

# Atividades de Ensino e de Pesquisa em Química

## 3

**Atena**  
Editora

Ano 2020

Jéssica Verger Nardeli  
(Organizadora)



# Atividades de Ensino e de Pesquisa em Química

## 3

**Atena**  
Editora

Ano 2020

Jéssica Verger Nardeli  
(Organizadora)



2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Natália Sandrini de Azevedo

**Edição de Arte:** Luiza Batista

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernando da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof<sup>a</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof<sup>a</sup> Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof<sup>a</sup> Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
A872	<p>Atividades de ensino e de pesquisa em química 3 [recurso eletrônico]            / Organizadora Jéssica Verger Nardeli. – Ponta Grossa, PR:            Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF            Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.            Modo de acesso: World Wide Web.            Inclui bibliografia            ISBN 978-65-5706-102-2            DOI 10.22533/at.ed.022202206</p> <p>1. Química – Pesquisa – Brasil. I. Nardeli, Jéssica Verger.  <span style="float: right;">CDD 540</span></p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A coleção “Atividades de Ensino e de Pesquisa em Química” é uma obra que tem um conjunto fundamental de conhecimentos direcionados a industriais, pesquisadores, engenheiros, técnicos, acadêmicos e, é claro, estudantes. A coleção abordará de forma categorizada pesquisas que transitam nos vários caminhos da química de forma aplicada, inovadora, contextualizada e didática objetivando a divulgação científica por meio de trabalhos com diferentes funcionalidades que compõem seus capítulos.

O objetivo central foi apresentar de forma categorizada e clara estudos relacionados ao desenvolvimento de protótipo de baixo custo, análise do perfil químico de extratos, degradação de resinas, quantificação de flavonoides, estudo de substâncias antioxidantes e avaliação do grau de contaminação das águas. Em todos esses trabalhos a linha condutora foi o aspecto relacionado ao desenvolvimento, otimização e aplicação, entre outras abordagens importantes na área de química, ensino e engenharia química. Atividades de Ensino e de Pesquisa em Química 3 tem sido um fator importante para a contribuição em diferentes áreas de ensino e pesquisa.

Temas diversos e interessantes são, deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela área de química. Possuir um material que demonstre evolução de diferentes metodologias, abordagens, aplicações de processos, caracterização substanciais é muito relevante, assim como abordar temas atuais e de interesse tanto no meio acadêmico como social.

Portanto, esta obra é oportuna e visa fornecer uma infinidade de estudos fundamentados nos resultados experimentais obtidos pelos diversos pesquisadores, professores e acadêmicos que desenvolveram seus trabalhos que aqui serão apresentados de maneira concisa e didática.

Jéssica Verger Nardeli

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE BAIXO CUSTO PARA MEDIDA DE ÂNGULO DE CONTATO	
Samanta Costa Machado Silva	
Jorge Amim Júnior	
Ana Lucia Shiguihara	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0222022061</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>9</b>
MONITORING AGEING OF RESOL TYPE PHENOLIC RESIN BY IMPEDANCE SPECTROSCOPY	
Anderson Ferreira	
Luiz Claudio Pardini	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0222022062</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>17</b>
ANÁLISE DO PERFIL QUÍMICO DOS EXTRATOS DAS PARTES AÉREAS DE <i>Peperomia pellucida</i>	
Gabriela Barbosa dos Santos	
Manolo Cleiton Costa de Freitas	
Ana Carolina Gomes de Albuquerque de Freitas	
Leandro Marques Correia	
Eduardo Antonio Abreu Pinheiro	
Anderson de Santana Botelho	
Wandson Braamcamp de Souza Pinheiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0222022063</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>33</b>
ESTUDO DA DEGRADAÇÃO CONTROLADA DE RESINAS USADAS COMO VERNIZES EM OBRAS DE ARTE: A BUSCA POR INIBIDORES DE FOTOOXIDAÇÃO COM MECANISMO DUAL	
Luisa Malizia Alves	
Daniel Pais Pires Vieira	
Daniel Lima Marques de Aguiar	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0222022064</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>45</b>
TRATAMENTO QUÍMICO NA RECUPERAÇÃO DE MERCÚRIO PRESENTES EM LÂMPADAS FLUORESCENTES	
Cesar Tatari	
Marcio Callejon Maldonato	
Douglas Cunha Siva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0222022065</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>50</b>
QUANTIFICAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS, FLAVONOIDES E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM MEL DE <i>Melipona subnitida</i> D.	
Maria da Conceição Tavares Cavalcanti Liberato	
Paulo Roberto Santos de Lima	
Glemilson Moita de Aguiar	
Ítalo Ramon Rocha Muniz	
Renata Almeida Farias	
Joaquim Rodrigues de Vasconcelos Neto	
Luziane Rocha da Silva	
Vanessa Cristina Silva Vasconcelos	



**DOI 10.22533/at.ed.0222022066**

**CAPÍTULO 7 ..... 55**

O USO DA ACETIL-L-CARTININA (LAC) NO DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO DA DEPRESSÃO

Danielle Cristina Gomes  
Ascalazan Julio Bartles Marcondes  
Beatriz Stefany dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.0222022067**

**CAPÍTULO 8 ..... 58**

PLANTAS MEDICINAIS COM EFEITOS ANTITUSSÍGENOS E EXPECTORANTES COMO FONTE DE TRATAMENTO RESPIRATÓRIO: UMA REVISÃO

Valdiléia Teixeira Uchôa  
Deydiellen Gomes de Sousa  
Patrícia e Silva Alves  
Gilmânia Francisca Sousa Carvalho  
Herbert Gonzaga Sousa  
Antônio Rodrigues da Silva Neto  
João Paulo Rodrigues da Silva  
Katianne Soares Lopes  
Maria Lanna Souza da Silva  
Maria de Sousa Santos Bezerra  
Renata da Silva Carneiro  
Tatiana de Oliveira Lopes

**DOI 10.22533/at.ed.0222022068**

**CAPÍTULO 9 ..... 71**

ESTUDO DA CAPACIDADE DE REMOÇÃO DO IBUPROFENO UTILIZANDO A CELULOSE

Matheus Londero da Costa  
Joana Bratz Lourenço  
William Leonardo da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.0222022069**

**CAPÍTULO 10 ..... 77**

DETERMINAÇÃO ESPECTROFOTOMÉTRICAS DE COMPOSTOS COM ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM AMOSTRAS DE CHÁS

Miguel Oliveira Silva Santos  
Débora de Andrade Santana  
Hebert Matos Miranda  
Samantha de Souza Cunha  
Valesca Juliana Silveira Ferreira Nunes

**DOI 10.22533/at.ed.02220220610**

**CAPÍTULO 11 ..... 87**

CONTEÚDO FENÓLICO E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE FARINHA INTEGRAL DE AMARANTO

Bárbara Elizabeth Alves de Magalhães  
Walter Nei Lopes dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.02220220611**

**CAPÍTULO 12 ..... 95**

AValiação DO GRAU DE CONTAMINAÇÃO POR METAIS TÓXICOS E A DETERMINAÇÃO QUALIDADE DAS ÁGUAS DA LAGOA IMARUÍ DO COMPLEXO LAGUNAR

Jair Juarez João  
Cintia Souza da Silva

<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>109</b>
AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DA AZITROMICINA USANDO REATOR COM RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA	
Rosecler Ribeiro Franzon	
Sabrina Grando Cordeiro	
Ani Caroline Weber	
Bruna Costa	
Gabriela Vettorello	
Bárbara Parraga da Silva	
Aline Botassoli Dalcorso	
Eduardo Miranda Ethur	
Lucélia Hoehne	
<b>DOI 10.22533/at.ed.02220220613</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>118</b>
DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO ANALÍTICO PARA PREVISÃO DA CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ENERGIA DE IMPACTO EM COMPÓSITOS TERMOPLÁSTICOS COMMINGLED REFORÇADOS COM FIBRA DE CARBONO	
Ricardo Mello Di Benedetto	
Edson Cocchieri Botelho	
Antonio Carlos Ancelotti Junior	
Edric João Gomes Putini	
<b>DOI 10.22533/at.ed.02220220614</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>126</b>
ANÁLISE QUANTITATIVA DE CIANETO EM AMOSTRAS DE MANDIOCA	
Igor Feijão Cardoso	
Paulo Sérgio Taube Júnior	
Júlio César Amaral Cardoso	
Sorrel Godinho Barbosa de Souza	
Márcia Mourão Ramos Azevedo	
Emerson Cristi de Barros	
José Augusto Amorim Silva do Sacramento	
Anna Beatriz Farias dos Santos	
Thalia Nascimento Figueira	
Gabriela Polato Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.02220220615</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>138</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>139</b>

## MONITORING AGEING OF RESOL TYPE PHENOLIC RESIN BY IMPEDANCE SPECTROSCOPY

*Data de aceite: 01/06/2020*

*Data de submissão: 11/05/2020*

### Anderson Ferreira

Instituto de Aeronáutica e Espaço do  
Departamento de Ciência e Tecnologia  
Aeroespacial

São José dos Campos – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/3901345673394058>

### Luiz Claudio Pardini

Instituto Tecnológico de Aeronáutica do  
Departamento de Ciência e Tecnologia  
Aeroespacial

São José dos Campos – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/5341431436245618>

**ABSTRACT:** Phenolic resins are the most common matrix for carbon materials. They are available in various forms, i.e., from powder to liquid. As so, they can be processed by various means, such as autoclave molding or compression molding. As any other thermoset resin, shelf life is a key issue for processing because during curing the resulted component, in the form of a composite or bulk piece, can be prone to have undesirable pore volume that compromise properties. Many techniques can be used to monitor the advancement of

crosslink, such as, calorimetric technique (DSC), spectrometric technique (FTIR), rheometric techniques, among others. In this work, the electrical properties, in the form of impedance spectroscopy, was used. The dielectric constant, loss factor and electrical conductivity were the main parameters to be measured as a function of ageing time.

**KEYWORDS:** Phenolic resin, ageing, impedance spectroscopy.

### 1 | INTRODUCTION

Phenolic resol and novolak resins are commonly used for manufacturing of abrasive products. Resol is used as the wetting agent whilst novolak is used as a binder. Resol is a liquid resin obtained in the reaction of phenol with formaldehyde in a basic environment by using excess of formaldehyde, resol forms a mixture which might be cured at elevated temperature.

The main advantage of phenolic resins is their low price while the main disadvantage of these resins is their instability during storage. The ageing of resol results in an increase of its viscosity and resol resin with high viscosity will not cover, for instance, a fabric uniformly

(STRZEMIECKA *et al.*, 2016).

In this work, it is proposed a reliable, simple and inexpensive technique used to evaluate the ageing of resol type phenolic resin, the impedance spectroscopy technique. Besides, this technique can be used as process control and quality control tool of finished product (ALVES *et al.*, 2018; FAZZINO, REIFSNIDER e MAJUMDAR, 2009). Electrical impedance was measured, thus, dielectric constant, loss factor and electrical conductivity were the parameters calculated from the measured impedance as a function of ageing time.

## 2 | MATERIALS E METHODOLOGY

### 2.1 Materials

A liquid phenolic resin, resol type CR2830, provided by SI GroupCrios Resinas S.A. The CR2830 resol phenolic resin has a molecular weight of 194 g/mol and dynamic viscosity of 165 mPa.s at 25 °C. The gel temperature of this resin is at 120 °C. The density after curing is 1.22 g.cm<sup>-3</sup>.

### 2.2 Methodology

The electrical quantity measured by impedance spectroscopy technique is electrical impedance that can be represented by impedance module  $|Z|$ , as well as by rectangular coordinates, the real part of impedance ( $Z'$ ) and the imaginary part of impedance ( $Z''$ ), these are related to each other by equations (1) to (3) (PRADHAN, CHOUDHARY e SAMANTARAY, 2008; ELIMAT *et al.*, 2010).

$$|Z|^2 = Z'^2 + Z''^2 \quad (1)$$

$$Re(Z) = Z' = |Z| \cos\phi \quad (2)$$

$$Im(Z) = Z'' = |Z| \sen\phi \quad (3)$$

Where

$\cos \phi$  = cosine of phase angle

$\sen \phi$  = sine of phase angle

The dielectric constant ( $\epsilon_r'$ ) and loss factor ( $\epsilon_r''$ ) of sample were calculated from measured impedance by equations (4) to (6) (PRADHAN, CHOUDHARY e SAMANTARAY, 2008; ELIMAT *et al.*, 2010).

$$\varepsilon_r' = -\frac{Z''}{2\pi f C_0 |Z|^2} \quad (4)$$

$$\varepsilon_r'' = \frac{Z'}{2\pi f C_0 |Z|^2} \quad (5)$$

$$C_0 = \varepsilon_0 \frac{A}{d} \quad (6)$$

Where:

$C_0$  is the geometric capacitance of empty sample holder, F;

$\varepsilon_0$  is the vacuum permittivity ( $8.85 \cdot 10^{-12}$  F/m);

$A$  is the sample area in contact with guarded electrode, m<sup>2</sup>;

$d$  is the thickness of sample (distance between guarded and unguarded electrodes), m;

$f$  is the frequency of applied AC electric field, Hz.

The electrical conductivity ( $\sigma$ ) as a function of frequency of the applied AC electrical field is determined by using the equation (7) (PRADHAN, CHOUDHARY e SAMANTARAY, 2008; ELIMAT *et al.*, 2010).

$$\sigma = 2\pi f \varepsilon_0 \varepsilon_r'' \quad (7)$$

In order to measure impedance as a function of ageing time, it was constructed a sample holder formed by two printed circuit boards with welded terminals to form the guard, guarded and unguarded electrodes, figure 1 shows the two printed circuit boards and the electrodes with terminals. The size of each printed circuit board is 100 x 100 mm, dimension of guarded electrode is 49.5 x 60 mm and the insulation space between guarded and guard electrode is 4 mm, welded terminals are 50 mm long outside sample holder.

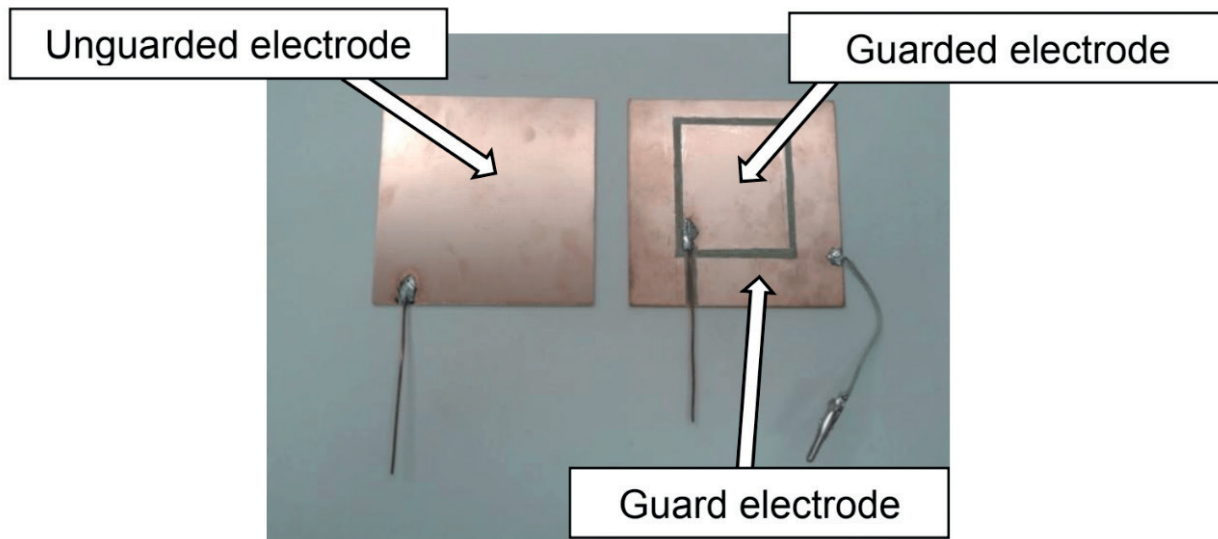


Figure 1. Sample holder formed by two printed circuit boards

As shown in figure 2, to allow the liquid resol type phenolic resin to be poured into sample holder, tacky tape was used as sealant and cork to maintain the distance between two printed circuit boards at 5 mm, which is the thickness of sample.



Figure 2. Tacky tape was used as sealant and cork as spacer

Figure 3 shows the two printed circuit boards assembled with nylon cable ties forming the sample holder, the resin was removed from freezer and spilled into the sample holder and the first impedance measurement was taken immediately, this first measure was named 0 day aged, after this first measurement the sample holder was stored at room temperature for impedance measurement at the intervals shown in figure 5 until last impedance measurement at 1320 days of ageing. Figure 3 also shows in details the sample holder installed in HP 16047C Test Fixture.



Figure 3. Sample holder with resin installed in HP 16047C Test Fixture

Figure 4 shows the final measurement setup, the HP 16047C Test Fixture with sample holder installed on the HP 4192A LF Impedance Analyzer, measurements were taken between 10 Hz and 13 MHz. In addition, a cured sample was prepared, according to manufacturer's instructions of curing, for comparison with electrical properties of aged resin.

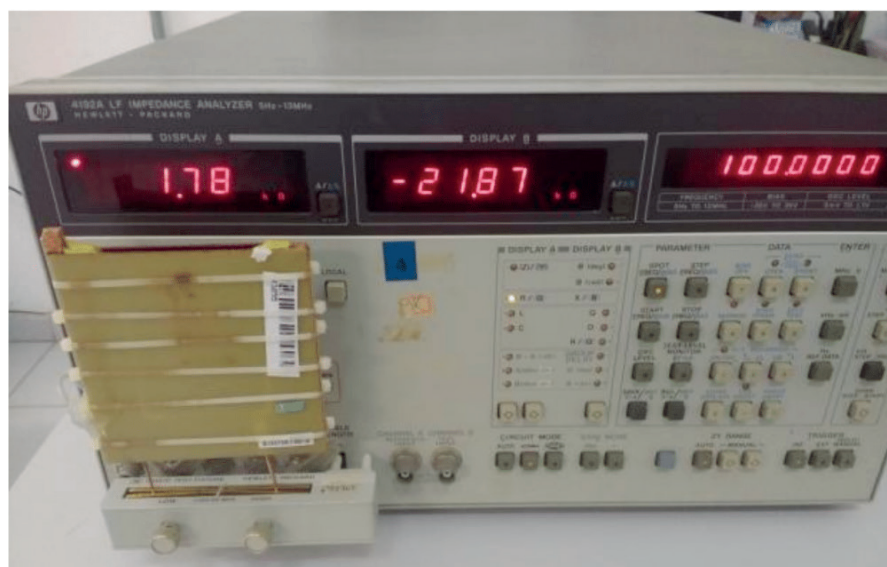


Figure 4. HP 4192A LF Impedance Analyzer with HP 16047C Test Fixture and sample holder

### 3 | RESULTS AND DISCUSSIONS

Figure 5 shows results for dielectric constant as a function of frequency for aged and cured samples, as shown in figure 5, increasing ageing time decreases dielectric constant values, the dielectric constant represents the induced electric dipoles in sample due to electric field (ELIMAT *et al.*, 2010; HIPPEL, 1995).

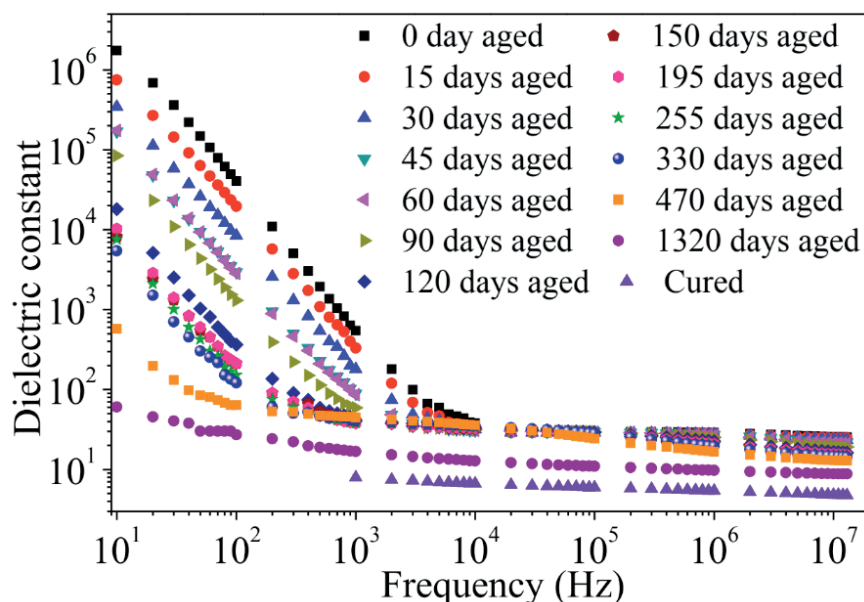


Figure 5. Dielectric constant as a function of frequency for aged and cured samples

According to Strzemiecka *et al.* (2016) the ageing of resol resin results in increase of its viscosity, thus decrease in dielectric constant can be attributed to the increase of viscosity which makes intermolecular mobility difficult due to advancement of crosslink, thus decreasing the formation of electric dipoles, in addition, dielectric constant of cured sample corroborates this postulation, dielectric constant of cured sample is in agreement with Hippel (1995).

Due to the smaller cured sample size (32.5 x 25 x 8 mm) and its insulating behavior, the impedance analyzer has no resolution for impedance measurements at frequencies below 1 kHz.

Figure 6 shows results for loss factor as a function of frequency for aged and cured samples.

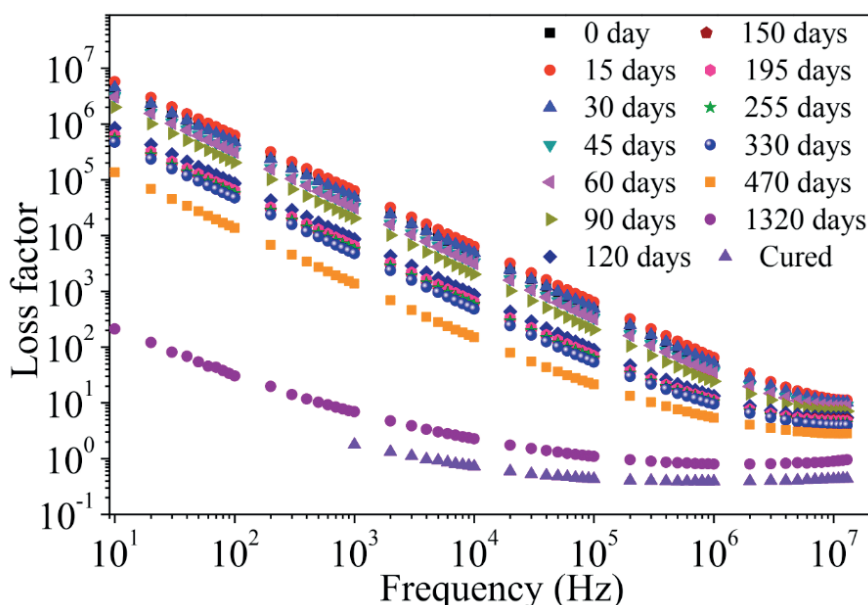


Figure 6. Loss factor as a function of frequency for aged and cured samples



As shown in figure 6, increasing ageing time decreases loss factor values, loss factor can be attributed to the sum of two dissipative factors, the Joule effect that comes from heat generated when an electric current flows through a material and the friction effect of the electric dipoles movements generated by the alternating electric field (ALVES *et al.*, 2018).

Figure 7 shows results for conductivity as a function of frequency for aged and cured samples, increasing ageing time decreases conductivity. Conductivity derives from loss factor according to equation (7), thus takes into account both dissipative effects (Joule effect and heat generated by dipolar movements). Loss factor and conductivity of cured sample are in agreement with Hippel (1995).

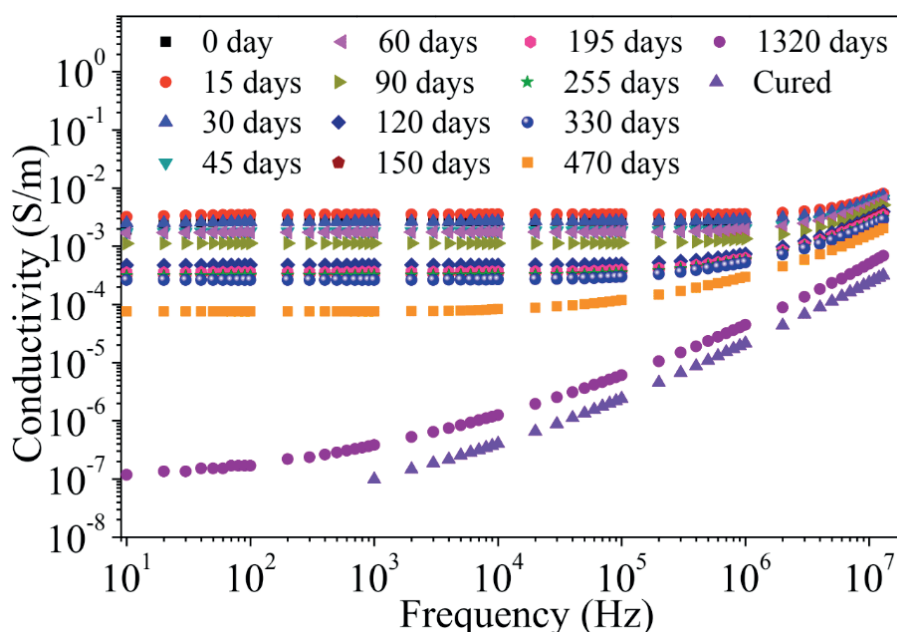


Figure 7. Conductivity as a function of frequency for aged and cured samples

Decrease of loss factor and conductivity can also be attributed to the increased viscosity of aged sample which hinders intermolecular mobility, thus decreasing the rotation of electric dipoles and movements of electric free charges that generate Joule effect.

#### 4 | CONCLUSIONS

A resol type phenolic resin sample was stored at room temperature for ageing during 1320 days. Impedance spectroscopy technique was applied to evaluate this ageing, the behavior of electrical properties derived from this technique were in accordance with ageing which implies in advancement of crosslink and hinders intermolecular mobility, thus decreasing the induction and movements of electric dipoles and movements of electric free charges.

Impedance spectroscopy technique can be used to evaluate the ageing of resol type

phenolic resins.

## REFERENCES

ALVES, S. C. N. *et al.* **Manufacturing and characterization of hybrid carbon/sic matrix composites by in situ reaction of silicon and polymeric carbon.** Mater. Res. Express, v. 5, n. 11, p. 1-8, 2018.

ELIMAT, Z. M. *et al.* **Dielectric properties of epoxy/short carbon fiber composites.** Journal of Materials Science, v. 45, n. 19, p. 5196-5203, Oct. 2010.

FAZZINO, P. D.; REIFSNIDER K. L.; MAJUMDAR, P. **Impedance spectroscopy for progressive damage analysis in woven composites.** Composites Science and Technology, v. 69, n. 11-12, p. 2008-2014, Sept. 2009.

HIPPEL, A. V. **Dielectric materials and application.** Cambridge: Technology Press of MIT, 1995.

PRADHAN, D. K.; CHOUDHARY R. N. P.; SAMANTARAY, B. K. **Studies of dielectric relaxation and ac conductivity behavior of plasticized polymer nanocomposite electrolytes.** Int. J. Electrochem. Sci., v. 3, p. 597-608, 2008.

STRZEMIECKA, B. *et al.* **Examination of the chemical changes in cured phenol-formaldehyde resins during storage.** Journal of Chromatography A, v. 1441, p. 106-115, 2016.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Absorção 25, 77, 79, 99, 100, 112, 113, 118, 119, 123, 126

Adsorção 71, 72, 73, 74, 75, 76, 105

Ageing 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 44

Ângulo 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Antioxidante 18, 20, 21, 23, 29, 30, 31, 38, 44, 50, 51, 52, 53, 77, 78, 79, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 94

Antitussive 59, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70

Atividade Antioxidante 18, 20, 21, 23, 29, 30, 38, 50, 51, 52, 53, 77, 78, 79, 80, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 94

### B

Bandas Cromatográficas 25, 26, 27, 28

Bioativos 20, 77, 78, 85, 87, 88, 92

Biopolímero 71, 72, 73, 75

### C

Compósitos 2, 118, 119, 120

compostos cianogênicos 127, 128, 135

Compostos Fenólicos 17, 23, 25, 26, 27, 30, 50, 51, 52, 54, 77, 78, 79, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92

Contato 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 22, 46, 73, 122, 134

### E

Electrical Properties 9, 13, 15

Energia 3, 37, 38, 75, 99, 109, 118, 119, 121, 122, 123, 124

Espectrofotometria 32, 77, 79, 109, 112, 113, 115, 127

Espectroscopia De Infravermelho Médio 34

### F

Farinha De Amarantho 87, 88, 91, 92

Fármaco 43, 71, 72, 73, 109, 110, 112, 115, 137

Fibra De Carbono 118

Fotooxidação 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43

## I

Impedance Spectroscopy 9

Inibição 34, 37, 38, 39, 52, 83, 84, 85, 87, 90, 92

## L

Lâmpadas Fluorescentes 45, 46, 48, 49

## M

Manihot esculenta 126, 127, 136, 137

Melipona subnitida D. 50, 51, 52

Mercúrio 45, 46, 47, 48, 49, 105

Metais 95, 98, 99, 105, 106

Método Cromatográfico 23

Mikania Glomerata 59, 60, 61, 62, 68, 69, 70

Modelo Analítico 118

Molhabilidade 1, 2, 7

## N

Nitroimidazóis 34, 38

## P

Peperomia Pellucida 17, 18, 19, 21, 30, 31, 32

Perfil Químico 17, 18, 21, 30

Phenolic Resin 9, 10, 12, 15

Phytotherapy 59, 61, 64, 70

Pinturas 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 43

Placa Cromatográfica 24, 25, 27, 28, 29

POAs 109, 110, 111, 115

## Q

Qualidade De Água 95, 100, 105, 106

## R

Reator De Batelada 109, 110, 111, 112

Regalrez 1094 33, 34, 35, 39, 40, 41, 42, 43

## S

Superfície 1, 2, 3, 5, 6, 7, 22, 36, 37, 74, 75, 118, 122, 123, 138

## T

Toxicidade 110, 132, 136

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**