



**Atena**  
Editora  
Ano 2021

# A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA **QUÍMICA 2**

Eleonora Celli Carioca Arenare  
(Organizadora)



**Atena**  
Editora  
Ano 2021

# A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA **QUÍMICA 2**

Eleonora Celli Carioca Arenare  
(Organizadora)

### **Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

### **Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

### **Bibliotecária**

Janaina Ramos

### **Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

### **Imagens da Capa**

Shutterstock

### **Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

### **Revisão**

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

### **Conselho Editorial**

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

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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  
 Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
 Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília  
 Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
 Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
 Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
 Prof. Dr. Elói Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
 Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
 Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
 Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
 Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
 Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
 Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
 Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
 Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
 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. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
 Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
 Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
 Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
 Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
 Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
 Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
 Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
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  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
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 Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
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  
Profª Drª Welma Emídio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

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

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª 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. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
 Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
 Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
 Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
 Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí  
 Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
 Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
 Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
 Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
 Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo  
 Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,  
 Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
 Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
 Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
 Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
 Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
 Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
 Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
 Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina  
 Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
 Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
 Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
 Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras  
 Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
 Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
 Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
 Profª Drª Andreza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
 Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
 Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
 Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
 Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
 Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
 Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
 Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
 Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina  
 Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
 Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
 Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
 Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
 Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
 Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
 Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa



Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
 Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
 Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá  
 Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
 Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
 Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
 Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
 Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
 Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
 Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
 Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
 Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
 Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
 Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
 Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
 Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri  
 Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
 Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
 Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
 Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
 Prof. Me. Gustavo Krahel – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
 Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
 Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
 Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
 Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
 Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
 Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
 Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
 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 Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
 Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA  
 Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
 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. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu  
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Profª Drª Livia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
 Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
 Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo  
 Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
 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. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
 Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
 Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
 Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi  
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília  
 Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
 Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
 Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
 Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista



## A geração de novos conhecimentos na química 2

**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Maria Alice Pinheiro  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadora:** Eleonora Celli Carioca Arenare

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
G354	A geração de novos conhecimentos na química 2 / Organizadora Eleonora Celli Carioca Arenare. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5983-170-8 DOI 10.22533/at.ed.708212206  1. Química. I. Arenare, Eleonora Celli Carioca (Organizadora). II. Título.  CDD 540
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

## APRESENTAÇÃO

A proposta implícita nessa coletânea fundamenta-se numa valorização eclética da pluralidade e diversidade, que reúne pesquisas que envolvem diversas linhas de abordagem, destacando-se por meio de tendências de estudos envolvendo a Ciência “Química”. Tendo como propósito principal disseminar e divulgar no meio acadêmico, envolvido com tal Ciência, informações provenientes de estudos e pesquisas desenvolvidas pela comunidade acadêmica contemporânea.

O e-book “A Geração de Novos Conhecimentos na Química”, está dividido em dois volumes, totalizando 46 artigos científicos, destacando-se temáticas pesquisadas e discutidas por estudantes, professores e pesquisadores. Os quais evidenciam, artigos teóricos e pesquisas de campo, abrangendo a linha de Ensino e diversas outras linhas de estudo, que se desenvolveram por meio de pesquisas laboratoriais.

O volume I aborda tendências, envolvidos com a área de Ensino de Química, os quais dão ênfase as seguintes abordagens: Ensino Remoto, Experimentação, Concepções Pedagógicas, Bioinformática, Contextualização, Jogos Lúdicos, Redes Sociais, Epistemologia, Formação de Professores, Habilidades e Competências e Metodologias utilizadas no processo de Ensino e Aprendizagem.

O volume II aborda temáticas de cunho experimental, desenvolvidas e comprovadas por meio das análises desenvolvidas em diferentes universidades brasileiras, dando ênfase à: Química Inorgânica, Eletroquímica, Química Orgânica, Química dos Alimentos, Quimiometria, Química Analítica, Química Biológica, Nanoquímica e Processos Corrosivos.

A coletânea é indicada para àqueles (estudantes, professores e pesquisadores) envolvidos com a Ciência “Química”, que anseiam por intermédio de informações atualizadas, apropriarem-se de novas informações, correlacionadas a pesquisas acadêmicas, tendo desta forma, novas bases de estudo e investigação para a aquisição e construção de novos conhecimentos.

Excelente leitura!

Eleonora Celli Carioca Arenare

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **ANÁLISE BROMATOLÓGICA DO ÓLEO DE COCO (*Cocos nucifera* L.) E DO ÓLEO DE ABACATE (*Persea americana* Mill.)**

Natasha Alves Rocha  
Valdiléia Teixeira Uchôa  
Camila Alves Rocha  
Maria Karina da Silva  
Maciel Lima Barbosa  
Caroline Maria Vasconcelos Paz Ramos  
Luis Fernando Guimarães Noletto  
Penina Sousa Mourão  
Francisco Henrique Pereira Lopes  
Camila da Silva Ibiapina  
Aline Estefany Brandão Lima  
Marta Silva de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.7082122061**

### **CAPÍTULO 2..... 14**

#### **APLICAÇÃO DO FILME DE SILANOS VS/GPTMS MODIFICADOS COM A CASCA DO ALHO PARA A PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO DO AÇO GALVANIZADO**

Iago Magella Fernandes Costa Rossi e Silva  
Lhaira Souza Barreto  
Mirian Sanae Tokumoto  
Fernando Cotting  
Franco Dani Rico Amado  
Vera Rosa Capelossi

**DOI 10.22533/at.ed.7082122062**

### **CAPÍTULO 3..... 26**

#### **AVALIAÇÃO DA COMPLEXAÇÃO ENTRE SACARINA E MÔNOMERO ORGÂNICO - INORGÂNICO POR TITULAÇÃO ESPECTROFOTOMÉTRICA**

Izabella Fernanda Ferreira Domingues  
Camila Santos Dourado  
Jez Willian Batista Braga  
Ana Cristi Basile Dias

**DOI 10.22533/at.ed.7082122063**

### **CAPÍTULO 4..... 36**

#### **AVALIAÇÃO DE USO DE FIBRAS DA AMAZÔNIA PARA REFORÇO EM COMPÓSITOS DE MATRIZ POLIÉSTER**

Syme Regina Souza Queiroz  
José Maria Braga Pinto  
Vanessa Maria Yae do Rosario Taketa  
Nilton Cesar Almeida Queiroz  
Emerson Rodrigues Bastos Junior  
Vera Lúcia Dias da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.7082122064**

**CAPÍTULO 5.....45**

**AÇÃO INIBIDORA DA CAFEÍNA CONTRA A CORROSÃO DO AÇO CARBONO SAE 1020 EM MEIO DE CLORETO DE SÓDIO**

Diene de Barros Ferreira  
Felipe Staciaki da Luz  
Gideã Taques Tractz  
Guilherme Arielo Rodrigues Maia  
Letícia Fernanda Gonçalves Larsson  
Paulo Rogério Pinto Rodrigues  
Everson do Prado Banczek

**DOI 10.22533/at.ed.7082122065**

**CAPÍTULO 6.....55**

**CATÁLISE NA QUÍMICA FINA: SÍNTESE DE ÁCIDO BENZÓICO PELA OXIDAÇÃO DO ÁLCOOL BENZÍLICO SOBRE NANOPARTÍCULAS DE OURO SUPORTADAS EM  $\text{Sr(OH)}_2\text{-SrCO}_3\text{@CoFe}_2\text{O}_4$**

Pelrry da Silva Costa  
Jussara Moraes da Silva  
Itaciara Erliny Maria da Silva Melo  
Carla Verônica Rodarte de Moura  
Edmilson Miranda de Moura

**DOI 10.22533/at.ed.7082122066**

**CAPÍTULO 7.....69**

**DETERMINATION OF LODENAFIL CARBONATE BY SQUARE-WAVE CATHODIC STRIPPING VOLTAMMETRY**

Jonatas Schadeck Carvalho  
Sueli Pércio Quináia

**DOI 10.22533/at.ed.7082122067**

**CAPÍTULO 8.....81**

**DESENVOLVIMENTO DE BIOFILMES PARA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DA LARANJA PÊRA**

Taís Port Hartz

**DOI 10.22533/at.ed.7082122068**

**CAPÍTULO 9.....85**

**DETERMINAÇÃO DE TEMPERATURA DE TORRA POR ANÁLISE TÉRMICA**

Francisco Raimundo da Silva  
Weverton Campos Nozela  
Diógenes dos Santos Dias  
Clóvis Augusto Ribeiro

**DOI 10.22533/at.ed.7082122069**

**CAPÍTULO 10.....96**

**DETERMINAÇÃO POR GC-MS DOS PRINCIPAIS COMPOSTOS VOLÁTEIS EM GALHOS E FOLHAS DE MANSOA HIRSUTA**

Nayra Micaeli dos Santos Sousa

Patrícia e Silva Alves  
Paulo Sousa Lima Junior  
Joaquim Soares da Costa Junior  
Christian Rilza Silva de Melo  
Nerilson Marques Lima  
Antônia Maria das Graças Lopes Citó  
Teresinha de Jesus Aguiar dos Santos Andrade

**DOI 10.22533/at.ed.70821220610**

**CAPÍTULO 11..... 104**

**DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE MÉTODOS ANALÍTICOS POR CLAE-DAD E UV-Vis PARA QUANTIFICAÇÃO DE FLAVONOIDES NAS FOLHAS DE TRIPLARIS GARDNERIANA WEDD. (POLYGONACEAE)**

Sandra Kelle Souza Macêdo  
Emanuela Chiara Valença Pereira  
Isabela Araújo e Amariz  
David Fernandes Lima  
Jackson Roberto Guedes da Silva Almeida  
Larissa Araújo Rolim  
Xirley Pereira Nunes

**DOI 10.22533/at.ed.70821220611**

**CAPÍTULO 12..... 130**

**ESTUDO DA ADSORÇÃO DE ÍONS A NANOPARTÍCULAS DE FERRITA DE COBALTO  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$**

Caio Carvalho dos Santos  
Wesley Renato Viali  
Eloiza da Silva Nunes Viali  
Miguel Jafelicci Júnior  
Rodrigo Fernando Costa Marques

**DOI 10.22533/at.ed.70821220612**

**CAPÍTULO 13..... 142**

**ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE HIDROLISADOS DE BSG NA SUBSTITUIÇÃO DA SOJA COMO PROTEÍNA VEGETAL ADICIONADA**

Suyanne Teske Pires  
Rodrigo Geremias

**DOI 10.22533/at.ed.70821220613**

**CAPÍTULO 14..... 150**

**FILMES DE AMIDO/QUITOSANA ADICIONADOS DE FIBRAS E CRITAIS DE NANOCELULOSE OBTIDOS DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS**

Renata Paula Herrera Brandelero  
Evandro Martim Brandelero  
Guilherme Landim Santos

**DOI 10.22533/at.ed.70821220614**



**CAPÍTULO 15..... 161**

**FOTOCATALISADORES À BASE DE d-FeOOH E NiO: ESTUDO EXPERIMENTAL E ASPECTOS TEÓRICOS**

Mariana de Rezende Bonesio  
Francisco Guilherme Esteves Nogueira  
Daiana Teixeira Mancini  
Teodorico de Castro Ramalho

**DOI 10.22533/at.ed.70821220615**

**CAPÍTULO 16..... 163**

**RHODAMINE B PHOTODEGRADATION OVER  $\text{Ag}_3\text{PO}_4$ /SBA-15 UNDER VISIBLE RADIATION BASED ON WLEDs LIGHT**

Luis Fernando Guimarães Noletto  
Francisco Henrique Pereira Lopes  
Vitória Eduardo Mendes Vieira  
Marta Silva de Oliveira  
Maria Karina da Silva  
Camila da Silva Ibiapina  
Caroline Maria Vasconcelos Paz Ramos  
João Ferreira da Cruz Filho  
Lara Kelly Ribeiro da Silva  
Aline Estefany Brandão Lima  
Maria Joseíta dos Santos Costa  
Geraldo Eduardo da Luz Júnior

**DOI 10.22533/at.ed.70821220616**

**CAPÍTULO 17..... 183**

**LACTOFERRINA: PROPRIEDADES ESTRUTURAS E SUAS FUNÇÕES BIOLÓGICAS**

Edson Ferreira da Silva  
Milena Bandeira de Melo  
Marta Maria Oliveira dos Santos Gomes  
Sonia Salgueiro Machado  
Fabiane Caxico de Abreu Galdino

**DOI 10.22533/at.ed.70821220617**

**CAPÍTULO 18..... 195**

**NANOFLUIDOS DE SULFETO DE COBRE**

Caio Carvalho dos Santos  
Wesley Renato Viali  
Eloiza da Silva Nunes Viali  
Miguel Jafelicci Júnior  
Rodrigo Fernando Costa Marques

**DOI 10.22533/at.ed.70821220618**

**CAPÍTULO 19.....207**

**NANOTUBOS DE TITANATO DE SÓDIO ( $\text{Na}_x\text{H}_{2-x}\text{Ti}_3\text{O}_7$ ) OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL**

Isabela Marcondelli Iani  
Rafael Aparecido Ciola Amoresi  
Alexandre Zirpoli Simões  
Glenda Biasotto  
Maria Aparecida Zaghete  
Elson Longo  
Leinig Antonio Perazolli

**DOI 10.22533/at.ed.70821220619**

**CAPÍTULO 20.....220**

**PRODUCTION OF ROD-LIKE MORPHOLOGY OF  $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$  METAL-ORGANIC FRAMEWORKS USING ONE MINUTE SONICATION**

Aline Geice Silva de Oliveira  
Daniela Cordeiro Leite Vasconcelos  
Peter George Weidler  
Wander Luiz Vasconcelos

**DOI 10.22533/at.ed.70821220620**

**CAPÍTULO 21.....231**

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE NANOFIBRAS DE CARBONO POR FIAÇÃO POR SOPRO A PARTIR DE POLIACRILONITRILA**

Lais Angelice de Camargo  
Monica Cristina Ferro Martins  
José Manoel Marconcini  
Luiz Henrique Capparelli Mattoso

**DOI 10.22533/at.ed.70821220621**

**CAPÍTULO 22.....237**

**PROPRIEDADES MECÂNICAS DE FILMES DE AMIDO TERMOPLÁSTICO NA PRESENÇA DE UREIA**

João Otávio Donizette Malafatti  
Thamara Machado de Oliveira Ruellas  
Letícia Ferreira Lacerda Schildt  
Marcelo Ávila Domingues  
Bruna Santostaso Marinho  
Mariana Rodrigues Meirelles  
Elaine Cristina Paris

**DOI 10.22533/at.ed.70821220622**

**CAPÍTULO 23.....250**

**QUÍMICA FORENSE: DESMISTIFICANDO AS ANÁLISES CRIMINALÍSTICAS CINEMATOGRAFICAS**

Anna Maria Deobald  
Maísa Silveira  
Aline Machado Zancanaro

**DOI 10.22533/at.ed.70821220623**

**CAPÍTULO 24.....263**

**REAÇÕES DE DESSULFURIZAÇÃO OXIDATIVA DO DIBENZOTIOFENO CATALISADA POR COMPLEXOS DE VANÁDIO, NIÓBIO E MOLIBDÊNIO**

Carlos Taryk Bessa da Silva

Juliana Moreira Barreto

Paula Marcelly Alves Machado

Elizabeth Roditi Lachter

**DOI 10.22533/at.ed.70821220624**

**CAPÍTULO 25.....274**

**SIMULAÇÕES DE DOCKING E DINÂMICA MOLECULAR NA BUSCA DE FÁRMACOS MODULADORES DO SISTEMA NEUROINFLAMATÓRIO EM INFECÇÕES PELO SARS-COV-2**

Micael Davi Lima de Oliveira

Kelson Mota Teixeira de Oliveira

Jonathas Nunes da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.70821220625**

**CAPÍTULO 26.....296**

**SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE COMPLEXOS DE PALÁDIO(II) COM LIGANTE FOSFÍNICO**

Thais Castro Silva

Alessandra Stevanato

Adriana Pereira Duarte

Cláudio Rodrigo Nogueira

Janksyn Bertozzi

Valéria da Silva Cavania

Cristiana da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.70821220626**

**CAPÍTULO 27.....309**

**SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO de  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$  E SUA APLICAÇÃO NA MODIFICAÇÃO DE ELETRODO IMPRESSO DE CARBONO**

Vanessa Cezar Ribas

Jacqueline Arguello da Silva

Thágor Moreira Klein

Larissa Leffa Fernandes

Vladimir Lavayen

**DOI 10.22533/at.ed.70821220627**

**CAPÍTULO 28.....320**

**TUNGSTATO DE MAGNÉSIO ( $\text{MgWO}_4$ ): UMA REVISÃO SOBRE OS MÉTODOS DE SÍNTESE**

Vitória Eduardo Mendes Vieira

Luis Fernando Guimarães Noletto

Francisco Henrique Pereira Lopes

Marta Silva de Oliveira

Ester Pamponet Ribeiro

Keyla Raquel Batista da Silva Costa  
Maria Karina da Silva  
Caroline Maria Vasconcelos Paz Ramos  
Maria Joseífa dos Santos Costa  
Amanda Carolina Soares Jucá  
Yáscara Lopes de Oliveira  
Laécio Santos Cavalcante

**DOI 10.22533/at.ed.70821220628**

<b>SOBRE A ORGANIZADORA.....</b>	<b>334</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>335</b>

## ACÇÃO INIBIDORA DA CAFEÍNA CONTRA A CORRÇÃO DO AÇO CARBONO SAE 1020 EM MEIO DE CLORETO DE SÓDIO

Data de aceite: 01/06/2021

### **Diene de Barros Ferreira**

Universidade Federal da Fronteira Sul  
Laranjeiras do Sul -Paraná

### **Felipe Staciaki da Luz**

Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Guarapuava - Paraná

### **Gideã Taques Tractz**

Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Guarapuava - Paraná

### **Guilherme Arielo Rodrigues Maia**

Universidade Estadual de Londrina,  
Departamento de Química  
Londrina – Paraná

### **Letícia Fernanda Gonçalves Larsson**

Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Guarapuava - Paraná

### **Paulo Rogério Pinto Rodrigues**

Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Guarapuava - Paraná

### **Everson do Prado Banczek**

Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Guarapuava - Paraná

**RESUMO:** Compostos orgânicos com heteroátomos apresentam a característica de inibição da corrosão, formando uma película protetora. Apesar desses compostos apresentarem boa eficiência a maioria dos

inibidores de corrosão são sintéticos, os quais são prejudiciais ao meio ambiente. Nesse trabalho foi avaliada a proteção da corrosão do aço carbono SAE 1020, promovida por um inibidor natural, a cafeína, nas concentrações de 0,1; 0,01; 0,001 e 0,0001 mol.L<sup>-1</sup>. Para comparação foi utilizado o benzotriazol BTAH 0,01 mol.L<sup>-1</sup>, como um inibidor tradicional. A resposta eletroquímica foi determinada por medidas de espectroscopia de impedância eletroquímica e polarização potenciodinâmica anódica. Os ensaios de corrosão foram realizados em cloreto de sódio 0,5 mol.L<sup>-1</sup>. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi estudar a inibição da corrosão do aço carbono utilizando a cafeína. Os resultados demonstraram que a cafeína pode ser empregada como inibidor de corrosão do aço carbono.

**PALAVRAS - CHAVE:** Inibidores de corrosão; química verde; eletroquímica.

**ABSTRACT:** Organic compounds with hetero atoms have the characteristic of corrosion inhibiting, forming a protective film. Although these compounds have good efficiency, most corrosion inhibitors are synthetic, which are harmful to the environment. In this work, the corrosion protection of SAE 1020 carbon steel was evaluated, promoted by a natural inhibitor, caffeine, in concentrations of 0.1; 0.01; 0.001 and 0.0001 mol.L<sup>-1</sup>. For comparison, benzotriazole BTAH 0.01 mol.L<sup>-1</sup> was used as a traditional inhibitor. The electrochemical response was determined by measurements of electrochemical impedance spectroscopy and anodic potentiodynamic polarization. The corrosion tests were performed in sodium chloride 0.5 mol.L<sup>-1</sup>. In this context, the

objective of this work was to study the corrosion inhibition of carbon steel using caffeine. The results showed that caffeine can be used as a corrosion inhibitor for carbon steel.

**KEYWORDS:** Corrosion inhibitors; green chemistry; electrochemistry.

## 1 | INTRODUÇÃO

Corrosão é deterioração de um corpo sólido por meio de uma reação química ou eletroquímica com o meio (FURTADO et al, 1981). Esses processos não deixam de ocorrer, porém, podem ser controlados por meio de medidas como tratamentos de superfície, proteção anódica ou catódica e adição de inibidores de corrosão (SOLTANI et al, 2012; GENTIL, 2003). Controlar a corrosão significa controlar a reação entre o metal e o meio, de forma que suas propriedades físicas e mecânicas não sejam afetadas durante o seu tempo de vida útil (GROSSER, 2008).

O aço carbono é uma importante liga utilizada em grande demanda de aplicações, devido a seu baixo custo e suas propriedades (ROCHA et al, 2014, SOUZA et al, 2014). Consiste na sua composição ferro e carbono, amplamente utilizada em peças, máquinas, automóveis eletrodomésticos em diversos setores de escala industrial (GENTIL, 2013; VIOMAR, et al, 2004). Contudo a utilização dessa liga metálica se torna limitada, pertinente a sua propensão a processos corrosivos, assim se é necessário o uso de métodos que impeçam esse efeito (SANTOS, et al, 2016).

O uso de inibidores, geralmente orgânicos, caracteriza-se em um dos métodos de grande interesse, já que funcionam como películas protetoras, devido a presença de grupos funcionais contendo heteroátomos como enxofre, nitrogênio e oxigênio, que interferem na ação eletroquímica inibindo a corrosão (ROSSI et al, 2007; SOLTANI et al, 2012; PEREIRA et al, 2012).

A ligação pode ser formada a partir do par de elétrons dos átomos doadores, com a superfície do metal, promovendo a absorção, a intensidade dependerá da densidade eletrônica sobre o átomo doador e da polarização do grupo, reduzindo assim o processo corrosivo (TORRES, et al, 2016). O uso de inibidores são uma forma de evitar o problema da corrosão com vantagens econômicas, sendo capaz de afetar as reações anódicas ou catódicas ou ambas e de acordo com a situação, e podem ser classificados como inibidores de corrosão catódicos anódicos ou mistos (GROSSER, F. N. 2018).

Apesar de apresentar grande eficiência na inibição das reações que ocasionam processos corrosivos, a maioria desses compostos é de origem petrolífera apresentando efeitos indesejáveis. Com o advento de discussões acerca da sustentabilidade dos processos, faz-se necessário repensar o uso de compostos não renováveis (SPIRO e STIGLIANI, 2009).

O efeito negativo desses inibidores não afeta somente organismos vivos, mas acaba sendo prejudicial ao ambiente, trazendo consequências muitas vezes irreversíveis



ao ecossistema afetado, com isso o desenvolvimento de inibidores que não agredam o meio ambiente se faz necessário (SANTOS et al, 2016).

Li (2012) utilizou extrato de bambu para inibir as reações de corrosão do aço em HCl e  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , obtendo eficiência de até 79% em  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,5 mol.L<sup>-1</sup>. Pereira (2012) utilizou extrato de casca de alho para a inibição da corrosão do aço carbono em HCl, obtendo eficiência de até 90%.

Rocha (2014) fez uso de extrato aquoso de manga e casca de laranja como inibidor verde, em aço carbono em solução de ácido clorídrico, alcançando eficiência 96%. O extrato de café foi estudado por Vasconcelos (2011) e apresentou até 88% de eficiência em HCl. Torres (2016) utilizou extrato de semente de mamão papaia para inibição da corrosão do aço carbono, em meio de ácido clorídrico, apresentando eficiência de 93%.

Ochoa (2013) obteve uma eficiência de 98%, utilizando amido de mandioca como um inibidor sustentável. Extrato de *Phyllanthus amarus* foi utilizado para a inibição das reações de corrosão do alumínio em meio básico e os autores obtiveram um máximo de 76% de eficiência de inibição em uma porcentagem de 20% de extrato (LI et al, 2012; PEREIRA et al, 2012; ROCHA et al, 2014; VASCONCELOS et al, 2011; OCHOA et al, 2013; ABIOLA e OTAIGBE, 2009).

Alguns trabalhos investigaram o uso da cafeína contra a corrosão de diferentes substratos metálicos com vantagens de inibição da corrosão para o zinco, cobre e aço carbono (GROSSER, F. N. 2008; SILVA et al, 2002, MACHADO, T. F. et al, 2005; FORNAZARI, M. S. et al, 2006).

O objetivo desse trabalho foi estudar o uso de cafeína como inibidor da corrosão do aço carbono (SAE 1020), visando a substituição dos inibidores orgânicos de origem petrolífera por produtos naturais.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### Preparação dos substratos metálicos

Os substratos metálicos foram amostras de aço carbono (SAE 1020) disponíveis no laboratório do Grupo de Pesquisas em Eletroquímica – GPEL®, preparadas por meio de lixamento com lixas de SiC de granulometrias #320, #400, #600 e #1200.

A composição química das amostras de aço foi obtida por meio de fluorescência de raios-X, em um equipamento portátil OXFORD XMET 7500, disponível no GPEL®.

### Eletrólitos

Foi utilizada uma solução de NaCl 0,5 mol.L<sup>-1</sup> como eletrólito para a realização dos ensaios de corrosão e para a determinação do comportamento eletroquímico do metal base sem a presença de cafeína.

Para a avaliação da inibição da cafeína uma solução de NaCl de 0,5 mol.L<sup>-1</sup> foi utilizada como solvente para a preparação das soluções inibidoras nas concentrações: 0,1,

0,01, 0,001 e 0,0001 molL<sup>-1</sup>.

#### Ensaio de corrosão

Os ensaios de corrosão foram realizados em um potenciostato da GAMRY em uma célula de três eletrodos, constituída de um eletrodo de trabalho de aço carbono (SAE 1020); eletrodo de referência de prata cloreto de prata e contra eletrodo de platina de grande área superficial.

*Potencial de circuito aberto (PCA):* o potencial de circuito aberto foi monitorado por, no mínimo, 2 horas anteriormente à realização dos demais ensaios;

*Espectroscopia de Impedância Eletroquímica (EIE):* os ensaios de EIE foram realizados a partir do PCA, com uma perturbação de potencial de ±10 mV em frequências de 10<sup>4</sup> Hz até 0,001 Hz.

*Polarização Potenciodinâmica (POL):* os ensaios de POL consistirão na aplicação de um sobrepotencial catódico de -1,0 V e de um sobrepotencial anódico de +1,0 V a partir do PCA.

*Cálculo da eficiência do inibidor:* a eficiência de inibição promovida pelos inibidores foi obtida a partir da equação (1) (TUSSOLINI, 2010):

$$\theta = \frac{j_{\text{substrato metálico}} - j_{\text{substrato metálico com inibidor}}}{j_{\text{substrato metálico}}} \quad (1)$$

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de potencial de circuito aberto estão apresentados na Figura1. As respostas da variação de potencial em função do tempo demonstram o comportamento das amostras em circuito aberto, a partir das quais pode se observar um deslocamento para valores mais negativos para as amostras com inibidores. Tal resposta sugere um comportamento catódico.

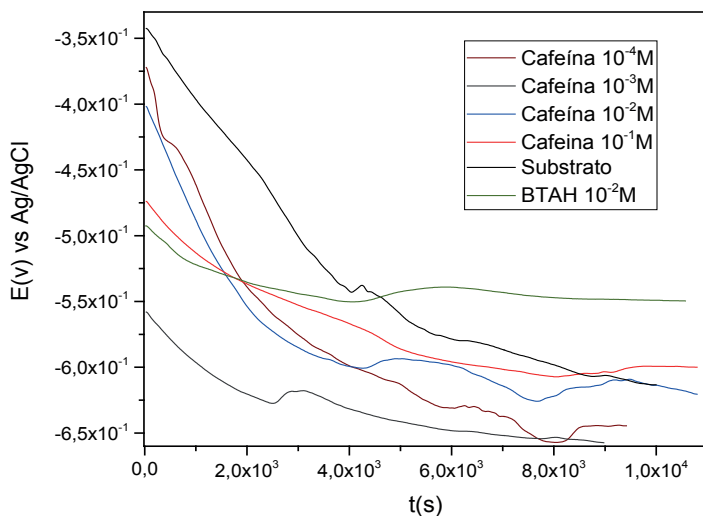
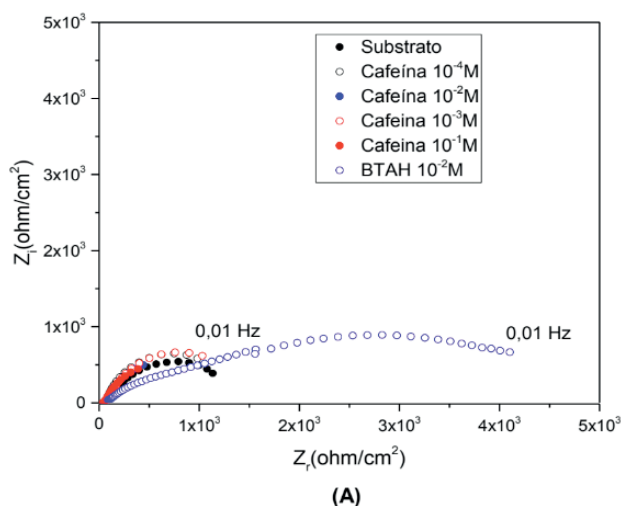
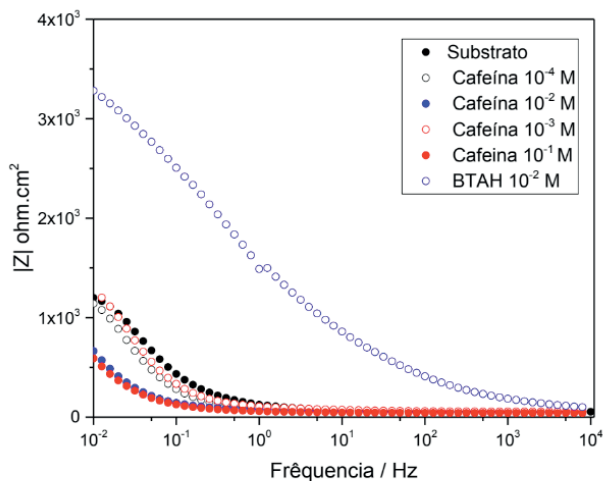


Figura 1. *Potencial de circuito aberto (PCA)*

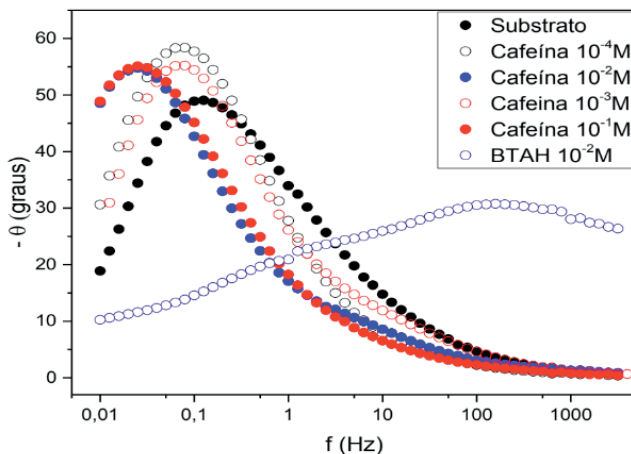
Para a amostra com inibidor de BTAH um comportamento diferente foi observado, pois os potenciais se tornaram mais positivos que para o substrato e as outras amostras indicando um comportamento anódico.

Os resultados de espectroscopia de impedância eletroquímica estão apresentados na Figura 2. Os diagramas de Nyquist da Figura 2(A) apresentam apenas um arco capacitivo para todas as amostras sugerindo que apenas um processo está ocorrendo.





(B)



(C)

Figura 2. Diagramas de Impedância (A) Nyquist (B) Modulo de impedância e (C) Bode Ângulo de Fase.

Maiores valores de impedância foram medidos para as amostras tratadas com inibidores, indicando que estes promoveram um aumento na resistência à corrosão do aço carbono. Para o BTAH os valores de impedância foram os maiores indicando a maior resistência à corrosão, já para a cafeína os maiores valores de impedância foram observados para as concentrações 0,001 mol.L.

Os diagramas da Figura 2(B) demonstram que há uma resposta distinta quando são comparados os sistemas. Apenas uma constante de tempo foi determinada para o substrato e para cafeína. Entretanto, maiores valores de ângulo de fase foram medidos com

caféina. Em presença de BTAH duas constantes foram observadas. A primeira está entre 100 e 1000 Hz, atribuída ao inibidor adsorvido na superfície do metal. A segunda constante está entre 0,1 e 1 Hz e pode ser atribuída aos processos de corrosão. Os resultados da Figura 2(C) indicam um aumento do módulo de impedância para as amostras com caféina e BTAH evidenciando a maior resistência à corrosão. Os maiores valores de módulo de impedância foram obtidos com a concentração de caféina de 0,01 mol/L. Tais respostas estão de acordo com os diagramas de Nyquist.

Os resultados de polarização potenciodinâmica estão na Figura 3.

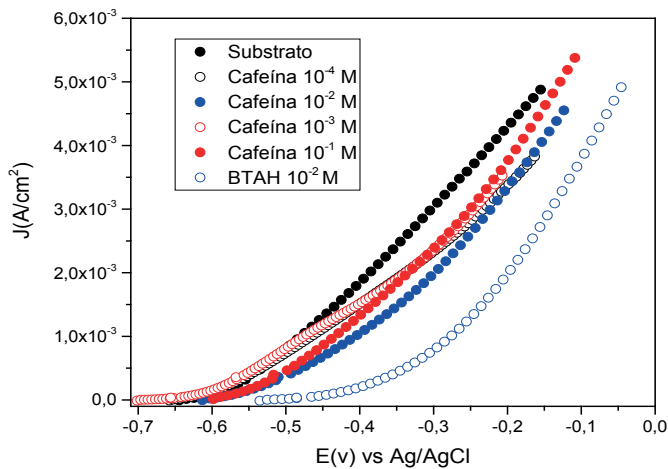


Figura 3. Curvas de polarização potenciodinâmica anódica.

As curvas de polarização apresentam um comportamento ativo para todas as amostras. Menores densidades de corrente foram determinadas para os sistemas com inibidor, quando comparadas com aquelas medidas para o substrato. Estes resultados demonstram que os inibidores atuaram na proteção da corrosão do aço carbono, entretanto, o BTAH foi inibidor que apresentou menores densidades de corrente, por isso, foi o mais eficiente na proteção da corrosão do aço carbono.

A composição química do aço carbono foi avaliada por fluorescência de raios-X e os resultados são apresentados na Tabela 1.

Amostra	Elementos (% m/m)							
	Fe	Mn	Al	Si	S	Cr	Ti	C
Aço carbono (SAE 1020)	98,7%	0,19	0,11	0,03	0,04	0,03	0,02	0,21

Tabela1. Composição química do aço carbono (SAE 1020).

A composição determinada está de acordo com as especificações para o aço carbono (SAE 1020), pois para esta liga metálica a proporção de carbono deve estar entre 0,19-0,23 %.

Os valores de eficiência estão apresentados na Tabela 2.

Amostra	$j_{\text{médio}} (\text{A.cm}^{-2})$	$\theta (\%)$
Aço Carbono	$4,02.10^{-3}$	-
BTAH $10^{-2}$ mol/L	$1,90.10^{-4}$	95,3%
Cafeína $10^{-2}$ mol/L	$1,03.10^{-3}$	74,4%
Cafeína $10^{-1}$ mol/L	$1,31.10^{-3}$	67,5%
Cafeína $10^{-4}$ mol/L	$1,50.10^{-3}$	63,1%
Cafeína $10^{-3}$ mol/L	$1,51.10^{-3}$	62,4%

Tabela 2. Valores de eficiência da inibição da corrosão a partir do grau de cobertura das amostras.

Os resultados demonstram que os inibidores aumentaram a resistência à corrosão do substrato metálico, pois menores densidades de corrente foram determinadas para os materiais em contato com os inibidores.

A maior eficiência medida foi para o inibidor BTAH, entretanto, a cafeína apresentou eficiências de inibição significativas, com o maior valor sendo determinado para este inibidor verde na concentração de  $1.10^{-2}$  mol.L<sup>-1</sup>.

## 4 | CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho indicaram que a cafeína pode ser utilizada como um inibidor verde para a proteção da corrosão do aço carbono SAE 1020 em meio de NaCl 0,5 mol/L.

As eficiências de inibição determinadas para a cafeína permitem concluir que esta substância é um inibidor verde com potencial significativo para a proteção da corrosão do aço carbono (SAE 1020).

O comportamento de proteção da corrosão promovida pela cafeína foi inferior a proteção promovida pelo BTAH, entretanto, a cafeína apresenta vantagens ambientais.

## REFERÊNCIAS

ABIOLA, O. K.; OTAIGBE, J. O. E. The effects of Phyllanthus amarus extract on corrosion and kinetics of corrosion process of aluminum in alkaline solution. Corrosion Science, v. 51, p. 2790-2793, 2009.

FORNAZARI, M. R.; GONÇALVES, R. S.; SPINELLI, A., Corrosão do cobre na presença de cafeína In: 29a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2005 Poços de Caldas, Anais da 28a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química,



FURTADO, P., "Introdução a Corrosão e Proteção as Superfícies Metálicas". Belo Horizonte, Empresa Universitária da UFMG, 1981.

GENTIL, V. Corrosão. Rio de Janeiro: LTC, 2003. 341p.

GROSSER, F. N, A atuação da cafeína como inibidora da corrosão do zinco metálico em meio etanólico, 2008. 112f. Dissertação (Mestrado em Química), Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

LI, X.; DENG, S.; FU, H. Inhibition of the corrosion of steel in HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solutions by bamboo leaf extract. Corrosion Science, v. 62, p. 163–175, 2012.

MACHADO, T. F.; GONÇALVES, R. S., Proposta de utilização de um inibidor de corrosão não tóxico para o zinco em meio aquoso In: 28a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2005 Poços de Caldas, Anais da 28a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química

MERÇON, F.; GUIMARÃES, P.I.; MAINIER, F.B. Sistemas experimentais para o estudo da corrosão de metais. Química Nova na Escola, v. 33, n. 1, p. 57–60, 2003.

MERÇON, F.; IVO, P.; GUIMARÃES, C.; MAINIER, B. Corrosão: Um exemplo usual de fenômeno químico. Química Nova na Escola, v. 4, n. 19, p. 2–5, 2004

OCHOA, N. ET AL. Modified cassava starches as potential corrosion inhibitors for sustainable development. Mat. Res., São Carlos , v. 16, n. 6, p. 1209-1219, Dec. 2013.

PEREIRA, S.S. DE; PÊGAS, M.M.; FERNÁNDEZ, T.L.; MAGALHÃES, M.; SCHÖNTAG, T.G.; LAGO, D.C.; SENNA, L.F. DE; D'ELIA, E. Inhibitory action of aqueous garlic peel extract on the corrosion of carbon steel in HCl solution. Corrosion Science, v. 65, p. 360–366, 2012.

ROSSI, C. G. F. T. ET AL. Estudo comparativo da eficiência da difenilcarbazida e do óleo de coco saponificado microemulsionados na inibição da corrosão de aço carbono. Química nova, v. 30, n. 5, p. 1128-1132, 2007.

ROCHA, J. C.; GOMES, J. A. C. P.; D'ELIA, E. Aqueous extracts of mango and orange peel as green inhibitors for carbon steel in hydrochloric acid solution. Mat. Res., São Carlos , v. 17, n. 6, p. 1581-1587, Dec. 2014 .

SANTOS, J. E. P. ET AL. Estudo da Inibição de Corrosão do aço carbono em ácido clorídrico na presença de mangiferina. Matéria (Rio J.), Rio de Janeiro, v. 21, n. 4, p. 1045-1053, dez. 2016 .

SILVA, F. T.; SPINELLI, A.; GONÇALVES, R. S., Caracterização da atuação da cafeína como inibidor de corrosão do aço-carbono ABNT 1005 em meio aquoso, In: 28a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2005 Poços de Caldas, Anais da 28a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química.

SOLTANI, N.; TAVAKKOLI, N.; KHAYATKASHANI, M.; JALALI, M.R.; MOSAVIZADE, A. Green approach to corrosion inhibition of 304 stainless steel in hydrochloric acid solution by the extract of *Salvia officinalis* leaves. Corrosion Science, v. 62, p. 122–135, 2012.

SOUZA, F. S.; GONÇALVES, R. S.; SPINELLI, A. Assessment of caffeine adsorption onto mild steel surface as an eco-friendly corrosion inhibitor. J. Braz. Chem. Soc., São Paulo, v. 25, n. 1, p. 81-90, Jan. 2014.

SPIRO, T. G.; STIGLIANI, W. M. Química Ambiental. 2 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

UHLIG, H. H.; REVIE, R.W. Corrosion and corrosion control: An introduction to corrosion science and engineering. John Wiley & Sons, 1985.441p.

TORRES, V. V.; CABRAL G. B.; SILVA, A. C.G.; FERREIRA, K. C. R.; ELIA, E. D. Ação inibidora de extratos da semente do mamão papaia na corrosão do aço-carbono 1020 em HCL 1 mol L<sup>-1</sup>. Quím. Nova, São Paulo, v. 39, n. 4, p. 423-430, May 2016.

VASCONCELOS, V.; SALGADO, R.; FAIA, C.; SÁ, D.; LOPEZ, T.; ALBERTO, C.; GUEDES, A.; ELIA, E.D. Inhibitory action of aqueous coffee ground extracts on the corrosion of carbon steel in HCl solution. Corrosion Science, v. 53, n. 7, p. 2385–2392, 2011.

VIOMAR, A., VANJURA, B., GRASSI, M., OLIVEIRA, M.D.F., ROGÉRIO, P. Aperfeiçoamento do processo de tratamento de superfície do aço carbono. In: Encontro e Exposição Brasileira de tratamento de superfície. 2004, p. 205–213.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aço galvanizado 6, 14, 15, 16, 17, 20, 24

Adsorção de íons 8, 130, 131, 133

Agente Antimicrobiano 183

Análise 6, 7, 1, 2, 5, 6, 8, 14, 29, 32, 38, 39, 40, 43, 58, 60, 64, 82, 83, 85, 93, 96, 98, 108, 109, 110, 111, 113, 114, 115, 116, 117, 119, 120, 122, 123, 125, 127, 135, 136, 137, 146, 162, 200, 241, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 258, 260, 263, 267, 268, 269, 276, 280, 281, 289, 296, 300, 303, 306, 307, 308, 312, 321

Análise Termogravimétrica 85

### B

Biofilmes 7, 81, 82, 83, 84

Biomassa 85, 87, 88, 91, 93

### C

Capacidade de Retenção 142, 144, 146, 147, 148

Catálise heterogênea 55, 57

Compósitos 6, 36, 37, 38, 41, 42, 43, 159, 164, 197, 203

Compostos voláteis 7, 96, 100, 101

Condutividade térmica 195, 196, 197, 198, 200, 203, 204

Controle de qualidade 3, 4, 105, 106, 126, 127

Co-Precipitação 130, 131, 132, 133, 134, 139, 162

Criminalística 250, 251, 252, 261, 262

### D

Decantação 2, 4, 6, 7, 11, 87, 153

### E

Eletroquímica 5, 14, 17, 18, 20, 45, 46, 47, 48, 49, 311

Energia ultrassônica 220

### F

Fibras vegetais 36, 37, 40, 44, 152

Filmes 8, 10, 14, 16, 17, 19, 20, 22, 23, 81, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 237, 238, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 250, 261, 318

Fotocatálise 161, 164, 177, 180, 181, 208, 329

## **I**

Inibidores de corrosão 16, 45, 46

Inibidor verde 15, 47, 52

## **L**

Legislação 2, 4, 121, 124, 125, 126, 127, 143

## **M**

Método de síntese 209, 210, 214, 323, 327, 328, 329, 330

Morfologia 13, 36, 38, 41, 43, 130, 133, 200, 201, 202, 209, 210, 211, 212, 213, 220, 309, 310, 312, 314, 316

## **N**

Nanopartículas magnéticas 130, 131, 132, 133, 137, 139, 309, 310, 311

## **P**

Plastificantes 237, 238, 239, 240, 241, 243, 244, 245, 246

Polímeros Naturais 150, 151

Pré-tratamento 14, 15, 16, 23, 328

Propriedades Mecânicas 10, 15, 36, 39, 43, 151, 152, 237, 238, 241, 243, 245, 246, 247

## **Q**

Química Forense 10, 250, 251, 261, 262

Química Verde 2, 12, 45, 334

Quimiometria 5, 26

## **R**

Revestimentos 81, 196, 197, 241, 310

## **S**

Secagem 2, 4, 7, 8, 11, 58, 98, 107, 153, 260, 329





## **T**

Titulação espectrofotométrica 6, 26, 28, 29

## **V**

Voltametria 69, 309



 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 @atenaeditora  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA **QUÍMICA 2**

Eleonora Celli Carioca Arenare  
(Organizadora)

🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
📷 @atenaeditora  
📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA QUÍMICA 2

Eleonora Celli Carioca Arenare  
(Organizadora)