



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^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª 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

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

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

Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

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

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^ª Dr^ª 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. Alexandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª 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^ª 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^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Lívia 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^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª 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^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª 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^ª 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^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª 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

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

CAPÍTULO 6	38
EDUCAÇÃO AMBIENTAL: APRENDENDO A ANALISAR PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE AMOSTRAS DE ÁGUA	
Carlos Torquato de Lima Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.7902108046	
CAPÍTULO 7	49
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	
DOI 10.22533/at.ed.7902108047	
CAPÍTULO 8	60
QUÍMICA E O UNIVERSO A NOSSA VOLTA	
Ricardo Francischetti Jacob	
Sérgio Delbianco Filho	
DOI 10.22533/at.ed.7902108048	
CAPÍTULO 9	70
CORES DE FRIDA	
Aline de Sousa	
Laurinéia Rodrigues Nicácio Freitas	
Lílian de Sousa Sena	
DOI 10.22533/at.ed.7902108049	
CAPÍTULO 10	80
REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO COM DELINEAÇÃO SIGNIFICATIVA DOS CONCEITOS DE QUÍMICA	
Vagner Cunha Lima	
DOI 10.22533/at.ed.79021080410	
CAPÍTULO 11	88
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	
DOI 10.22533/at.ed.79021080411	
CAPÍTULO 12	98
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

GLICOPOLÍMEROS TERMORRESPONSIVOS: EFEITO DA D-GLICOSE NO COMPORTAMENTO ASSOCIATIVO

Data de aceite: 01/03/2021

Data de submissão: 15/01/2021

Karoline Nóbrega Celino

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/6715261695099978>

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>

Rosângela 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: Glicopolímeros termorresponsivos foram preparados por polimerização radicalar, usando diferentes quantidades de N-isopropilacrilamida (NIPAM) e 6-O-viniladipoil D-glicose (ADG) no meio reacional. As amostras foram caracterizadas estruturalmente por espectroscopia na região do infravermelho por transformada de Fourier. O comportamento associativo dos polímeros em meio aquoso foi acompanhado através de medidas reológicas e de espalhamento de luz dinâmico (DLS). A razão molar NIPAM/ADG teve efeito pronunciado nas propriedades dos copolímeros. Aqueles preparados com razão molar NIPAM/ADG 3/7, 1/1 e 7/3 no meio reacional foram insolúveis em água, enquanto os sintetizados com razão molar NIPAM/ADG 9/1 e 1/9 foram solúveis em água. O copolímero solúvel em água com menor quantidade de ADG apresentou maior viscosidade que o homopolímero poli(N-isopropilacrilamida) (PNIPAM) em água e, ao contrário da PNIPAM, o copolímero apresentou comportamento termoviscosificante.

PALAVAS - CHAVE: transesterificação enzimática, polímeros associativos, polímeros termorresponsivos, reologia.

THERMORESPONSIVE GLYCOPOLYMERS: EFFECT OF D-GLUCOSE ON THE ASSOCIATIVE BEHAVIOUR

ABSTRACT: Thermoresponsive glycolpolymers were prepared by free-radical polymerization, using different amounts of N-isopropylacrylamide (NIPAM) and 6-O-vinyladipoyl D-glucose (ADG) in the feed. The samples were structurally

characterized by Fourier-transform infrared spectroscopy. The associative behaviour of the polymers in aqueous medium was followed by measurements of the rheological properties and dynamic light scattering (DLS). The NIPAM/ADG molar ratio was found to have pronounced effect on the properties of the copolymers. The ones prepared with NIPAM/ADG molar ratio 3/7, 1/1 and 7/3 in the feed were insoluble in water, whereas the synthesized with NIPAM/ADG molar ratio 9/1 and 1/9 were water-soluble. The water-soluble copolymer with lower amount of ADG displayed higher viscosity than PNIPAM homopolymer in water and, contrary to PNIPAM, the copolymer exhibited therothickening behaviour.

KEYWORDS: enzymatic transesterification, associative polymers; thermoresponsive polymers; rheology.

1 | INTRODUÇÃO

A crescente pesquisa em polímeros associativos vem da capacidade desses materiais em atuarem como modificadores reológicos. Sua natureza anfífilica induz associações hidrofóbicas na água, que podem levar a um aumento substancial da viscosidade mesmo em baixas concentrações de polímero. Uma vez submetidos ao cisalhamento, a viscosidade diminui devido à dissociação dos agregados, que são reconstruídos após a remoção do cisalhamento. Este desempenho é vantajoso em muitas áreas, com potencial aplicação em tintas, alimentos, cosméticos, recuperação de petróleo e produtos biomédicos (DU; DONG; KE; REN, 2018; LEE; PARK; YANG; LEE *et al.*, 2019; MARQUES; BALABAN; HALILA; BORSALI, 2018).

Recentemente, os polímeros termorresponsivos com temperatura consoluta inferior (lower critical solution temperature - LCST) em água, têm atraído muita atenção devido à capacidade de associações em função do aumento da temperatura. Em baixas temperaturas, eles são solúveis em água, mas conforme o sistema se aproxima da LCST, eles se tornam insolúveis, devido a associações hidrofóbicas e perda da água de hidratação. A Poli(*N*-isopropilacrilamida) (PNIPAM) é o polímero termorresponsivo mais estudado, devido a sua biocompatibilidade e LCST em torno de 32 ° C, o que torna este polímero particularmente interessante para aplicações biomédicas (DO NASCIMENTO MARQUES; DA SILVA MAIA; DE CARVALHO BALABAN, 2015; WEI; ZHAO; WANG; WANG *et al.*, 2019).

As soluções aquosas de PNIPAM apresentam viscosidade muito baixa em temperatura ambiente e, em baixas concentrações, com o aumento da temperatura, a viscosidade sofre acentuada diminuição, o que restringe sua aplicação como agente espessante. A fim de melhorar esse desempenho, a copolimerização da *N*-isopropilacrilamida (NIPAM) com diversos comonômeros ou polímeros têm sido estudada (DO NASCIMENTO MARQUES; DE LIMA; DE CARVALHO BALABAN, 2016; VAN MASTRIGT; STOFFELSMA; WEVER; PICCHIONI, 2017).

O monômero 6-O-viniladipoil-D-glicose (ADG), produzido por transesterificação enzimática, exhibe autoassociação em meio aquoso devido à estrutura química anfífilica, uma cabeça hidrofílica de D-glicose e cauda hidrofóbica de adipato de vinila. Sendo

assim, os copolímeros à base de NIPAM e ADG têm sido empregados em estudos de reconhecimento de proteínas e liberação controlada de fármacos (JAFARI; YILMAZ; BECER, 2021; LOU; WANG; WILLIAMS; NIE *et al.*, 2014; LOU; ZHANG; WILLIAMS; BRANFORD-WHITE *et al.*, 2013; RAKU; TOKIWA, 2001; SUN; BLIGH; NIE; QUAN *et al.*, 2014; WANG; WILLIAMS; NIE; QUAN *et al.*, 2014). Entretanto, os efeitos da adição crescente de ADG nas propriedades dos copolímeros poli(NIPAM/ADG) ainda não foram reportados.

Nesse trabalho, copolímeros poli(NIPAM/ADG) foram preparados em diferentes razões molares NIPAM/ADG e as associações intermoleculares em meio aquoso foram avaliadas por reometria e espalhamento de luz dinâmico.

2 | EXPERIMENTAL

2.1 Materiais

D-glicose foi adquirida da LabSynth, diviniladipato (DVA) foi obtido da Tokyo Kasei Kogyo Co. Ltd, N-isopropilacrilamida (NIPAM) e N,N,N',N'-tetrametiletlenodiamina (TEMED) foram adquiridas da Sigma-Aldrich. A enzima protease *Bacillus subtilis* (100 U/mg) alcalina foi gentilmente doada pela Biovet, persulfato de potássio (KPS) foi adquirido da Lafan e o peróxido de hidrogênio (H₂O₂) foi obtido da Dinâmica. Dimetilformamida (DMF) foi fornecida pela Quimex, clorofórmio (CHCl₃) foi adquirido da BIOTEC reagentes analíticos e metanol (CH₃OH) foi fornecido pela LabSynth. Todos os reagentes são de grau analítico e foram utilizados como recebidos.

2.2 Síntese do 6-O-viniladipoil D-glicose (ADG)

A transesterificação do DVA com a D-glicose foi realizada via catálise enzimática, conforme descrito previamente por nosso grupo de pesquisa (BORGES; SANTOS; VIEIRA; BALABAN, 2009), mas com algumas modificações. Nesse caso, a D-glicose (0,125 mol) foi dissolvida em 105 mL de DMF/água (20/1, v/v), a 50 °C, seguido pela adição do DVA (0,5 mol). A reação foi iniciada com a adição da enzima *protease de Bacillus subtilis* alcalina (40 mg/mL) e prosseguiu por 7 dias, a 50 °C. Em seguida, a enzima foi filtrada e o sistema submetido à rota-evaporação. A purificação foi realizada em coluna cromatográfica de sílica gel preenchida com CHCl₃, que foi eluída com uma mistura de CHCl₃:CH₃OH nas proporções 1:0; 9:1 e 1:1, respectivamente, para separar o ADG do açúcar residual. As frações foram identificadas utilizando cromatografia de camada delgada, com placa de sílica suportada em alumínio, tendo como eluente uma mistura de acetato de etila/metanol/água nas proporções 7:2:1, respectivamente, com revelação em solução de ácido sulfúrico (10%), a quente.

2.3 Síntese do poli(ADG)

O poli(ADG) foi preparado via polimerização radicalar do ADG (500 mmol.L⁻¹) em água, utilizando o par KPS/ H₂O₂ (5 mg/5 µL) como iniciadores. A reação ocorreu por 24 horas, a 60 °C, sob agitação magnética e atmosfera de N₂(g). O polímero foi recuperado por recristalização em acetona.

2.4 Síntese da PNIPAM e dos copolímeros poli(NIPAM/ADG)

PNIPAM e os copolímeros poli(NIPAM/ADG) foram obtidos de acordo com as concentrações apresentadas na Tabela 1. As reações ocorreram em água, via radicais livres (KPS/TEMED = 7,5 mmol.L⁻¹/3 mmol.L⁻¹), a 25 ° C, por 3 horas, sob atmosfera de N₂(g) e agitação magnética. PNIPAM, PNA91, PNA73 e PNA11 foram purificados por precipitação em água quente. As amostras preparadas com menor quantidade de NIPAM no meio reacional, PNA37 e PNA19, foram dialisadas em água. Todas as amostras foram recuperadas por liofilização.

Polímero	NIPAM:ADG	NIPAM (mol.L ⁻¹)	ADG (mol.L ⁻¹)	Rendimento (%)
PNIPAM	10:0	150	0	78
PNA91	9:1	135	15	67
PNA73	7:3	105	45	33
PNA11	1:1	75	75	27
PNA37	3:7	45	105	10
PNA19	1:9	15	135	1

Tabela 1. Quantidade de monômero usada durante as sínteses e o rendimento das reações.

2.5 Infravermelho

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 obtidos na faixa de 4000 a 400 cm⁻¹.

2.6 Espalhamento de Luz Dinâmico (DLS)

Medidas de espalhamento de luz dinâmico (Dynamic Light Scattering - DLS) foram realizadas usando um gonímetro da Brookhaven, equipado com um laser linear polarizado de He-Ne operando no comprimento de onda de 632,8 nm. O ângulo de espalhamento foi de 90°. As amostras foram filtradas através de membranas de acetato de celulose com tamanho de poro de 0,45 µm antes das medidas. As distribuições dos tempos de relaxação

e os diâmetros hidrodinâmicos (D_h) foram obtidos a partir das funções de autocorrelação, utilizando o programa GENDIST, que trabalha com o algoritmo REPES.

2.7 Reometria

O comportamento reológico das amostras no meio aquoso foi estudado em um reômetro HAAKE MARS da Thermo Fischer Scientific. O equipamento é equipado com cilindros coaxiais (modelo DG41) e acoplado a um banho termostático. As amostras foram submetidas a duas corridas diferentes, a primeira consistindo em uma varredura de 0-1000 s^{-1} , a 20 ° C, e a segunda consistindo no aquecimento das soluções de 25 a 50 ° C, a 20 e 100 s^{-1} .

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização estrutural dos materiais

No espectro de infravermelho do ADG, são visualizados os estiramentos das ligações C-O e O-H (1132 e 3389 cm^{-1} , respectivamente) associados à D-glicose, e os estiramentos C=C, C=O_(éster), C_{sp3}-H, C_{sp2}-H (1646, 1749, 2900 e 3092 cm^{-1} , respectivamente) associados ao ADV, que comprovam a presença dos grupos funcionais vinil, éster e álcool na molécula. A posição dos estiramentos no espectro do poli(ADG) comprova a presença dos grupos funcionais éster e álcool, do ADG, enquanto a presença de estiramento C=C de baixa intensidade é atribuído ao resíduo do monômero ADG, mesmo após a purificação por recristalização do produto final (Figura 1) (BORGES; SANTOS; VIEIRA; BALABAN, 2009; WANG; WILLIAMS; NIE; QUAN *et al.*, 2014).

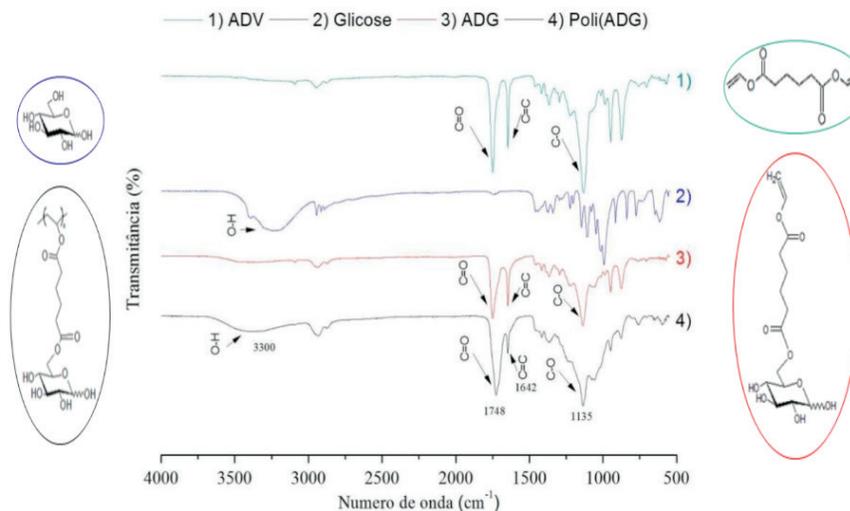


Figura 1. Espectros de infravermelho do 1) ADV 2) D-glicose 3) ADG 4) Poli(ADG).

Na síntese dos copolímeros, o aumento da quantidade de ADG na alimentação promoveu a diminuição do rendimento da reação (Tabela 1). O impedimento estérico da ligação dupla, provocado pelo tamanho do grupo lateral e a auto-organização micelar são os principais responsáveis pela baixa reatividade do ADG. Nos espectros de infravermelho dos copolímeros (Figura 2), foram observados os estiramentos atribuídos aos grupos funcionais amida, éster e álcool presentes nos meros de NIPAM e ADG, comprovando a obtenção dos copolímeros (DO NASCIMENTO MARQUES; CURTI; DA SILVA MAIA; BALABAN, 2013; WANG; WILLIAMS; NIE; QUAN *et al.*, 2014).

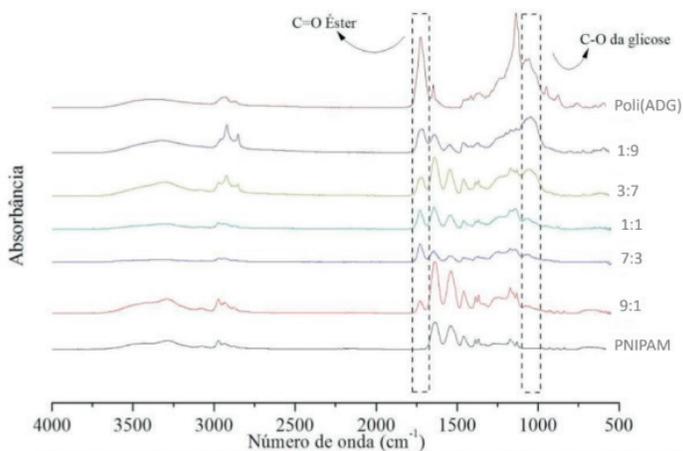


Figura 2. Espectros no infravermelho da PNIPAM, do poli(ADG) e dos copolímeros poli(NIPAM-co-ADG).

Após a purificação dos copolímeros, observou-se que apenas as amostras PNA91 e PNA19 foram solúveis em água. Esse comportamento é justificado pela tendência de agregação micelar da cadeia, pelas associações hidrofóbicas e as fortes ligações de hidrogênio intermoleculares. No caso das amostras insolúveis, são formados agregados muito compactos, que dificultam a penetração do solvente e o intumescimento das cadeias poliméricas.

3.2 Espalhamento de luz dinâmico (DLS)

Para avaliação da existência e do tamanho dos agregados, as amostras solúveis em água foram analisadas por DLS (Figura 3). Os tempos de relaxação rápidos são relacionados às cadeias livres, enquanto os modos de relaxação longos são relacionados aos agregados (MAIA; VILLETTI; VIDAL; BORSALI *et al.*, 2011).

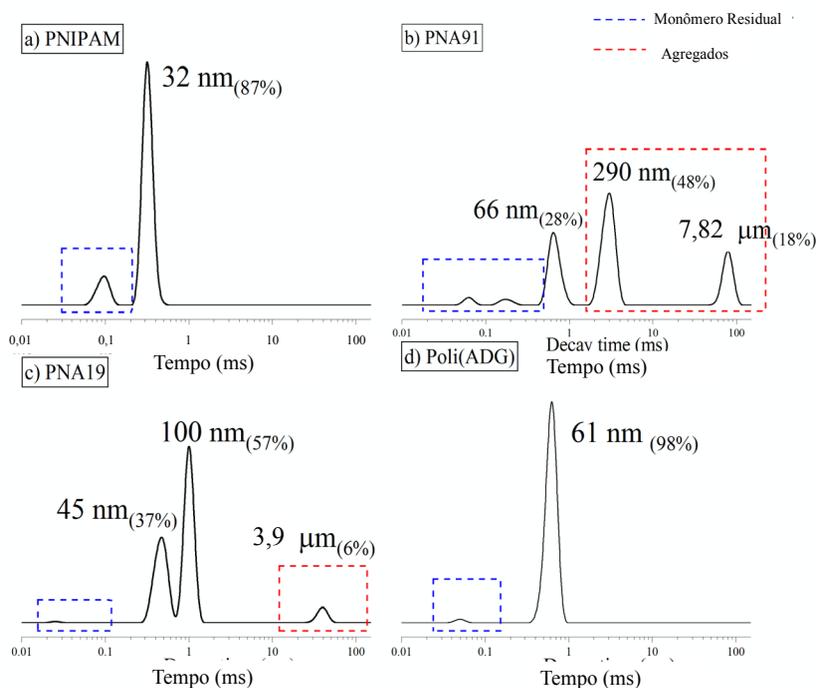


Figura 3. Tempos de relaxação e os respectivos diâmetros hidrodinâmicos da (a) PNIPAM, (b) PNA91, (c) PNA19 e (d) poli(ADG), a 25 °C.

Comparando os copolímeros PNA91 e PNA19, é possível verificar a formação de uma distribuição bimodal na amostra PNA19, indicativo da formação de cadeias com predominância de um dos meros, provavelmente sendo o ADG predominante no grupo de maior D_h (100 nm) e NIPAM no grupo de menor D_h (45 nm). Também é possível visualizar

a formação de agregados nas duas amostras. Entretanto, a amostra PNA91 apresenta 66% de agregados enquanto a amostra PNA19 apresentou apenas 6%. Essa redução no número de agregados, provavelmente, é um reflexo da dificuldade de empacotamento micelar imposta pelas ligações covalentes entre os meros de ADG.

Esses dados ajudam a justificar a insolubilidade dos outros copolímeros sintetizados. Possivelmente, nas amostras insolúveis, ocorre a formação de agregados micelares compactos. Esses agregados são formados durante a síntese, ou seja, a agregação ocorre logo após as cadeias serem formadas e a partícula se torna insolúvel. Nas amostras PNA91 e PNA19, a agregação ocorre, mas não o suficiente para tornar a amostra insolúvel. Espera-se que, quanto maior a quantidade de meros de ADG, maior será a tendência de agregação. Porém, na proporção reacional NIPAM:ADG de 1:9, as ligações covalentes entre os meros de ADG restringem o movimento da cadeia e, por impedimento estérico, o empacotamento é ineficiente, e permite a penetração do solvente, o que justifica a solubilidade da amostra PNA19.

3.3 Reometria

A Figura 4 apresenta as curvas de viscosidade, a 20 °C, para (a) PNIPAM e (b) copolímero PNA91, em água destilada. Ambas as amostras apresentaram comportamento pseudoplástico, devido à orientação das cadeias poliméricas na direção do fluxo. No entanto, esse comportamento foi mais pronunciado na PNA91, possivelmente, devido ao efeito combinado do desenovelamento das cadeias e o rompimento dos agregados observados por DLS.

Como esperado, para ambas as amostras, quanto maior a concentração do polímero, maior a viscosidade, devido à maior quantidade de macromoléculas no meio. No entanto, em cada concentração, o copolímero PNA91 apresentou uma viscosidade muito maior do que a PNIPAM. Este efeito foi atribuído a: (i) presença de agregados em baixas taxas de cisalhamento, uma vez que as concentrações de polímero apresentadas na Figura 4 estão todas acima da concentração micelar crítica (CMC) da PNA91 (CMC = 0,31 g.L⁻¹) (SUN; BLIGH; NIE; QUAN *et al.*, 2014); (ii) os grupos D-glicose atuaram como espaçadores, aumentando o volume hidrodinâmico das cadeias livres (DLS). É bem sabido que a viscosidade é consequência do diâmetro hidrodinâmico das moléculas em um determinado solvente e, portanto, quanto maior o diâmetro hidrodinâmico, maior a viscosidade. Mesmo uma pequena quantidade de ADG nas cadeias de copolímero foi suficiente para aumentar substancialmente o volume ocupado pelas macromoléculas em água e aumentar a viscosidade do sistema.

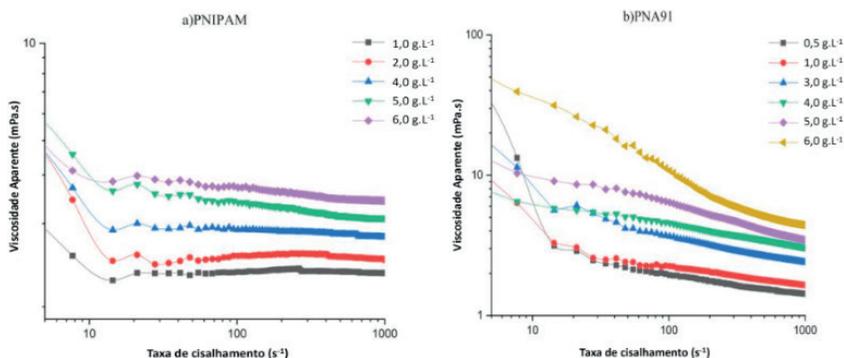


Figura 4. Curvas de viscosidade em água para (a) PNIPAM e (b) PNA91, a diferentes concentrações de polímero, a 20 °C.

A Figura 5 mostra o efeito da temperatura no comportamento reológico da PN91 em água destilada, a uma concentração de polímero de 0,1 g.L⁻¹ (abaixo da sua CMC). Os testes foram realizados em baixa (20 s⁻¹) e alta taxa de cisalhamento (100 s⁻¹). Em baixa taxa de cisalhamento, a amostra exibiu comportamento termoviscosificante, atribuído à agregação entre os grupos isopropil da PNIPAM com aquecimento. Em 100 s⁻¹, o cisalhamento é alto o suficiente para romper as interações hidrofóbicas e o polímero ganha mais mobilidade com o aumento da temperatura, resultando em uma solução translúcida antes e após o aquecimento.

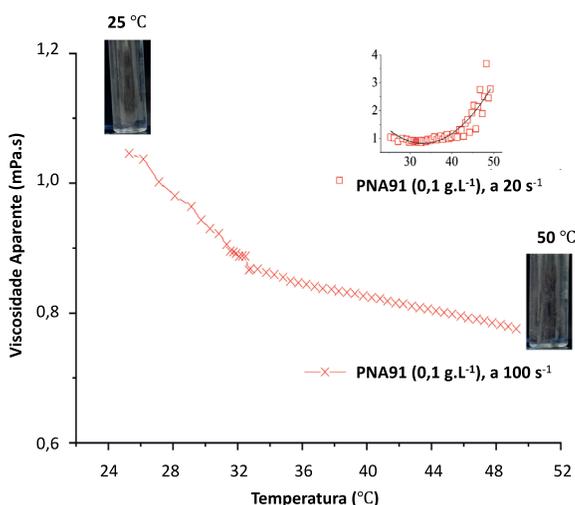


Figura 5. Efeito da temperatura na viscosidade da solução aquosa de PNA91 a 20 s⁻¹ e 100 s⁻¹, e o aspecto da solução antes e após o aquecimento.

4 | CONCLUSÕES

O procedimento de síntese utilizado levou à obtenção de copolímeros solúveis e insolúveis, através da variação da razão molar dos comonômeros, ADG e NIPAM, ambos monômeros solúveis em meio aquoso. Não há relato, na literatura de formação de estruturas insolúveis a partir da copolimerização desses monômeros.

É possível que a tendência natural de agregação micelar, resultante da incorporação de ADG na cadeia, justifique a produção de copolímeros insolúveis (nas razões de alimentação 7:3, 1:1 e 3:7). Nesses casos, a tendência de agregação dos meros de ADG aliada à associação hidrofóbica dos grupos isopropil nos meros de NIPAM, justificaria a produção de copolímeros que interagem melhor entre si do que com o solvente, ainda durante a síntese.

A diminuição do rendimento da reação, com o aumento da incorporação de ADG é associada à menor reatividade do monômero, decorrente do impedimento estérico na ligação vinílica, assim como as condições de temperatura e concentração dos monômeros na síntese dos copolímeros, já que foi observado que nas condições empregadas para síntese dos copolímeros não há formação de poli(ADG).

Os resultados de infravermelho comprovaram a obtenção do monômero de ADG e do Poli(ADG). Nos copolímeros, foi possível visualizar a presença dos grupos amida, éster e álcool, presentes nos monômeros de partida, comprovando a incorporação dos monômeros.

Os resultados da análise reológica confirmaram o comportamento associativo da PNA91 em solução, decorrente dos agregados visualizados por DLS, que conferem uma viscosidade mais alta que para a PNIPAM em água. Foi possível comprovar que os agregados formados pelo PNA91 dependem da concentração e taxa de cisalhamento. Em baixas taxas, comportamento termoviscosificante foi observado para o PNA91.

Assim, é possível inferir que a propriedade termoassociativa dos meros de NIPAM e a de auto agregação micelar dos meros de ADG, foram as principais responsáveis por maximizar as interações intra e intermoleculares dos copolímeros finais, levando, a depender da razão de alimentação durante a síntese, à produção de polímeros com características de solubilidade e associação, em solução, extremamente distintas.

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.
- DO NASCIMENTO MARQUES, N.; CURTI, P. S.; DA SILVA MAIA, A. M.; BALABAN, R. D. C. Temperature and pH effects on the stability and rheological behavior of the aqueous suspensions of smart polymers based on N-isopropylacrylamide, chitosan, and acrylic acid. **Journal of Applied Polymer Science**, 129, n. 1, p. 334-345, 2013.
- DO NASCIMENTO MARQUES, N.; DA SILVA MAIA, A. M.; DE CARVALHO BALABAN, R. Development of dual-sensitive smart polymers by grafting chitosan with poly (N-isopropylacrylamide): An overview. **Polimeros**, 25, n. 3, p. 237-246, 2015.
- DO NASCIMENTO MARQUES, N.; DE LIMA, B. L. B.; DE CARVALHO BALABAN, R. Carboxymethylcellulose Grafted to Amino-Terminated Poly(N-isopropylacrylamide): Preparation, Characterization and Evaluation of the Thermoassociative Behaviour at Low Concentrations. **Macromolecular Symposia**, 367, n. 1, p. 126-135, 2016.
- DU, Z.; DONG, R.; KE, K.; REN, B. Multiple stimuli-responsive rheological behavior of a functionalized telechelic associative model polymer in aqueous solution. **Journal of Rheology**, 62, p. 1233-1243, 09/01 2018.
- JAFARI, F.; YILMAZ, G.; BECER, C. R. Stimuli-responsive glycopolymers and their biological applications. **European Polymer Journal**, 142, p. 110147, 2021/01/05/ 2021.
- LEE, J. S.; PARK, D.; YANG, T.; LEE, J. Y. *et al.* Controlled rheological behaviors of hyaluronic acid solutions through attractive polymeric micelle-mediated interchain association. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, 75, p. 61-68, 2019/07/25/ 2019.
- LOU, S.-F.; WANG, L.; WILLIAMS, G. R.; NIE, H. *et al.* Galactose functionalized injectable thermoresponsive microgels for sustained protein release. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, 113, p. 368-374, 2014/01/01/ 2014.
- LOU, S.-F.; ZHANG, H.; WILLIAMS, G. R.; BRANFORD-WHITE, C. *et al.* Fabrication and aggregation of thermoresponsive glucose-functionalized double hydrophilic copolymers. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, 105, p. 180-186, 2013/05/01/ 2013.
- MAIA, A. M. S.; VILLETTI, M. A.; VIDAL, R. R. L.; BORSALI, R. *et al.* Solution properties of a hydrophobically associating polyacrylamide and its polyelectrolyte derivatives determined by light scattering, small angle X-ray scattering and viscometry. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, 22, n. 3, p. 489-500, 2011.
- MARQUES, N. D. N.; BALABAN, R. D. C.; HALILA, S.; BORSALI, R. Synthesis and characterization of carboxymethylcellulose grafted with thermoresponsive side chains of high LCST: The high temperature and high salinity self-assembly dependence. **Carbohydrate Polymers**, 184, p. 108-117, 2018.
- RAKU, T.; TOKIWA, Y. Synthesis of thermosensitive polymers containing sugar branches. **Journal of Applied Polymer Science**, 80, p. 384-387, 04/18 2001.

SUN, K.; BLIGH, A.; NIE, H.-L.; QUAN, J. *et al.* Lectin recognizing thermoresponsive double hydrophilic glycopolymer micelles by RAFT polymerization. **RSC Adv.**, 4, 08/11 2014.

VAN MASTRIGT, F.; STOFFELSMA, T.; WEVER, D. A. Z.; PICCHIONI, F. Thermoresponsive comb polymers as thickeners for high temperature aqueous fluids. **Materials Today Communications**, 10, p. 34-40, 2017. Article.

WANG, L.; WILLIAMS, G. R.; NIE, H.-L.; QUAN, J. *et al.* Electrospun glycopolymer fibers for lectin recognition. **Polymer Chemistry**, 5, n. 8, p. 3009-3017, 2014. 10.1039/C3PY01332D.

WEI, Z.; ZHAO, W.; WANG, Y.; WANG, X. *et al.* Novel PNIPAm-based electrospun nanofibres used directly as a drug carrier for "on-off" switchable drug release. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, 182, p. 110347, 2019/10/01/ 2019.

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
-  contato@atenaeditora.com.br
-  @atenaeditora
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Química:

Debate entre a Vida Moderna
e o Meio Ambiente 2

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  @atenaeditora
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br