudo de suma importância para estudar o comportamento da tinta em diferentes aplicações. Alguns materiais apresentam pontos de escoamento (Yield Stress), e os materiais que apresentam esses pontos, tem características particulares, tal como o aumento repentino na taxa de cisalhamento quando submetidos a tensões. A Figura 4, evidencia justamente esse comportamento.

As tintas acrílicas aditivas ou não apresentam este comportamento. É possível verificar nessa análise que a tinta acrílica pura apresenta um ponto de escoamento bem menor, quando comprada com o ponto de escoamento das misturas aditivadas com negro de fumo. Os valores do Yield Stress das demais amostras de 5% e 7,5% de negro de fumo, são maiores que 100 Pa, por isso não são mostradas na Figura 4.

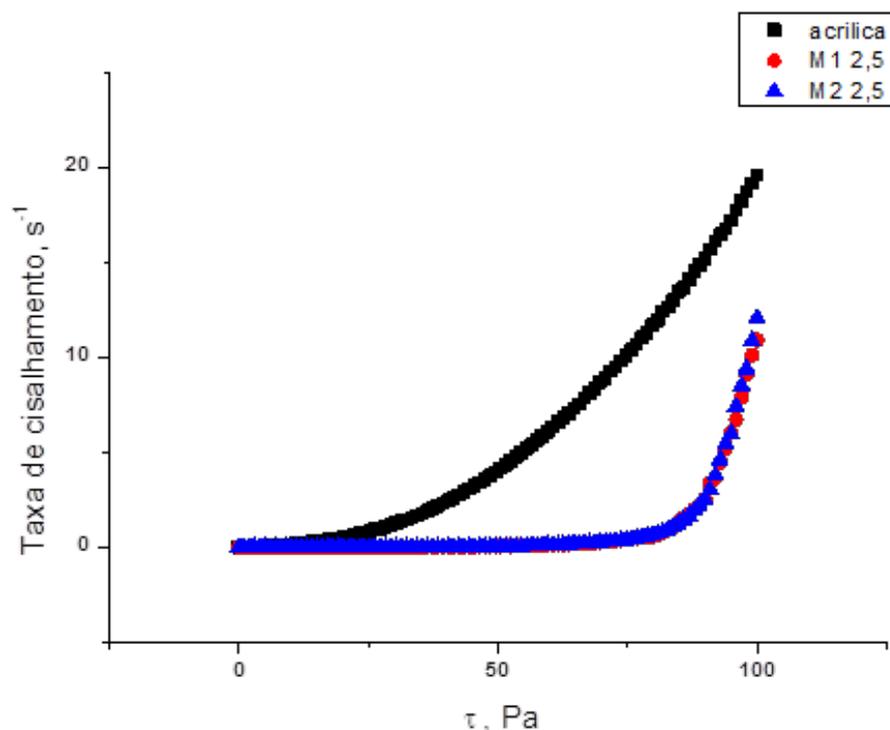


Figura 4. Comportamento da Tinta Acrílica e a mistura de negro de fumo com 2,5% nas duas metodologias usadas.

A Tabela 5, mostra os valores obtidos para o índice de consistência (k), índice de fluxo (n) e o valor do erro obtido para esses cálculos

Amostras	Índice de consistência, k	Índice de fluxo, n	R^2
Tinta Acrílica	33,159	0,4074	0,9753
M1 2,5	65,066	0,2763	0,9980
M1 5,0	52,329	0,3005	0,9971
M1 7,5	66,792	0,2667	0,9999
M2 2,5	56,629	0,2184	0,9649
M2 5,0	69,279	0,3257	0,9841
M2 7,5	59,156	0,3523	0,9748

Tabela 5. Valores obtidos através dos calculos propostos

4 | CONCLUSÕES

A análise reológica de duas tintas acrílicas comerciais foi avaliada com auxílio de viscosímetro rotacional.

A tinta comercial 1 apresenta maior percentual de material inorgânico, e isso pode justificar o seu preço ser maior em relação a tinta 2.

A viscosidade a baixas taxas de deformação são aproximadamente iguais para as duas tintas, porém, quando estão em altas taxas o alto teor de carga eleva a viscosidade da tinta 1.

O modelo da Lei das Potências apresentou uma resposta ajustada ao modelo

proposto, adequando plenamente aos pontos experimentais. Assim, comprovou-se a eficácia do modelo apresentado.

A Tinta 2 apresenta maior valor de índice das potenciais em relação a Tinta 1.

A adição do negro de fumo na tinta acrílica acarretou numa redução do valor inicial do índice de o pseudoplasticidade (n), também conhecido como índice de fluxo, da tinta acrílica pura, tornando a mesma com uma maior característica pseudoplástica. Este resultado favorece a aplicação de tintas aditivadas em equipamentos de pintura com alto teor de carga, como pistola.

É de grande ressalva ainda, dizer que para maiores valores das concentrações do negro de fumo, ou seja, maiores valores de carga aditivada adicionada, o valor de n aumenta. Esse comportamento se deve, ao fato de termos um excesso de carga que foi adicionada na mistura.

5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPERJ e CNPq pelo apoio.

REFERÊNCIAS

G., S. **Reologia e reometria: Fundamentos teóricos e práticos**. 1 Edição ed. São Paulo: Artliber, 2006.

HU, H.; ZHOU, H.; LI, P. Lacquer wax coating improves the sensory and quality attributes of kiwifruit during ambient storage. **Scientia Horticulturae**, v. 244, p. 31–41, 2019.

JIANHONG, Y. et al. Effects of polysaccharides on the properties of chinese lacquer sap. **Progress in Organic Coatings**, v. 78, p. 176–182, 2015.

JIANHONG, Y. et al. Thermal polymerization of lacquer sap and its effects on the properties of lacquer film. **Progress in Organic Coatings**, v. 94, p. 41–48, 2016.

JIANHONG, Y. et al. Promotion by copper (II) modified montmorillonite of the drying property of oriental lacquer sap. **Progress in Organic Coatings**, v. 118, p. 72–81, 2018.

LEE, D.; ROGER, W.; TANNER, I. The impact of blue organic and inorganic pigments on the crystallization and rheological properties of isotactic polypropylene. p. 75–88, 2010.

LIU, L. et al. Lacquering craft of Qing Dynasty lacquered wooden coffins excavated from Shanxi, China - A technical study. **Journal of Cultural Heritage**, v. 20, p. 676–681, 2016.

NACCACHE, M. F. **Determination of yielding stress**. (UNISINOS, Ed.)IV Brazilian Conference on Rheology. **Anais...**São Leopoldo, RS: 2018.

OKAMATO, S. et al. Application of pyrolysis-comprehensive gas chromatography / mass spectrometry for identification of Asian lacquers. **Talanta**, v. 189, p. 315–323, 2018.

SILVEIRA, C. A. Uso do viscosímetro brookfield em determinações reológicas. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 1, 1991.

- SIRQUEIRA, A. DA S. et al. Rheological behavior of acrylic paint blends based on polyaniline. **Polímeros**, 2016.
- SUNG, M. et al. Study of historical Chinese lacquer culture and technology - Analysis of Vhines Qin-Han dynasty lacquerware. **Journal of Cultural Heritage**, v. 21, p. 889–893, 2016.
- WANG, N. et al. Analytical investigation into materials and technique: Carved lacquer decorated panel from Fuwangge in the Forbidden City of Qianlong Period, Qing Dynasty. **Journal of Archaeological Science Reports**, v. 17, p. 529–537, 2018.
- XIAO, Z. et al. Fire retardancy of an aqueous, intumescent, and translucent wood varnish based on guanylurea phosphate and melamine-urea-formaldehyde resin. **Progress in Organic Coatings**, v. 121, p. 64–72, 2018.
- YOSHIDA, T. et al. Specific biological activities of Chinese lacquer polysaccharides. **Carbohydrate Polymers**, v. 43, n. 1, p. 47–54, 2000.
- PAVLO, B. et al. Adhesion strength of thermally compressed and varnished wood (TCW) substrate. **Progress in Organic Coatings**, v. 125, p. 331-338, 2018.
- ALSHIPLI, M. et al., Measurement of attenuation coefficients and CT numbers of epoxy resin and epoxy-based *Rhizophoraspp* particleboards in computed tomography energy range. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 149, p. 41-48, 2018.
- WALTHER, S. et al., Functionalization of an alkyd resin with (meth)acrylate groups for photoinitiated polymerization. **Progress in Organic Coatings**, v. 125, p. 316-324, 2018.
- BEDA, A. et al., Hard carbons derived from green phenolic resins for Na-ion batteries. **Carbon**, v. 139, p. 248-257, 2018.
- PROCÓPIO, A. L. F. et al., Antimicrobial and cytotoxic effects of denture base acrylic resin impregnated with cleaning agents after long-term immersion. **Toxicology in Vitro**, v. 52, p. 8-13, 2018.
- ANTONAIA, A. et al., Cool materials for reducing summer energy consumptions in Mediterranean climate: In-lab experiments and numerical analysis of a new coating based on acrylic paint. **Applied Thermal Engineering**, v. 102, p. 91-107, 2016.
- PARVATE, S. et al., Insights into the preparation of water-based acrylic interior decorative paint: tuning binder's properties by self-crosslinking of allyl acetoacetate – hexamethylenediamine. **Progress in Organic Coatings**, v. 126, p. 142-149, 2019.
- ROSA, B. et al., Synthesis and characterization of PMMA and organic modified montmorillonites nanocomposites via in situ polymerization assisted by sonication. **Applied Clay Science**, v. 160, p. 132-143, 2018.
- MAO, Z. et al., Fabricating sea-island structure and co-continuous structure in PMMA/ASA and PMMA/CPE blends: Correlation between impact property and phase morphology. Available online 10 November 2018, In Press, Accepted Manuscript.
- REZA, M. A. et al., Experimental investigation of tensile strength of friction stir welded butt joints on PMMA. **Materialstoday Communications**, v. 17, p. 238-245, 2018.
- BOUZID, S. et al., Molecular dynamics simulation studies of the miscibility and thermal properties of PMMA/PS polymer blend. **Chinese Journal of Physics**, Available online 19 October 2018.
- MOHAMMED, M. I. et al., Optical properties of ZnO nanoparticles dispersed in PMMA/PVDF blend. **Journal of Molecular Structure**, v. 1169, p. 9-17, 2018.

SOBRE A ORGANIZADORA

CARMEN LÚCIA VOIGT Doutora em Química na área de Química Analítica e Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especialista em Química para a Educação Básica pela Universidade Estadual de Londrina. Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Experiência há mais de 10 anos na área de Educação com ênfase em avaliação de matérias-primas, técnicas analíticas, ensino de ciências e química e gestão ambiental. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se uma atuação por resultado, como: supervisora de laboratórios na indústria de alimentos; professora de ensino médio; professora de ensino superior atuando em várias graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; palestrante; pesquisadora; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Autora de artigos científicos. Atuou em laboratório multiusuário com utilização de técnicas avançadas de caracterização e identificação de amostras para pesquisa e pós-graduação em instituição estadual.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-237-1

