



Atena  
Editora  
Ano 2021

# Química:

Debate entre a Vida Moderna  
e o Meio Ambiente 2

**Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua**  
(Organizador)



**Atena**  
Editora  
Ano 2021

# Química:

Debate entre a Vida Moderna  
e o Meio Ambiente 2

**Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua**  
(Organizador)

**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. Eloi 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 – Instituto Internazionele 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<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. 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. 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
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. 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 Alfnas

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

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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 Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci 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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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. 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. 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
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. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
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 – Faculdade da Amazônia  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> 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. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Prof. Ma. 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. 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  
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 Krahl – 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/UFPA  
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  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Prof<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Prof<sup>ª</sup> 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



## Química: debate entre a vida moderna e o meio ambiente 2

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Maria Alice Pinheiro  
**Correção:** Vanessa Mottin de Oliveira Batista  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Q6 Química: debate entre a vida moderna e o meio ambiente 2 / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-979-0

DOI 10.22533/at.ed.790210804

1. Química. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). 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

## 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

O E-book: “Química: Debate entre a Vida Moderna e o Meio Ambiente 2” em seu volume II é composto por dezoito trabalhos científicos em forma de capítulos que buscam apresentar e promover a discussão em relação à compressão do mundo físico pelo conhecimento científico e o despertar para a construção de uma relação mais harmoniosa do homem e do ambiente no qual é parte integrante que interage com o mesmo. Neste sentido, existe uma grande necessidade do despertar para uma consciência coletiva que possa proporcionar tanto o aumento da qualidade e expectativa de vida da atual geração quanto garantir condições para que as gerações vindouras possam dar continuidade à manutenção da própria espécie humana.

A atual sociedade vem construindo e aplicando ações tão destrutivas ao ambiente, ao ponto de se tornarem irreversíveis. Diante disso, o conhecimento científico adquire uma importância vital tanto do ponto de vista de sua aquisição quanto da materialização destes que sejam capazes de reconstruir um indivíduo apto a refletir e elaborar ações e comportamentos que manifestam seu grau de conhecimento científico. Neste sentido, as ciências da natureza são capazes de estabelecer as bases e ser uma “ponte” de conexão podendo ser desenvolvida em espaços formais e não formais, com destaque para a escola de educação básica. Entretanto, a falta ou deficiência de políticas públicas que promovam investimentos maciços tanto em infraestrutura adequada quanto em qualificação e valorização de recursos humanos, faz com que a comunidade escolar não obtenha o êxito satisfatório fazendo com que sejam protagonistas por si mesmas, o que tem levado ao constante aumento de alternativas que promovam e fortaleçam o processo de alfabetização científica por meio de instrumentos lúdicos que facilitem o processo de ensino-aprendizagem das ciências da natureza.

As consequências da não formação de indivíduos alfabetizados cientificamente deixam “sequelas” severas em todos os seguimentos da sociedade. *A priori* ao próprio indivíduo que não compreendendo suas atitudes e ações lhe causa danos a si e a outrem e a *posteriori* que se “enraíza” em toda a sociedade, visto que a predominância de uma incapacidade coletiva de refletir, distinguir e inferir em ações do seu cotidiano, que se materializam em comportamentos e atitudes que os deixam a mercê de uma condição em que acreditam não serem capazes de mudar e os tornam incapazes de acompanhar o desenvolvimento e progresso possibilitado pelo avanço do conhecimento científico.

Neste sentido e com a intenção de colaborar para a disseminação do conhecimento científico, universalizando e democratizando o acesso gratuito ao conhecimento em suas diferentes formas de investigação, a Atena Editora trabalha em prol da disseminação do conhecimento de forma gratuita tanto pelo seu site quanto por diferentes plataformas que facilitam o acesso do leitor estando em qualquer ambiente e espaço contribuindo para divulgação e aquisição do conhecimento em diferentes áreas da ciência.

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

ATIVIDADE DE CONSTRUÇÃO DA TABELA PERIÓDICA A PARTIR DA MONTAGEM DE CUBOS CONTENDO AS PRINCIPAIS INFORMAÇÕES DOS ELEMENTOS QUÍMICOS: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Rodrigo Aparecido de Souza Ribeiro

Valéria Ferreira de Aguiar

**DOI 10.22533/at.ed.7902108041**

### **CAPÍTULO 2..... 8**

AULAS DE CIÊNCIAS E USO DE KITS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE QUÍMICA NO NONO ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL

Davi Souza Ferreira

Vera Lúcia Neves Dias Nunes

Everaldo Nicomedio Santos Sousa

Raquel Maria Trindade Fernandes

Jackson Ronie Sá-Silva

**DOI 10.22533/at.ed.7902108042**

### **CAPÍTULO 3..... 16**

MELHORIA DA APRENDIZAGEM DE QUÍMICA NO ENSINO FUNDAMENTAL: AULAS EXPERIMENTAIS ATRAVÉS DE KITS DIDÁTICOS PARA ESTUDANTES DO 9º ANO

Everaldo Nicomedio Santos Sousa

Vera Lúcia Neves Dias Nunes

Davi Souza Ferreira

Antônio Francisco Fernandes de Vasconcelos

Jackson Ronie Sá-Silva

**DOI 10.22533/at.ed.7902108043**

### **CAPÍTULO 4..... 24**

A LUDICIDADE DENTRO DO ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA

Yasmim Lorena Nunes Barbosa

**DOI 10.22533/at.ed.7902108044**

### **CAPÍTULO 5..... 29**

USO DO SOTWARE *CHEMSKETCH* PARA A CONSTRUÇÃO DE MODELOS MOLECULARES E SUAS POSSIBILIDADES DE APLICAÇÃO NO ENSINO SOB A PERSPECTIVA CTS/CTSA

Denise Vieira Miranda

Mariana Amorim Costa

Rayane Julio da Silva Scarpati

Vitor de Araújo Freitas

Vilma Reis Terra

**DOI 10.22533/at.ed.7902108045**

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>38</b>
EDUCAÇÃO AMBIENTAL: APRENDENDO A ANALISAR PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE AMOSTRAS DE ÁGUA	
Carlos Torquato de Lima Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7902108046</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>49</b>
RELATO DE EXPERIÊNCIA DE UMA ABORDAGEM POR PROJETO: A QUÍMICA DO COMBATE À DENGUE – UMA ALTERNATIVA AO ALCANCE DE TODOS	
Lahis Tavares Crespo Barbosa	
Isis Leal Melo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7902108047</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>60</b>
QUÍMICA E O UNIVERSO A NOSSA VOLTA	
Ricardo Francischetti Jacob	
Sérgio Delbianco Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7902108048</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>70</b>
CORES DE FRIDA	
Aline de Sousa	
Laurinéia Rodrigues Nicácio Freitas	
Lílian de Sousa Sena	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7902108049</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>80</b>
REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO COM DELINEAÇÃO SIGNIFICATIVA DOS CONCEITOS DE QUÍMICA	
Vagner Cunha Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.79021080410</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>88</b>
DETERMINAÇÃO DO TEOR DE GORDURA TOTAL NO SALGADO FRITO COMERCIALIZADO NA CANTINA DO IFES/LINHARES	
Rafael Torres Teixeira	
Marina Cominote	
Renato César de Souza Oliveira	
Alícia Sanders de Abreu	
<b>DOI 10.22533/at.ed.79021080411</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>98</b>
VERIFICAÇÃO DAS ALTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS QUE O ÓLEO DE SOJA PODE SOFRER COM A TEMPERATURA ELEVADA E A REUTILIZAÇÃO	
Alícia Sanders de Abreu	
Renato César de Souza Oliveira	
Marina Cominote	

Rafael Torres Teixeira

DOI 10.22533/at.ed.79021080412

**CAPÍTULO 13..... 109**

EFEITO DA COBERTURA COMESTÍVEL À BASE DE AMIDO DE MANDIOCA E ÓLEO ESSENCIAL DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum* B.) NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE GOIABAS (*Psidium guajava* L.)

Giovanna Macedo Garcia

Mary Leiva de Faria

Elaine Soares Amorim

DOI 10.22533/at.ed.79021080413

**CAPÍTULO 14..... 123**

MODELAGEM MOLECULAR POR HOMOLOGIA DA ENZIMA DIIDROOROTATO DESIDROGENASE DA LEISHMANIA MAJOR E APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE DOCAGEM E DINÂMICA MOLECULAR

João Augusto Pereira da Rocha

Elaine Cristina Medeiros da Rocha

João Lídio da Silva Gonçalves Vianez Júnior

Fabio Alberto de Molfetta

DOI 10.22533/at.ed.79021080414

**CAPÍTULO 15..... 145**

INFLUÊNCIA DA RELAÇÃO SURFACTANTE/TIMOL PARA A OBTENÇÃO DE NANOEMULSÕES COM POTENCIAL USO NA AGRICULTURA E INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Davi Cardoso Aguiar de Melo

Caroline de Souza Fontes

Natália Assis Guedes

Lucas de Souza Soares

Adilson Vidal Costa

Vagner Tebaldi de Queiroz

DOI 10.22533/at.ed.79021080415

**CAPÍTULO 16..... 154**

GLICOPOLÍMEROS TERMORRESPONSIVOS: EFEITO DA D-GLICOSE NO COMPORTAMENTO ASSOCIATIVO

Karoline Nóbrega Celino

Nívia do Nascimento Marques

Marcos Antonio Villetti

Maurício Rodrigues Borges

Rosângela de Carvalho Balaban

DOI 10.22533/at.ed.79021080416

**CAPÍTULO 17..... 166**

PROPRIEDADES EM MEIO AQUOSO DE POLI(N-ISOPROPILACRILAMIDA-CO-LAURATO DE VINILA)

Mariana Alves Leite Dutra



Laura Gabriela Gurgel de Carvalho  
Nívia do Nascimento Marques  
Marcos Antonio Villetti  
Maurício Rodrigues Borges  
Rosângela de Carvalho Balaban

**DOI 10.22533/at.ed.79021080417**

**CAPÍTULO 18..... 177**

**CATÁLISE DA CONVERSÃO DE FRUTOSE PARA HMF ATRAVÉS DE SÓLIDOS ÁCIDOS INORGÂNICOS**

João Pedro Vieira Lima  
Pablo Teles Aragão Campos  
Mateus Freitas Paiva  
José Joaquín Linares León  
Sílvia Cláudia Loureiro Dias  
José Alves Dias

**DOI 10.22533/at.ed.79021080418**

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 186**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 187**

## PROPRIEDADES EM MEIO AQUOSO DE POLI(N-ISOPROPILACRILAMIDA-CO-LAURATO DE VINILA)

Data de aceite: 01/03/2021

Data de submissão: 05/01/2021

### **Mariana Alves Leite Dutra**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Instituto de Química, Laboratório de Pesquisa  
em Petróleo (LAPET)  
Natal – Rio Grande do Norte  
<http://lattes.cnpq.br/7926629027032658>

### **Laura Gabriela Gurgel de Carvalho**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Instituto de Química, Laboratório de Pesquisa  
em Petróleo (LAPET)  
Natal – Rio Grande do Norte  
<http://lattes.cnpq.br/1269987827095427>

### **Nívia do Nascimento Marques**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Instituto de Química, Laboratório de Pesquisa  
em Petróleo (LAPET)  
Natal – Rio Grande do Norte  
<http://lattes.cnpq.br/6620063682882340>

### **Marcos Antonio Villetti**

Universidade Federal de Santa Maria  
Departamento de Física, Laboratório de  
Espectroscopia e Polímeros (LEPOL)  
Santa Maria – Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/8504489050993642>

### **Maurício Rodrigues Borges**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Instituto de Química, Laboratório de Pesquisa  
em Petróleo (LAPET)  
Natal – Rio Grande do Norte  
<http://lattes.cnpq.br/7409076038495589>

### **Rosangela de Carvalho Balaban**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Instituto de Química, Laboratório de Pesquisa  
em Petróleo (LAPET)  
Natal – Rio Grande do Norte  
<http://lattes.cnpq.br/7711521318854102>

**RESUMO:** Copolímeros anfífilos e termorresponsivos de *N*-isopropilacrilamida (NIPAM) e laurato de vinila (LV) foram preparados em meio aquoso, usando  $K_2S_2O_8/H_2O_2$  como iniciadores. A caracterização estrutural foi feita por espectroscopia no infravermelho (IV) e ressonância magnética nuclear (RMN) e o comportamento associativo em meio aquoso foi investigado por meio de medidas de espalhamento de luz dinâmico (DLS) e reologia. Um total de 7 e 13% de laurato de vinila foram incorporados aos copolímeros, conforme determinado por RMN. Os dados de DLS revelaram a formação de agregados mesmo a temperaturas inferiores à LCST da PNIPAM. As amostras também exibiram comportamento associativo dependendo da quantidade de LV nos copolímeros, como indicado por reologia e DLS.

**PALAVRAS - CHAVE:** Copolímero anfílico, laurato de vinila, PNIPAM, polímero termorresponsivo.

## PROPERTIES IN AQUEOUS MEDIUM OF POLY(*N*-ISOPROPYLACRYLAMIDE-*CO*-VINYL LAURATE)

**ABSTRACT:** Amphiphilic and thermoresponsive copolymers of *N*-isopropylacrylamide (NIPAM) and vinyl laurate (VL) were prepared in aqueous medium, using  $K_2S_2O_8/H_2O_2$  as initiator system. The structural characterization was performed by infrared (IR) and nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopy and their associative behavior in aqueous medium was investigated by means of dynamic light scattering (DLS) and rheological measurements. The total of 7 and 13 % of vinyl laurate were incorporated to the copolymers, as determined by NMR. DLS results displayed the formation of polymer aggregates even at temperatures below the corresponding LCST of PNIPAM. The samples also exhibited an associative behavior depending on VL content in the copolymers, as indicated by rheology and DLS.

**KEYWORDS:** Amphiphilic copolymer, vinyl laurate, PNIPAM, thermoresponsive polymer.

### 1 | INTRODUÇÃO

Polímeros termorresponsivos são caracterizados por apresentarem uma alteração reversível em sua estrutura/propriedades em resposta a pequenas variações na temperatura. A poli(*N*-isopropilacrilamida) (PNIPAM) é o polímero termorresponsivo mais estudado, apresentando uma temperatura consoluta inferior (lower critical solution temperature – LCST) em torno de 32 °C em água. Isso significa que a PNIPAM é solúvel em água abaixo da LCST, devido à formação de ligações de hidrogênio polímero-solvente, e insolúvel acima dela, devido à ruptura das interações polímero-solvente e agregação das cadeias poliméricas. Esse comportamento tem levado a uma ampla gama de aplicabilidades em diferentes áreas, incluindo liberação controlada de fármacos, separação cromatográfica e recuperação aumenta de petróleo (CARVALHO; LEE; ZHANG; CZARNECKI *et al.*, 2021; CHEN; JIANG; ZHEN, 2020; WU; WANG; CHEN; GHOSH, 2014).

O comportamento associativo da PNIPAM pode ser controlado através da incorporação de monômeros hidrofílicos ou hidrofóbicos. Quando sujeitos a mudanças na temperatura, a adição de monômeros hidrofílicos resulta em um aumento na LCST, enquanto a adição de monômeros hidrofóbicos diminui a LCST. Ao contrário da adição de monômeros hidrofílicos, os efeitos da introdução de monômeros hidrofóbicos nas propriedades de copolímeros baseados em *N*-isopropilacrilamida ainda têm sido pouco investigados (SUN; LIU; CHENG; ZHANG *et al.*, 2005; YANG; LEE; KIM, 2011). Cao e colaboradores (2005), por exemplo, prepararam copolímeros de poli(*N*-isopropilacrilamida-*co*-laurato de vinila) em várias razões molares, via polimerização radicalar com 2,2'-azoisobutironitrila (AIBN), em solvente orgânico (tetrahidrofurano, THF). A incorporação de LV levou a LCST menores que a temperatura de turvação observada para a PNIPAM, promovendo a formação de agregados (CAO; LIU; GAO; YAO *et al.*, 2005).

O uso de solventes menos agressivos ao meio ambiente tem atraído considerável atenção. O objetivo é explorar técnicas e metodologias que reduzam ou eliminem a

utilização ou a geração de produtos, subprodutos, solventes e reagentes que são perigosos para a saúde humana ou para o ambiente. A vantagem de usar solventes não tóxicos, como a água, torna o método mais simples, além de propiciar a ausência de solventes orgânicos e catalisadores que agridem o meio ambiente. Evitando um solvente desse tipo, reduz-se o número de componentes na reação, elimina-se problemas de emissão de solvente e evita-se a preocupação com requisitos de reciclagem de solventes. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo preparar em meio aquoso copolímeros termorresponsivos usando monômeros de diferentes polaridades, *N*-isopropilacrilamida (NIPAM) e laurato de vinila (LV), e avaliar o efeito do LV nas propriedades associativas dos produtos.

## 2 | EXPERIMENTAL

### 2.1 Materiais

*N*-isopropilacrilamida (NIPAM) foi fornecida pela Sigma Aldrich. Laurato de vinila (LV) foi adquirido da Tokyo Chemical Industries Co., Ltd. Peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) foi obtido da Alphatec Química Fina, persulfato de potássio ( $K_2S_2O_8$ ) foi obtido da from Lafan Química Fina e acetona ( $C_3H_6O$ ) foi fornecida pela ProQuímicos. Todos os materiais foram utilizados sem purificação prévia.

### 2.2 Síntese da PNIPAM e dos copolímeros Poli(NIPAM-co-LV)

As sínteses foram feitas de acordo com a metodologia proposta por Borges e colaboradores (2009) (BORGES; SANTOS; VIEIRA; BALABAN, 2009) nas condições apresentadas na Tabela 1. Os monômeros (total de 2,0 gramas) foram adicionados à 10 mL de água, sob agitação magnética, com borbulhamento de nitrogênio gasoso por 10 minutos. Em seguida,  $K_2S_2O_8$  e  $H_2O_2$  foram adicionados e a solução foi mantida a 60 °C, sob agitação magnética constante, sob atmosfera de nitrogênio gasoso. Os produtos foram dialisados em água destilada e os produtos foram recuperados por liofilização.

Polímero	NIPAM (mol%)	LV (mol %)	$K_2S_2O_8$ (mmol/L)	$H_2O_2$ ( $\mu$ L)
PNIPAM	100	0	7.4	20
Poli(NIPAM93-LV7)	75	25	7.4	20
Poli(NIPAM87-LV13)	50	50	7.4	20

Tabela 1 – Quantidades de reagentes utilizadas nas sínteses

## 2.3 Infravermelho (IV)

Os espectros na região do infravermelho foram obtidos em um espectrômetro Spectrum65, da Perkin Elmer, equipado com um acessório de reflectância total atenuada (Attenuated Total Reflectance - ATR). Os dados foram coletados na faixa de 4000 a 600  $\text{cm}^{-1}$ .

## 2.4 Ressonância Magnética Nuclear (RMN)

Os espectros de RMN de  $^1\text{H}$  foram obtidos em um espectrômetro Bruker Avance III 600 MHz. As análises foram feitas a 25 °C, usando  $\text{CDCl}_3$  como solvente.

## 2.5 Espalhamento de Luz Dinâmico

Medidas de espalhamento de luz dinâmico (Dynamic Light Scattering - DLS) foram realizadas em um goniômetro da Brookhaven equipado com laser de He-Ne, operando a um comprimento de onda de 637 nm, a um ângulo fixo de 90 °. As amostras foram dissolvidas em água, a uma concentração de 1 g/L, e analisadas a diferentes temperaturas (20, 25 e 30 °C) antes filtração (AF) e depois da filtração (DF) em um filtro de Nylon com diâmetro de 0,45  $\mu\text{m}$ . As distribuições de tempos de relaxação foram obtidas a partir das funções de autocorrelação, utilizando o programa GENDIST, que trabalha com o algoritmo REPES.

## 2.6 Reologia

Medidas reológicas das soluções poliméricas foram realizadas em um reômetro Haake Mars da Thermo, equipado com sensor de cilindros coaxiais DG41 e acoplado a um banho termostático Haake DC50. As amostras foram dissolvidas em água, a uma concentração de 5 g/L, e analisadas na faixa 20 a 40 °C, na taxa de cisalhamento de 1  $\text{s}^{-1}$ .

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os espectros no infravermelho para a PNIPAM e os copolímeros. Eles exibem bandas referentes à amida I ( $\text{C}=\text{O}$ ) em 1635  $\text{cm}^{-1}$  e amida II ( $\text{N-H}$ ) em 1540  $\text{cm}^{-1}$ , além dos sinais em 1367 e 1387  $\text{cm}^{-1}$ , atribuídos aos grupos isopropil da PNIPAM. A presença do laurato de vinila no espectro dos copolímeros foi evidenciada pelo aparecimento do pico em 1740  $\text{cm}^{-1}$ , atribuído ao estiramento de carbonila de éster (MARQUES; GARCIA; MADRUGA; VILLETTI *et al.*, 2019; MARQUES; LIMA; SILVEIRA; LIMA *et al.*, 2016).

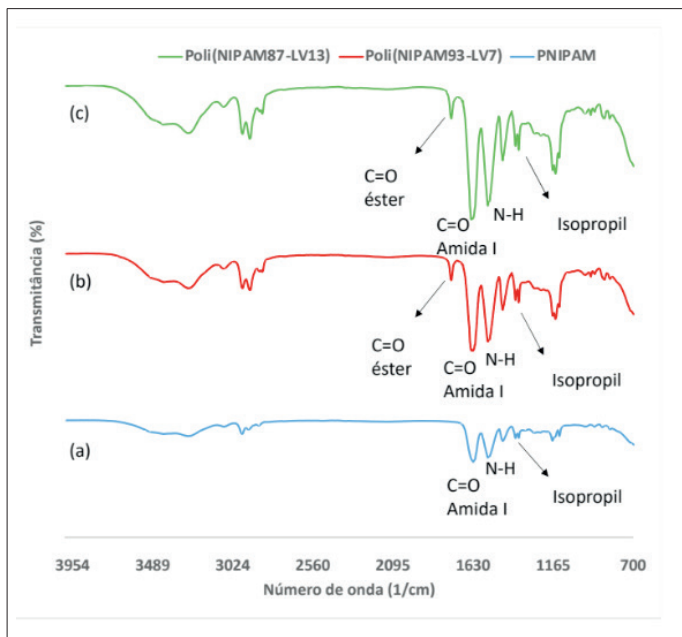


Figura 1 - Espectros no infravermelho da (a) PNIPAM, (b) Poli(NIPAM93-LV7) e (c) Poli(NIPAM87-LV-13)

A Figura 2(a) apresenta o espectro de RMN de  $^1\text{H}$  da PNIPAM. O sinal em 1,13 ppm pode ser atribuído aos hidrogênios metílicos da PNIPAM, enquanto os sinais em 1,26 e 2,71 ppm correspondem aos hidrogênios dos grupos  $\text{CH}_2$  e  $\text{CH}$  da cadeia principal, respectivamente. O sinal em 3,71 ppm foi atribuído ao hidrogênio do grupo  $\text{NH}$ , e o hidrogênio metínico do grupo isopropil foi observado a 3,99 ppm. A Figura 2(b) exhibe o espectro de do Poli(NIPAM93-LV7). O sucesso na copolimerização foi identificado pela presença dos sinais relativos à ambas as unidades monoméricas: hidrogênios metílicos a 0,88 ppm (a) e metilênicos entre 1,26 e 2,29 ppm (b-k) para as unidades de laurato de vinila, assim como os sinais em 3,99 ppm (r) e 1,13 ppm (s,t) para os hidrogênios metínicos e metílicos, respectivamente, da NIPAM (CAO; LIU; GAO; YAO *et al.*, 2005; MARQUES; GARCIA; MADRUGA; VILLETTI *et al.*, 2019). O espectro do Poli(NIPAM87-LV13) é similar ao espectro do Poli(NIPAM93-LV7) (dados não mostrados). Entretanto, a intensidade dos picos mudou de acordo com as quantidades de NIPAM e LV no meio reacional. Os picos correspondentes aos hidrogênios  $\text{H}_r$  da PNIPAM e  $\text{H}_a$  do laurato de vinila foram usados para estimar a porcentagem real de cada mero no copolímero, de acordo com a Equação 1:

$$\text{NIPAM (mol\%)} = (I_{\text{Hr}} \times 100) / [(I_{\text{Ha}}/3) + I_{\text{Hr}}] \quad (1)$$

Em que  $I_{\text{Hr}}$  e  $I_{\text{Ha}}$  são as integrais dos hidrogênios “r” da NIPAM e “a” do laurato



de vinila. O copolímero sintetizado na proporção reacional de 75% em mol de NIPAM e 25% em mol de laurato de vinila obteve uma porcentagem final de 93% de NIPAM e 7% em mol de LV; enquanto o copolímero sintetizado na proporção reacional de 50% em mol de NIPAM e 50% em mol de laurato de vinila obteve uma porcentagem final de 87% de NIPAM e 13% em mol de LV. A quantidade real de laurato de vinila nos copolímeros é menor que a do meio reacional em função da menor reatividade do LV quando comparado à NIPAM.

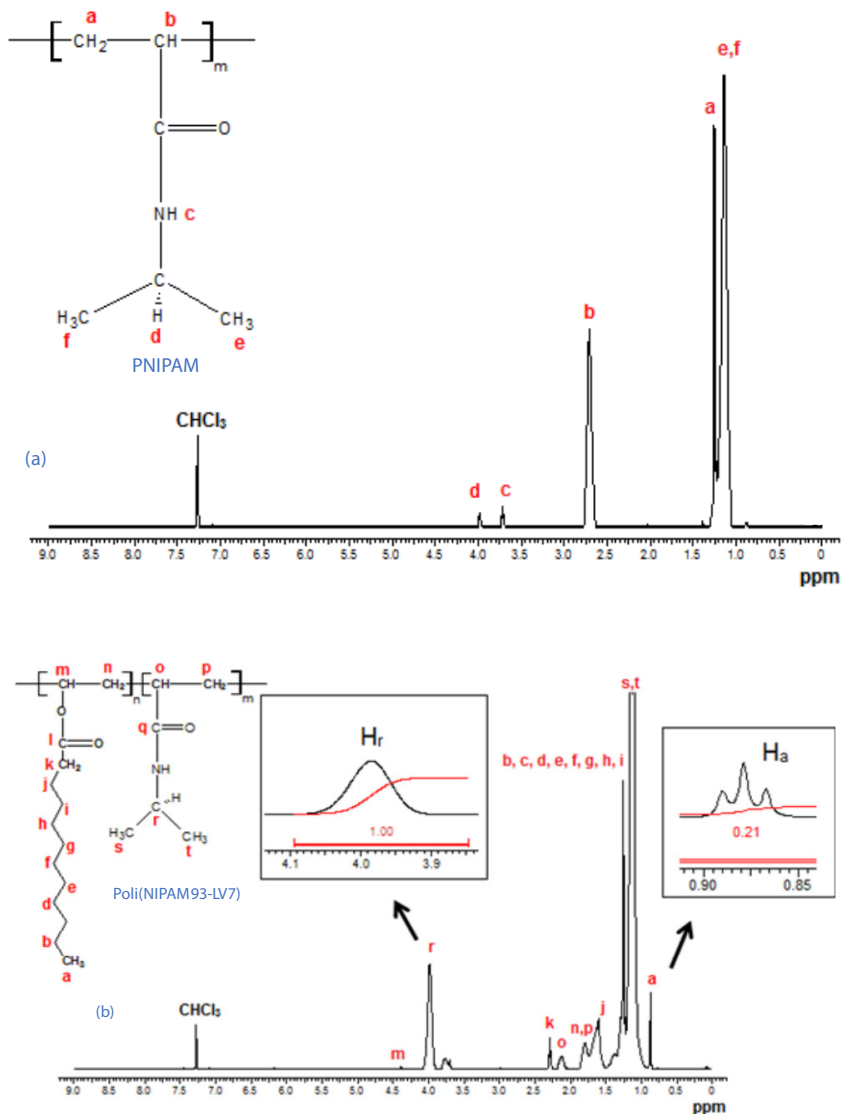
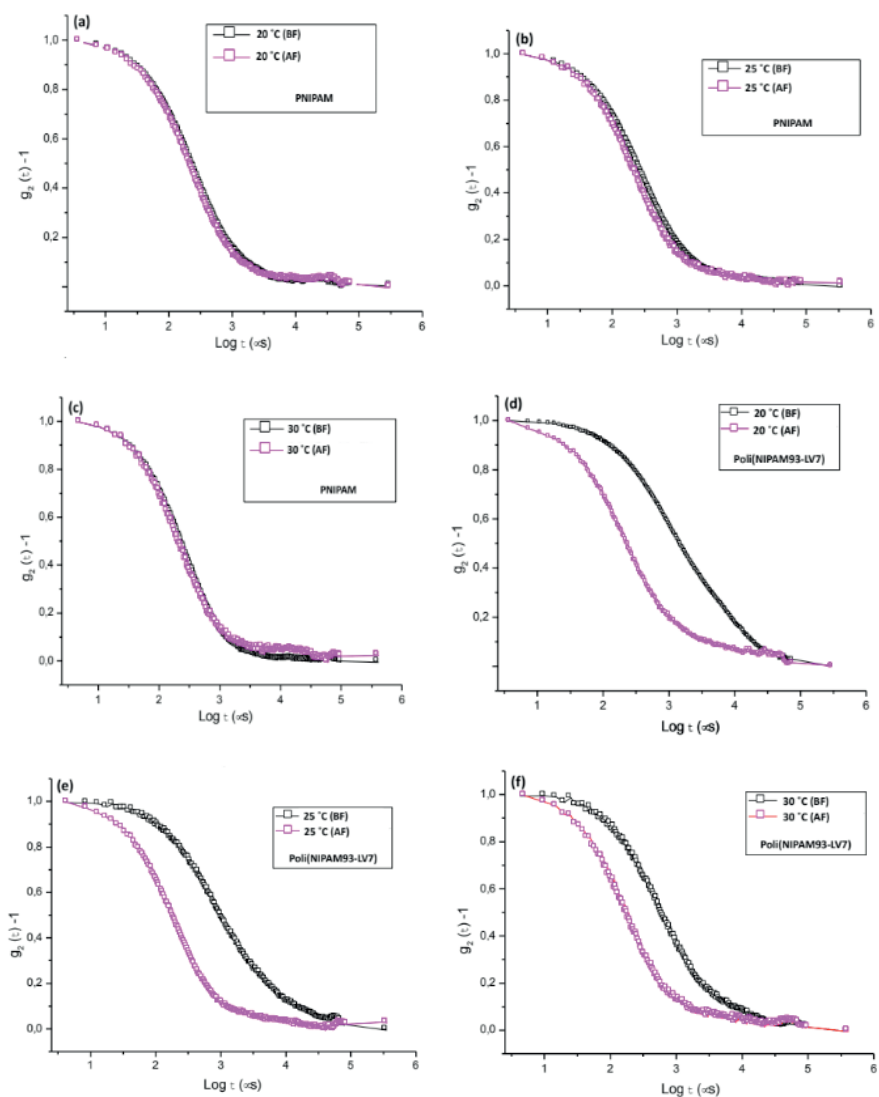


Figura 2. RMN  $^1\text{H}$  da (a) PNIPAM e do (b) Poli(NIPAM93-LV7)

Para avaliar o efeito da filtração das amostras de polímero no tamanho das partículas, foram realizadas medidas de espalhamento de luz dinâmico das soluções poliméricas antes e depois da filtração (membrana de  $0,45 \mu\text{m}$ ), a diferentes temperaturas. As funções de autocorrelação resultantes e seus raios hidrodinâmicos correspondentes são apresentados na Figura 3 e na Tabela 2, respectivamente.



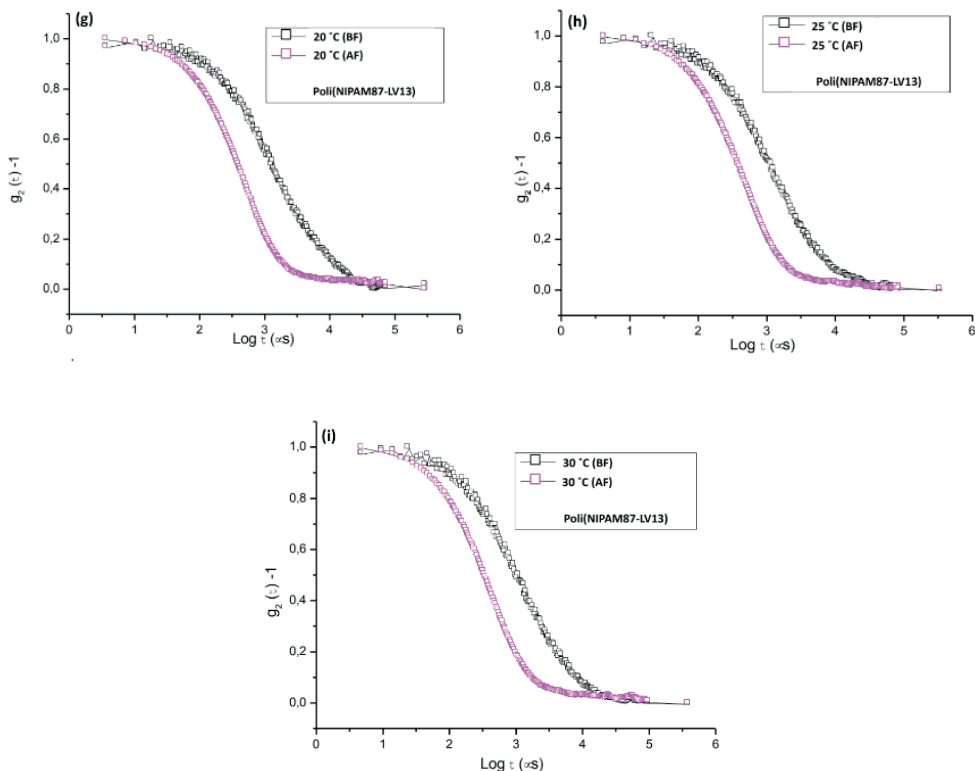


Figura 3. Funções de autocorrelação temporal versus o tempo de relaxação das soluções de (a, b, c) PNIPAM, (d, e, f) Poli(NIPAM93-LV7) e (g, h, i) Poli(NIPAM87-LV1), em diferentes temperaturas, antes e depois da filtração.

Para a PNIPAM, praticamente não houve diferença entre as curvas antes e depois da filtração. Entretanto, para os copolímeros, há um tempo de relaxação consideravelmente maior para as curvas das amostras não filtradas, o que indica agregação dos polímeros. Para o copolímero com maior quantidade de LV, a diferença entre os tempos de correlação da amostra antes e depois da filtração é menor, o que indica maior predominância de interações intramoleculares, com agregados de menor tamanho para o Poli(NIPAM87-LV13). Para ambos os copolímeros, a diferença entre as curvas das amostras filtradas e não filtradas diminui com a temperatura, o que indica maior mobilidade das cadeias (maior coeficiente de difusão) com o aquecimento até 30 °C. Esse comportamento também é indicado pelos tamanhos dos raios hidrodinâmicos dos polímeros, que diminui com a temperatura (Tabela 2). Comportamento semelhante foi observado na literatura para copolímeros de Poli(NIPAM-co-LV), contendo diferentes razões NIPAM/LV e preparados em solvente orgânico (CAO; LIU; GAO; YAO et al., 2005).

Amostra	20 °C	25 °C	30 °C
PNIPAM (AF)	6,13	9,75	13,28
	31,61	26,99	-
	-	77,22	51,36
	165,48	199,5	208,59
PNIPAM (DF)	6,25	15,84	10
	30,46	47,82	26
	131,38	126,3	100,3
Poli(NIPAM93-LV7) (AF)	5,01	9,96	25,12
	19,95	70,37	107,14
	53,85	-	-
	128,86	273,44	-
Poli(NIPAM93-LV7) (DF)	10	11,26	20,52
	25,14	40,81	33,09
	79,42	117,91	
Poli(NIPAM87-LV13) (AF)	9,24	7,94	11,48
	-	41,94	47,12
	132,92	100	165,62
	-	319,2	-
Poli(NIPAM87-LV13) (DF)	10,15	12,10	6,23
	31,62	-	19,95
	83,47	56,88	42,04
	249,43	110,69	-

Tabela 2 – Raio hidrodinâmico (nm) dos polímeros em água (1 g/L) antes da filtração (AF) e depois a filtração (DF)

A Figura 4 apresenta as curvas de viscosidade das soluções poliméricas em função da temperatura. A viscosidade da solução de PNIPAM diminui com o aumento da temperatura (comportamento típico de Arrhenius) e, em uma dada temperatura (33°C), a viscosidade da solução começa a aumentar, indicando associações intermoleculares polímero-polímero. A solubilidade da PNIPAM em água a baixas temperaturas se deve às interações de hidrogênio que o polímero possui com a água. Já o pico intenso de viscosidade a 34 °C (LCST da PNIPAM) é atribuído a dois fatores: (i) diminuição das ligações de hidrogênio polímero-solvente e (ii) aumento de interações hidrofóbicas entre os grupos isopropil da PNIPAM, que aumentam com o aumento da temperatura, promovendo a agregação intermolecular entre cadeias poliméricas. Aumentando a temperatura acima da LCST, a viscosidade das soluções diminui drasticamente. Este comportamento é característico da diminuição adicional das interações polímero-solvente e crescente aumento de interações hidrofóbicas entre cadeias de PNIPAM, causando agregação intramolecular, reduzindo a viscosidade. Efeito semelhante foi observado para o copolímero Poli(NIPAM93-LV7). Entretanto, a presença dos grupos hidrofóbicos do LV promoveu uma pequena diminuição

na LCST (33 °C) e uma menor viscosidade abaixo da LCST. A solução do copolímero com maior quantidade de LV apresentou turbidez a 20 °C, indicando que a LCST ocorre a uma temperatura inferior à temperatura dos ensaios reológicos. Neste caso, a viscosidade foi menos influenciada pela temperatura.

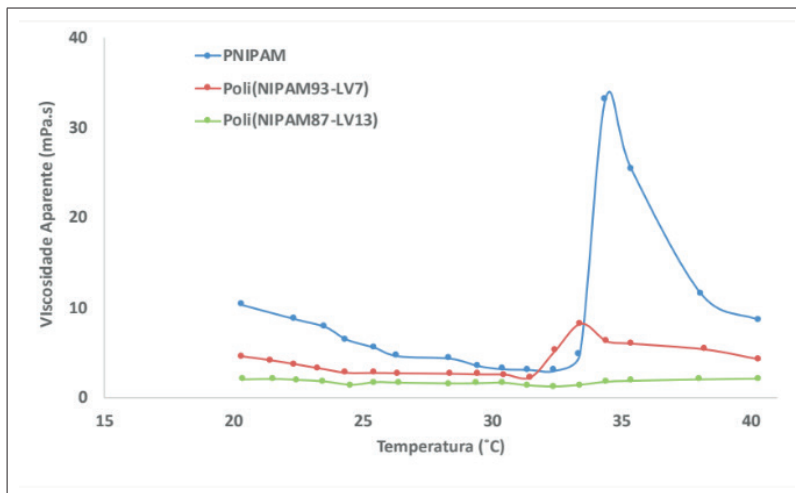


Figura 4 – Efeito da temperatura na viscosidade das soluções poliméricas.

## 4 | CONCLUSÕES

No presente trabalho, copolímeros baseados em *N*-isopropilacrilamida e laurato de vinila foram preparados com sucesso por polimerização radicalar em meio aquoso, como indicado por infravermelho e RMN. Um total de 7 e 13% de laurato de vinila foram incorporados aos copolímeros, conforme determinado por RMN. Os dados de DLS revelaram a formação de agregados mesmo a temperaturas inferiores à LCST dos polímeros. Para o copolímero com 7% de LV foi observada uma pequena diminuição na LCST em relação à PNIPAM, enquanto o copolímero com 13% de LV apresentou turbidez a 20 °C, indicando que a LCST ocorre a uma temperatura inferior à temperatura dos ensaios reológicos. Neste caso, a viscosidade foi menos influenciada pela temperatura.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

## REFERÊNCIAS

BORGES, M. R.; SANTOS, J. A. D.; VIEIRA, M.; BALABAN, R. Polymerization of a water soluble glucose vinyl ester monomer with tensoactive properties synthesized by enzymatic catalyst. **Materials Science and Engineering: C**, 29, n. 2, p. 519-523, 2009/03/01/ 2009.

CAO, Z.; LIU, W.; GAO, P.; YAO, K. *et al.* Toward an understanding of thermoresponsive transition behavior of hydrophobically modified N-isopropylacrylamide copolymer solution. **Polymer**, 46, n. 14, p. 5268-5277, 2005/06/27/ 2005.

CARVALHO, W. S. P.; LEE, C.; ZHANG, Y.; CZARNECKI, A. *et al.* Probing the response of poly (N-isopropylacrylamide) microgels to solutions of various salts using etalons. **Journal of Colloid and Interface Science**, 585, p. 195-204, 2021/03/01/ 2021.

CHEN, Q.; JIANG, X.; ZHEN, J. Preparation and characterization of temperature sensitive iron oxide nanoparticle and its application on enhanced oil recovery. **Journal of Petroleum Science and Engineering**, 2020.

MARQUES, N. D. N.; GARCIA, C. S. D. N.; MADRUGA, L. Y. C.; VILLETTI, M. A. *et al.* Turning industrial waste into a valuable bioproduct: Starch from mango kernel derivative to oil industry mango starch derivative in oil industry. **Journal of Renewable Materials**, 7, n. 2, p. 139-152, 2019. Article.

MARQUES, N. N.; LIMA, B. V.; SILVEIRA, V. R.; LIMA, B. L. B. *et al.* PNIPAM-based graft copolymers prepared using potassium persulfate as free-radical initiator: synthesis reproducibility. **Colloid and Polymer Science**, 294, n. 6, p. 981-991, 2016.

SUN, S.; LIU, W.; CHENG, N.; ZHANG, B. *et al.* A Thermoresponsive Chitosan–NIPAAm/Vinyl Laurate Copolymer Vector for Gene Transfection. **Bioconjugate Chemistry**, 16, n. 4, p. 972-980, 2005/07/01 2005.

WU, Q.; WANG, R.; CHEN, X.; GHOSH, R. Temperature-responsive membrane for hydrophobic interaction based chromatographic separation of proteins in bind-and-elute mode. **Journal of Membrane Science**, 471, p. 56-64, 2014/12/01/ 2014.

YANG, X.; LEE, H. Y.; KIM, J. C. Effect of hydrophobic comonomer content on assembling of poly (N-isopropylacrylamide) and thermal properties. **Journal of Applied Polymer Science**, 120, n. 4, p. 2346-2353, 2011.



## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Água 7, 18, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 67, 89, 91, 92, 93, 94, 100, 102, 103, 109, 111, 112, 113, 114, 117, 129, 145, 147, 148, 154, 155, 156, 157, 160, 161, 162, 163, 167, 168, 169, 174, 179, 181, 184

Álcool 80, 83, 84, 85, 101, 158, 159, 163

Alimentação 88, 89, 90, 96, 97, 98, 100, 107, 108, 159, 163

Alimentos 8, 19, 67, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 107, 108, 110, 111, 112, 121, 145, 147, 155

Aminoácidos 123, 130

Amostras 7, 12, 38, 40, 41, 42, 45, 46, 88, 92, 93, 98, 102, 103, 104, 105, 106, 109, 114, 115, 120, 149, 154, 157, 158, 160, 161, 166, 169, 172, 173

Antioxidante 59, 112, 121, 145, 146

Atividade Lúdica 24, 25, 26

Avaliação 4, 7, 11, 14, 48, 56, 57, 58, 59, 61, 95, 107, 108, 115, 120, 121, 145, 147, 148, 160

### B

Biodiesel 81, 86, 87

Biomassa 177, 178

### C

Carboidratos 89, 90, 93, 100

Catalisador 179, 180, 182, 183, 184

Catálise 9, 87, 156, 177, 184

Cidadania 24, 57, 61, 62, 63, 72

Ciências 5, 6, 2, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 36, 37, 47, 48, 49, 54, 56, 60, 61, 62, 63, 68, 69, 79, 81, 87, 141, 142, 145

Cinética 146, 148, 150, 151, 183

Conceitos 7, 1, 2, 3, 7, 16, 17, 18, 22, 25, 31, 38, 39, 45, 47, 56, 62, 64, 65, 67, 73, 80, 81, 83, 86

Conhecimento Científico 9, 62, 80

Conteúdo 2, 5, 8, 9, 17, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 33, 66, 68, 81, 93, 94

Contexto 1, 31, 37, 39, 46, 50, 51, 72, 73, 74, 87, 168

Contextualização 5, 17, 31, 37, 51, 69

Copolímero 154, 161, 166, 170, 171, 173, 174, 175

Cores 7, 4, 12, 27, 42, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77  
Cotidiano 5, 17, 22, 26, 27, 31, 57, 70, 71, 74, 86

## **D**

Didática 1, 3, 12, 14, 25, 26, 30, 80  
Discente 25, 50, 68  
Disciplinares 39, 81  
Docente 21, 31, 51, 68  
Doenças 58, 89, 99, 100, 123, 124

## **E**

Educação Ambiental 7, 38, 39, 40, 47, 48, 186  
Educação Básica 5, 2, 38  
Efeito Estufa 178  
Emulsificação 145, 150  
Energia 6, 89, 90, 93, 98, 99, 100, 123, 126, 127, 131, 132, 134, 136, 140, 147, 150, 178  
Ensinoaprendizagem 5  
Ensino de ciências 8, 9, 14, 15, 22, 23, 24, 31, 37, 48, 61, 68, 87  
Ensino de química 6, 1, 8, 16, 24, 29, 48, 69, 87  
Enzima 8, 111, 123, 125, 126, 127, 129, 131, 132, 134, 135, 136, 140, 141, 156  
Espectroscopia no infravermelho 166  
Éster 80, 83, 84, 85, 158, 159, 163, 169  
Experimento 12, 80, 83, 85, 109, 115, 179, 180

## **F**

Fármacos 124, 125, 126, 143, 147, 156, 167, 178  
Fibras 33, 89, 100, 110  
Funções Orgânicas 80

## **G**

Gordura 7, 81, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 99, 100, 108

## **H**

Hidrofílico 111, 123, 138, 141  
Hidrofóbico 147  
Hidrólise 98, 104, 106

## **I**

Ingestão 89, 90, 95, 100

Inibidores 123, 125, 126, 140, 141

Insolúvel 161, 167

Interdisciplinar 27, 38, 39, 45, 48, 76, 79

## **L**

Laboratório 18, 27, 40, 45, 49, 61, 65, 66, 68, 88, 90, 94, 107, 154, 166

Lipídeos 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 98, 100, 111

## **O**

Óleo Essencial 8, 53, 58, 59, 109, 112, 113, 115, 116, 117, 118, 120, 121

Oxidação 98, 104, 105, 107, 111, 125

## **P**

Parâmetros físico-químicos 7, 38, 41, 45, 46, 47, 186

Polímeros 26, 154, 155, 163, 166, 167, 173, 174, 175

Práticas Pedagógicas 39

Proteína 111, 126, 130, 132, 137, 138

## **Q**

Qualitativo 24, 25, 56

Química 2, 5, 6, 7, 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 36, 38, 40, 45, 47, 48, 49, 50, 59, 60, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 76, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 90, 107, 108, 121, 123, 128, 141, 145, 148, 154, 155, 166, 168, 177, 186

Química Orgânica 6, 24, 25, 26, 27, 28, 80, 85, 87

## **R**

Recurso Pedagógico 1, 2

## **S**

Senso Comum 62, 80

Solúvel 154, 167

Solventes 94, 167, 168, 184, 186

## **T**

Tecnologia 9, 30, 31, 32, 60, 62, 63, 66, 67, 70, 121, 123

Tema 25, 27, 30, 35, 36, 39, 40, 45, 50, 51, 57, 59, 81, 93

Temperatura 7, 41, 42, 46, 88, 91, 94, 98, 104, 109, 110, 112, 113, 115, 116, 117, 118, 119, 146, 155, 162, 163, 167, 173, 174, 175, 179, 180, 181

Transesterificação 7, 80, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 154, 155, 156

## **U**

Umidade 88, 91, 92, 94, 95, 110, 111, 114, 118

## **V**

Vitamina 110

## **Z**

Zinco 110

# Química:

Debate entre a Vida Moderna  
e o Meio Ambiente 2

 [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)



# Química:

Debate entre a Vida Moderna  
e o Meio Ambiente 2

 [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)