

ANAIIS

O papel da Química na Economia Circular



6ª Volume

**13º Workshop do
Mestrado Profissional**

Blucher Open Access

**Organização
e apoio:**



13º Workshop do Programa de Mestrado Profissional Tecnologia em Química e Bioquímica da USP – AMPT

© 2025 Paulo Roberto H. Moreno, Maurício da Silva Baptista, Denise Freitas Siqueira Petri (Organizadores)
Editora Edgard Blücher Ltda.

Blucher

Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar
04531-934 – São Paulo – SP – Brasil

Tel.: 55 11 3078-5366

contato@blucher.com.br

www.blucher.com.br

Segundo o Novo Acordo Ortográfico, conforme 6. ed. do *Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa*, Academia Brasileira de Letras, julho de 2021.

É proibida a reprodução total ou parcial por quaisquer meios sem autorização escrita da editora.

Todos os direitos reservados pela
Editora Edgard Blücher Ltda.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Heytor Diniz Teixeira, CRB-8/10570

Workshop do Programa de Mestrado Profissional do Instituto de Química da USP (13. : 2024 : São Paulo, SP)

Anais : vol. 6 / Programa de Mestrado Profissional do Instituto de Química da USP. – São Paulo : Blucher Open Access, 2025.

230 p. : il.

Bibliografia

ISBN 978-65-5550-285-5 (Eletrônico - PDF)

1. Química. 2. Bioquímica.

CDU 54:577

Índices para catálogo sistemático:

1. Química
2. Bioquímica

CDU 54
CDU 577

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Reitor: Prof. Dr. Carlos Gilberto Carlotti Junior

Vice-Reitora: Profa. Dra. Maria Arminda do Nascimento Arruda

Pró-Reitor de Pós-Graduação: Prof. Dr. Rodrigo do Tocantins Calado De Saloma Rodrigues

INSTITUTO DE QUÍMICA

Diretor: Prof. Dr. Pedro Vitoriano de Oliveira

Vice-Diretor: Prof. Dr. Shaker Chuck Farah

Presidente da Comissão de Pós-Graduação: Prof. Dr. Frederico José Gueiros Filho

Vice-Presidente da Comissão de Pós-Graduação: Prof. Dr. Erick Leite Bastos

Presidente da Comissão Coordenadora do Mestrado Profissional: Prof. Dr. Paulo Roberto Hrihorowitsch Moreno

Vice-Presidente da Comissão Coordenadora do Mestrado Profissional: Prof. Dr. Maurício da Silva Baptista

COMISSÃO EXECUTIVA

Prof. Dr. Paulo Roberto Hrihorowitsch Moreno (IQ-USP)

Prof. Dr. Maurício da Silva Baptista (IQ-USP)

Profa. Dra. Denise Freitas Siqueira Petri (IQ-USP)

Prof. Dr. Alcindo Aparecido dos Santos (IQ-USP)

Prof. Dr. Koiti Araki (IQ-USP)

Prof. Dr. Jorge César Masini (IQ-USP)

EQUIPE DE APOIO

Bel. Bruna Larotonda Telezynski Lopes - Assessoria de Comunicação

Ana Carolina Ferreira dos Santos - Estagiária de Jornalismo

Larissa Helena Klug Runge - Estagiária de Design

CAPA

Bel. Bruna Larotonda Telezynski Lopes - Assessoria de Comunicação

Larissa Helena Klug Runge - Estagiária de Design

REVISÃO CIENTÍFICA

Profa. Dra. Anelize Bauermeister (IQ-USP); Profa. Dra. Denise Freitas Siqueira Petri (IQ-USP); Dra. Fabiana Lima Silva (ALPER Assessoria); Profa. Dra. Jany Hellen Ferreira de Jesus (IQ-USP); Prof. Dr. José Tiago Menezes Correia (IQ-USP); Prof. Dr. Kalil Cristhian Figueiredo Toledo (IQ-USP); Dr. Leandro Schafranski Blachechen (Indorama Ventures - Indovinya, SP); Prof. Dr. Marcelo J. Pena Ferreira (IB-USP); Dra. Patrícia Kaji Yasumura (IPt-SP); Prof. Dr. Paulo R. H. Moreno (IQ-USP); Prof. Dr. Renato Sanches Freire (IQ-USP); Dr. Rodrigo Santana Cabral (Symrise); Dr. Sergio Henrique Dias Marques Faria (Univ. Minnesota); Dra. Variluska Fragoso (IQ-USP)

PATROCÍNIO

3M Do Brasil LTDA
ABL Antibióticos Do Brasil
ACHÉ Laboratórios Farmacêuticos S.A.
Agilent Technologies Brasil Ltda.
Analytics Soluções Administrativas Ltda.
Archroma
ASTRO34 - Advanced Scientific Technologies
Axalta
Bayer S/A
Biolab Sanus Farmaceutica Ltda.
Bracell SP Celulose Ltda.
Brainfarma Indústria Química e Farmacêutica S/A
BTX Geologia e Meio Ambiente Ltda.
Buntech - Tecnologia em Insumos
CH5 Comércio e Serviços em Análise Instrumental Ltda.
Chromatox Laboratórios
Cia. Nitro Química Brasileira
Clariant S/A
Clínica Médica Spazio S/C Ltda.
Colgate-Palmolive Industrial Ltda.
Compass Minerals América do Sul
Criar Pesquisas e Projetos Laboratoriais Ltda.
Diversey Brasil Indústria Química
Dow Brasil Sudeste Industrial Ltda
Dynatech
EMS Pharma
ETEC Cidade Tiradentes - Centro Paula Souza
Eurofarma Laboratórios S/A
Farma Service Bioextract
Fundação de Apoio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas
Givaudan do Brasil Ltda.
ICL América do Sul S.A.
IFF Essências e Fragrâncias Ltda.
Indorama Ventures
Instituto Butantan
Intercientífica
Kenvue (Jntl Consumer Health (Brazil) Ltda.
Kluber Lubrications
LDR Industria e Comercio de Produtos Cosméticos Ltda.
Libbs Farmacêutica
Lorene
Metrohm Brasil
Nova Analítica Importação e Exportação Ltda.
Nutriplant Indústria e Comércio S.A.
One Up Industria de Moda Ltda.
Oxiten S/A Indústria e Comércio
Petróleo Brasileiro S/A - Petrobras
PMESP - Corpo De Bombeiros

**6º Anais do Programa de Mestrado Profissional do
Instituto de Química da USP**
13º Workshop do Programa – 08/12/2024

Produquímica Indústria & Comércio S/A
Reichold do Brasil
Rhodia Solvay Group
Servmar Serviços Técnicos Ambientais Ltda.
SHD Holter Digital Ltda.
Shift Gestão de Serviços Ltda.
Siegwerk
SM Consultoria em Poliuretanos Ltda.
Sociedade Beneficente Israelita Brasileira Hospital Albert Einstein
United States Farmacopeia Brasil Ltda.
Volkswagen Do Brasil
Waterflows
Waters Technologies do Brasil Ltda.

Prefácio

Em 2025, o Programa de Mestrado Profissional em Tecnologia em Química e Bioquímica do Instituto de Química da USP celebra **13 anos de trajetória**. Desde sua aprovação pela CAPES em 2012, o Programa vem crescendo de forma consistente e já formou mais de **40 mestres**, consolidando-se como referência nacional na integração entre ciência e setor produtivo. Esse reconhecimento é evidenciado pelas avaliações quadrienais da CAPES, nas quais o Programa obteve a nota máxima em duas edições consecutivas, resultado da dedicação de seus alunos, docentes e parceiros institucionais.

A missão do Programa continua sendo **capacitar profissionais para a prática avançada e transformadora de procedimentos aplicados**, atendendo às demandas sociais e industriais. A parceria entre Academia e Setor Produtivo cria um ambiente fértil para inovação, permitindo que a química, a bioquímica, a farmacêutica e as ciências biológicas contribuam com soluções tecnológicas para desafios contemporâneos.

O **workshop anual** permanece como espaço de integração e troca de experiências, reunindo alunos, professores e gestores das empresas parceiras. Desde 2020, os **Anais do Workshop** publicados pela Editora Blücher têm ampliado a divulgação dos resultados e valorizado a produção técnico-científica do IQUSP, sempre com rigoroso processo de avaliação por pares.

Na **6ª edição dos Anais**, além das contribuições de alunos dos Programas de Pós-graduação Acadêmicos e Profissionais e de Iniciação Científica, destacamos os **artigos de revisão dedicados ao tema “O Papel da Química na Economia Circular”**, elaborados pelos alunos da disciplina *Tópicos em Tecnologia Química e Bioquímica*. Essa escolha reflete a relevância crescente da sustentabilidade e da inovação tecnológica, mostrando como a química pode ser protagonista na transição para modelos produtivos mais responsáveis e eficientes.

Agradecemos a todos os autores, revisores e colaboradores que tornaram possível esta edição. Que os trabalhos aqui reunidos inspirem novas ideias e fortaleçam ainda mais a integração entre pesquisa acadêmica e prática profissional, contribuindo para uma sociedade mais sustentável.

São Paulo, 08 dezembro de 2025

Paulo R. H. Moreno

Denise F. S. Petri

Editorial

6º Anais do Programa de Mestrado Profissional do Instituto de Química da USP 13º Workshop do Programa – Dezembro de 2025

O Papel da Química na Economia Circular

Vivemos um momento em que a química deixa de ser apenas ciência de transformação da matéria para se tornar também ciência da **transformação social e ambiental**. A economia circular, conceito que propõe a redução de resíduos, a reutilização de recursos e a regeneração de sistemas naturais, encontra na química um de seus pilares mais sólidos. Esta edição dos Anais do Programa de Mestrado Profissional do Instituto de Química da USP reflete esse compromisso, reunindo artigos que exploram como a química pode ser aplicada para enfrentar os desafios da sustentabilidade em diferentes setores produtivos.

A pluralidade de experiências dos autores — profissionais atuantes em indústrias estratégicas e pesquisadores imersos no ambiente acadêmico do IQ-USP — confere aos trabalhos aqui reunidos uma visão integrada entre teoria e prática. Os textos mostram que a química verde, a biotecnologia e a análise de ciclo de vida não são apenas conceitos acadêmicos, mas ferramentas concretas para reformular cadeias produtivas e alinhar ciência e indústria às demandas do século XXI.

Entre os destaques desta edição:

- **Alternativas Sustentáveis para Embalagens Cosméticas (Bruna Valeri):** revisão crítica sobre biopolímeros, papel reciclado e recipientes reutilizáveis, evidenciando benefícios ambientais e desafios de custo e desempenho.
- **Economia Circular e Agrotóxicos (Liliane Gomes Martins):** reflexão sobre a extensão do prazo de validade dos pesticidas e o uso da análise de ciclo de vida para reduzir desperdícios e impactos ambientais.
- **Biotecnologia na Indústria de Aromas e Fragrâncias (Osmar Vieira Machado Jr.):** análise das rotas biotecnológicas para obtenção de ingredientes sustentáveis, mostrando como fermentação e biocatálise podem substituir extrações de baixo rendimento e sínteses poluentes.
- **O Papel da Lignina na Química Verde (Renan Fernandes):** revisão sobre a valorização da lignina como biopolímero para embalagens sustentáveis, destacando suas propriedades antioxidantes, antimicrobianas e de barreira.

- **Green Supply Chain na Indústria Farmacêutica (Vitória Amarante):** estudo sobre a implementação da economia circular nas cadeias de suprimentos farmacêuticas, abordando barreiras regulatórias e oportunidades de inovação logística e tecnológica.

Esses trabalhos demonstram que a química é protagonista na transição para modelos circulares, seja pela criação de novos materiais, pela redefinição de prazos de validade, pela biotecnologia aplicada ou pela gestão sustentável das cadeias de suprimento.

Embora os desafios sejam grandes — custos, escalabilidade, regulamentação e percepção do consumidor —, os avanços aqui apresentados reforçam que a química é capaz de oferecer soluções práticas e inovadoras. Mais do que ciência, ela se torna **estratégia de sobrevivência e prosperidade** em um mundo que exige responsabilidade ambiental e social.

Que este volume inspire nossos leitores a reconhecer que a economia circular não é apenas uma tendência, mas uma necessidade urgente. Cabe à universidade e aos profissionais formados neste programa liderar essa transformação, garantindo que a química continue a ser motor de inovação e sustentabilidade.

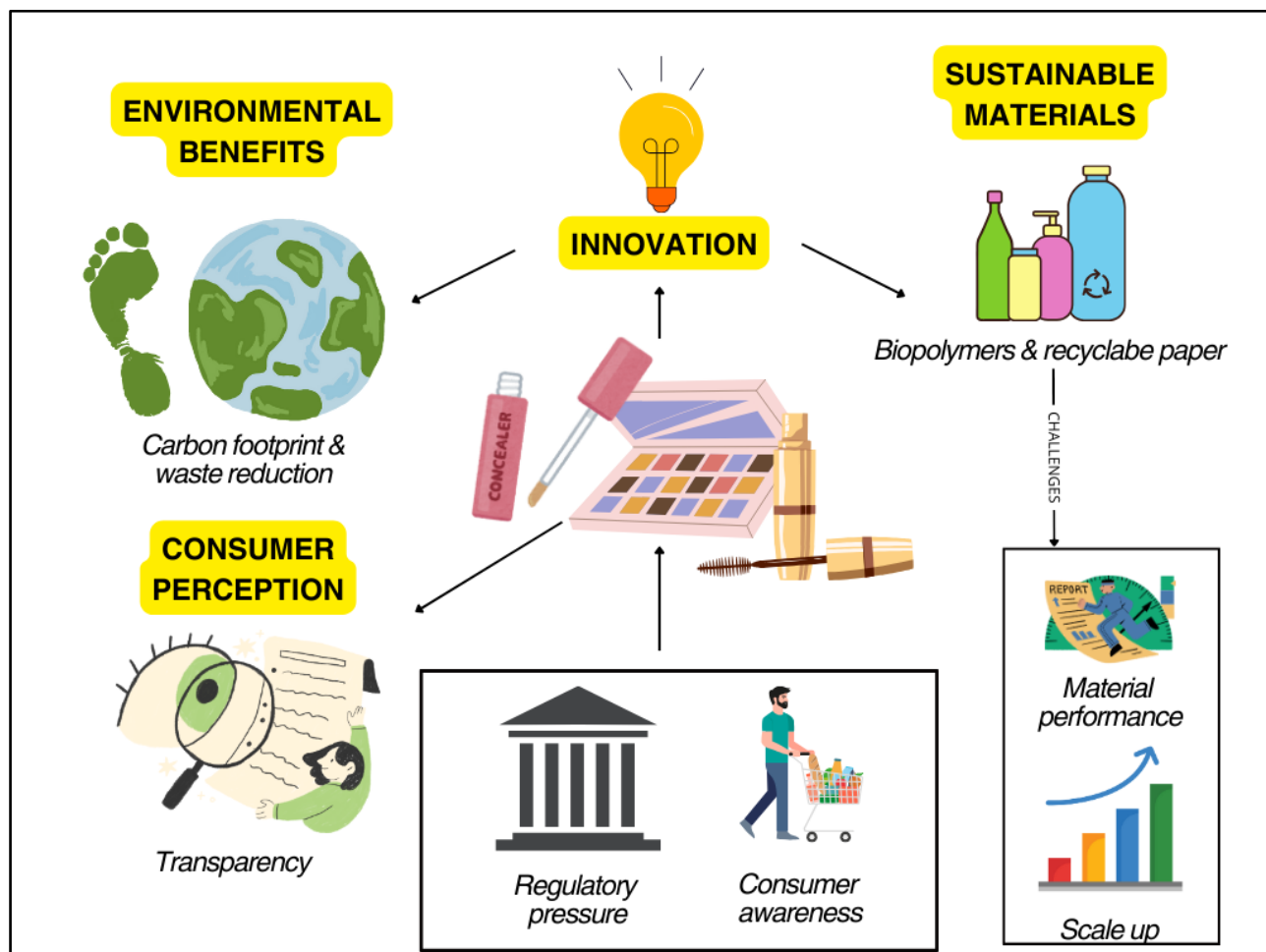
São Paulo, 8 dezembro de 2025

Renato S. Freire

Paulo R. H. Moreno

Denise F. S. Petri

Graphical Abstract



Sustainable packaging in the cosmetics industry requires biodegradable polymers, recycled paper, and reusable containers but face challenges in cost, performance, and scalability