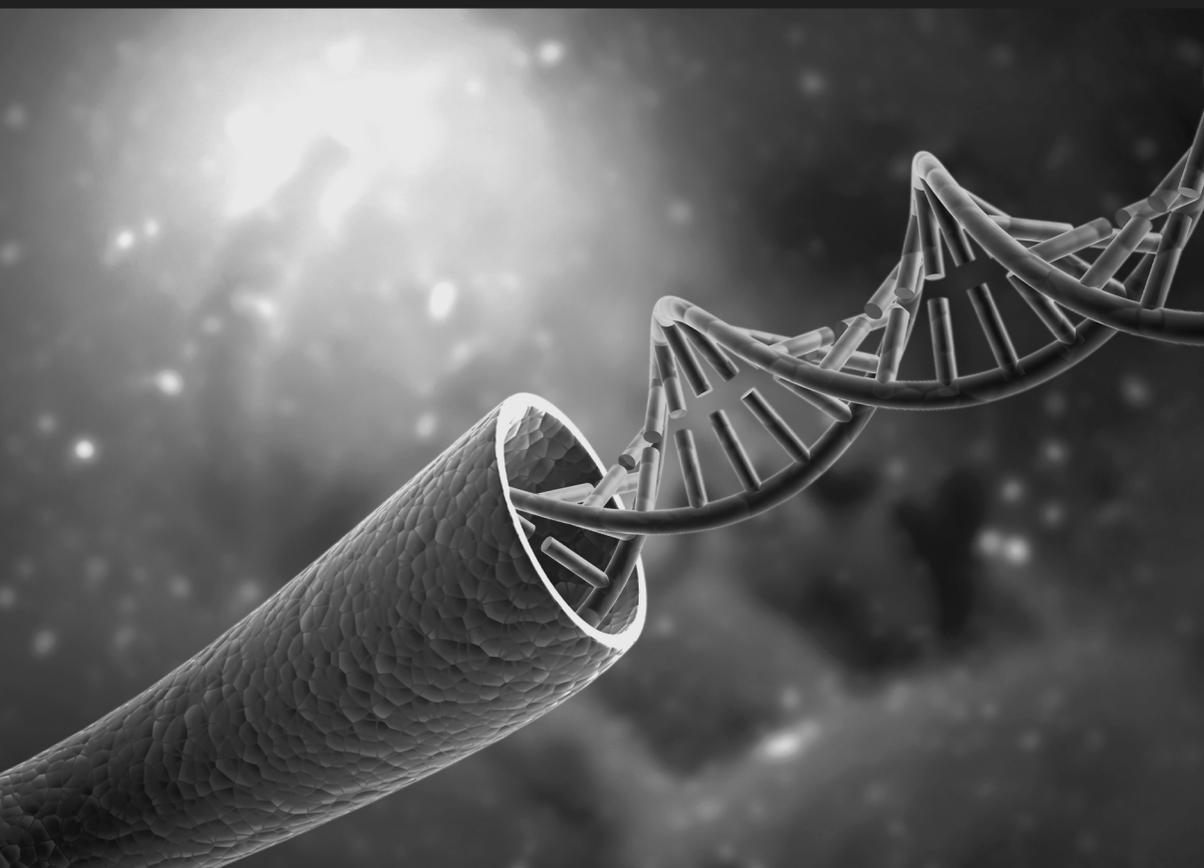




GERAÇÃO DE CONHECIMENTO E TECNOLOGIA VOLTADOS À APLICAÇÃO EM PROCESSOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS

Érica de Melo Azevedo
(Organizadora)



GERAÇÃO DE CONHECIMENTO E TECNOLOGIA VOLTADOS À APLICAÇÃO EM PROCESSOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS

Érica de Melo Azevedo
(Organizadora)

 **Atena**
Editora

Ano 2020

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 Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 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.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de 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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª 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
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto 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
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª 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
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
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 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^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. 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 Dr. 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
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

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

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
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. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. 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
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
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 Alborno – 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
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Geração de conhecimento e tecnologia voltados à aplicação em processos químicos e bioquímicos

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Érica de Melo Azevedo

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G354 Geração de conhecimento e tecnologia voltados à aplicação em processos químicos e bioquímicos / Organizadora Érica de Melo Azevedo. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-566-2

DOI 10.22533/at.ed.662201811

1. Bioquímica. 2. Conhecimento. 3. Tecnologia. 4. Aplicação. 5. Processos Químicos e Bioquímicos. I. Azevedo, Érica de Melo (Organizadora). II. Título.

CDD 572

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.

APRESENTAÇÃO

O livro “Geração de Conhecimento e Tecnologia voltados à Aplicação em Processos Químicos e Bioquímicos” apresenta artigos na área de pesquisa na área de Tecnologia, Ensino e desenvolvimento de processos Químicos e Bioquímicos. A obra contém 10 capítulos, que abordam temas sobre aproveitamento de resíduos agroindustriais, ensino de bioquímica, fermentação, produção de enzimas, projetos e dimensionamento de equipamentos para processos bioquímicos industriais, adsorção de corantes, preparo de membranas poliméricas, estudo de efeitos tóxicos de xenobióticos, e síntese de materiais cerâmicos nanoestruturados.

Os objetivos principais do presente livro são apresentar aos leitores diferentes aspectos das aplicações e pesquisas em tecnologia e processos químicos e bioquímicos de forma prática e contextualizada.

Os artigos constituintes da coleção podem ser utilizados para o desenvolvimento de projetos de pesquisa, para o ensino dos temas abordados e até mesmo para a atualização do estado da arte nas áreas de tecnologia química, processos e ensino desses temas.

Após esta apresentação, convido os leitores a apreciarem e consultarem, sempre que necessário, a obra “Geração de Conhecimento e Tecnologia voltados à Aplicação em Processos Químicos e Bioquímicos”. Desejo uma excelente leitura!

Érica de Melo Azevedo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS PARA PRODUÇÃO DE ENZIMAS CELULOLÍTICAS POR *STREPTOMYCES CAPOAMUS*

Tháís Santiago do Amaral
Lucas de Souza Falcão
Victória Carolina Siqueira Mena Barreto
Sergio Duvoisin Junior
Patrícia Melchionna Albuquerque
Rafael Lopes e Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.6622018111

CAPÍTULO 2..... 9

ESTUDO DA PRODUÇÃO DE POLIGALACTURONASE POR *ASPERGILLUS BRASILIENSIS* UTILIZANDO CASCA DE CUPUAÇU COMO SUBSTRATO

Lucas de Souza Falcão
Patrícia Melchionna Albuquerque

DOI 10.22533/at.ed.6622018112

CAPÍTULO 3..... 21

ATIVIDADE DE EXTENSÃO COMO FERRAMENTA DE ENSINO E APRENDIZAGEM EM BIOQUÍMICA II

Marcia Mourão Ramos Azevedo
Alexander Silva Aguiar
Walter Lucas Corrêa Santana
Idelvina Souza da Silva
Jessyca Kelly Ferreira de Sousa
Pedro Lucas das Neves de Oliveira
Manusia da Mota Rocha
Francinelza Socorro Nogueira dos Santos
Cecila Leal de Sousa
Jéssica Tayanne Ramos Azevedo
Candria Taina de Sena Duarte
Milena Dias Dorabiato
Maria Vicencia Penaforte Maia

DOI 10.22533/at.ed.6622018113

CAPÍTULO 4..... 32

ESTUDO DO EMPREGO DE PINHÃO PROVENIENTE DA *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze) PARA PRODUÇÃO DE VODCA

Victor Erpen Broering
Darlan Nardi
Sabrina de Bona Sartor

DOI 10.22533/at.ed.6622018114

CAPÍTULO 5..... 40

PROJETO DE INDÚSTRIA CERVEJEIRA: DA AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ECONÔMICO

AO DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS

Carolina Smaniotto Fronza
Dinalva Schein
Gabriela Aline Kroetz Bremm
Enrique Chaves Peres
Andréia Monique Lermen
Naiara Jacinta Clerici
Júlia Cristina Diel

DOI 10.22533/at.ed.6622018115

CAPÍTULO 6.....52

BIORREATORES DE LEITO EMPACOTADO PARA FERMENTAÇÃO EM ESTADO SÓLIDO: UM PANORAMA ATUAL DO ESTADO DA ARTE

Natalia Alvarez Rodrigues
Danielle Otani Marques de Sá
Fernanda Perpétua Casciatori

DOI 10.22533/at.ed.6622018116

CAPÍTULO 7.....65

ADSORÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO EM ARGILA ORGANOFÍLICA COMERCIAL

Ramiro Picoli Nippes
Tháisa Frossard Coslop
Fernando Henrique da Silva
Gabriela Nascimento da Silva
Paula Derksen Macruz
Patricia Lacchi da Silva
Mara Heloísa Neves Olsen Scaliante

DOI 10.22533/at.ed.6622018117

CAPÍTULO 8.....78

PREPARO E CARACTERIZAÇÃO DE MEMBRANAS DE POLIAMIDA 11 PARA TRATAMENTO DE ÁGUA DE REÚSO

Rayanne Penha Wandenkolken Lima
Eloi Alves da Silva Filho
Camila Alves Schimidel

DOI 10.22533/at.ed.6622018118

CAPÍTULO 9.....89

EFEITOS TÓXICOS DE XENOBIÓTICOS ORIUNDOS DE COSMÉTICOS

Sara Gabrielle Moreira Barroso
Manuela Ferreira de Pinho
Ríndhala Jadão Rocha Falcão
Daniel Rocha Pereira
Ronildson Lima Luz
Monique Santos do Carmo

DOI 10.22533/at.ed.6622018119

CAPÍTULO 10.....	100
SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE PSEDOBOEMITA (PB) ESTRUTURADA COM NANOCARGA CONTENDO ÓXIDO DE GRAFENO (GO)	
Fábio Jesus Moreira de Almeida	
Antonio Hortencio Munhoz Jr	
Bruno Luís Soares de Lima	
Igor José Dester Ladeira	
Karina Laura Fernandes Cardoso	
Leila Figueiredo de Miranda	
Nei Carlos Oliveira Souza	
DOI 10.22533/at.ed.66220181110	
SOBRE A ORGANIZADORA.....	132
ÍNDICE REMISSIVO.....	133

PREPARO E CARACTERIZAÇÃO DE MEMBRANAS DE POLIAMIDA 11 PARA TRATAMENTO DE ÁGUA DE REÚSO

Data de aceite: 01/11/2020

Data de submissão: 29/09/2020

Rayanne Penha Wandenkolken Lima

Universidade Federal do Espírito Santo,
Departamento de Química
Vitória- Espírito Santo
<http://lattes.cnpq.br/2557592261324003>

Eloi Alves da Silva Filho

Universidade Federal do Espírito Santo,
Departamento de Química
Vitória- Espírito Santo
<http://lattes.cnpq.br/8259708288584235>

Camila Alves Schimidel

Universidade Federal do Espírito Santo,
Departamento de Química
Vitória- Espírito Santo
<http://lattes.cnpq.br/3439621799212468>

RESUMO: A morfologia das membranas de poliamida 11 e do filme foi investigada por análise por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), sendo que o filme de poliamida apresentou estrutura densa e a composição da membrana polimérica de 15% (m/m) apresentou *macrovoids*. Por outro lado, as membranas poliméricas de 20 e 25% (m/m) apresentaram estruturas de poros esponjosos gerados a partir de um domínio termodinâmico da precipitação do polímero. Estas membranas possuem diâmetros de poros médios entre 0-10 μm calculados por software de imagem. A análise de difração de raios X (DRX) mostraram picos de $2\theta \sim 22^\circ$ característicos da

forma cristalina γ para a membrana polimérica de 15% (m/m) e pico predominante em $2\theta \sim 21^\circ$ atribuído à forma α nas membranas de 20% e 25% (m/m). A conversão da fase γ a α ocorreu em função do aumento da concentração de polímero nas membranas e esse fenômeno foi observado por um pico exotérmico adicional nas curvas de Calorimetria de Varredura Diferencial (DSC). O grau de cristalinidade foi estipulado em 8,2%, 10,9% e 11,3% para membranas com 15%, 20% e 25% (m/m), respectivamente. A análise por Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) mostrou bandas características da poliamida 11 para o espectro da membrana. Foi correspondido no espectrograma que bandas mais intensas foram encontradas na região de 719 cm^{-1} , indicando a presença da fase γ . Além disso, o estiramento C=O (amida I) e o grupo de vibração -NH-CO- (amida II) foram observados nos resultados teóricos e experimentais.

PALAVRAS-CHAVE: Inversão de Fases, Cristalização, Morfologia.

PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF POLYAMIDE 11 MEMBRANE FOR WASTE WATER TREATMENT

ABSTRACT: Polyamide 11 (PA11) membranes are prepared by phase inversion (PI) methodology using formic acid (FA) as solvent. The membranes morphology was investigated by Scanning Electronic Microscopy (SEM) analysis. The polyamide film showed a dense and homogenous structure, on the contrary the composition of 15% (w/w) polymer membrane

showed macrovoids. In the other hand, de 20 and 25% (w/w) polymer membranes showed sponge like pores structures from a thermodynamic domain. These membranes have medium pores diameters between 0-10 μm calculated by image analysis. The X-Ray Diffraction (XRD) analysis show peaks at $2\theta \sim 22^\circ$ characteristic of γ crystalline form for 15% (w/w) polymer membrane and predominant peak $2\theta \sim 21^\circ$ attributed to α form in 20% and 25% (w/w) membranes. The convection of phase γ to α occurred in function of increase of polymer concentration in membranes and this phenomenon was observed by an additional exothermic peak in Differential Scanning Calorimetry (DSC) curves. The degree of crystallinity was 8.2%, 10.9% and 11,3% for membranes with 15%, 20% and 25% (w/w), respectively. FTIR analysis showed characteristic bands of polyamide 11 for the membrane spectrum. Corresponding in the spectrogram that more intense bands were founded in the 719 cm^{-1} region indicating the presence of the γ phase. Moreover, the C=O stretch (amide I) and -NH-CO- vibration group (amide II) was observed in theoretical and experimental results.

KEYWORDS: Phase Inversion, Cristalization, Morphology.

1 | CONTEXTUALIZAÇÃO

O processo de separação por membrana (PSM) é uma técnica avançada e eficiente que possui grande demanda e implementação industrial nos dias atuais. As membranas constituem um dos processos de separação unitários mais utilizados e pesquisados dentro das tecnologias químicas aplicadas para indústria, sendo implementados na área de biotecnologia, tratamentos médicos, purificação de fármacos, concentração de proteína do leite, recuperação de corantes, purificação de águas, entre outros.(DAI; ANSALONI; DENG, 2016a; MOHAMMAD *et al.*, 2015). O PSM é direcionado a filtração de misturas sólido-líquido, líquido-líquido e gás-líquido. Por ser desenvolvido sem intermédio de mudança de fase, o PSM é uma operação energeticamente mais favorável que os processos clássicos como destilação, evaporação e criogenia. Outra vantagem é a flexibilidade do emprego de membranas nas plantas industriais e facilidade de logística em sistemas operacionais podendo ser implementado em nível local ou global.(WARSINGER *et al.*, 2018)

Uma projeção realizada por BioPotifólio (GALIANO *et al.*, 2018) estima uma movimentação de US\$ 32 bilhões no mercado internacional de membranas no ano de 2020 e continente Asiático e a América do Norte como maiores produtores. Segundo o mesmo estudo, os países do Oriente Médio, da África e América Latina serão os com maior aplicação de membranas para o tratamento de água e esgoto, nas indústrias de alimentos e bebidas, em processamento químico e na área farmacêutica e médica. O crescente desenvolvimento farmacêutico e industrial na América do Norte e na Ásia Pacífica estão atualmente impulsionando a acessão deste mercado, bem como o fomento da tecnologia de membrana como apoio à química verde.(GALIANO *et al.*, 2018) Utilizando o banco de dados *Scopus* (pesquisa realizada em 8 de janeiro de 2020) para uma busca do termo “Polyamide Membrane” encontra-se 4.844 artigos publicados entre os anos de 1970 e 2019. Dentre estes, 23% são pesquisas na área da química, 21% da ciência de materiais, 19%

da engenharia química, 10% engenharias e 27% divididas na área de biomédicas. Nesse contexto, o aprimoramento e desenvolvimento de novas membranas usando as poliamidas como material é um assunto de interesse na química.

2 | MEMBRANAS POLIMÉRICAS

Uma membrana pode ser definida como uma região de descontinuidade interposta entre duas fases que atua como uma barreira seletiva com controle total ou parcial da passagem de componentes. (SEABRA *et al.*, 2015) As propriedades físico-químicas que possibilitam a característica filtrante de uma membrana são dependentes do tamanho do poro, pressão transmembrana, velocidade de fluxo, agentes químicos associados a fenômenos superficiais do material empregado e material de composição da membranas. (BASILE; CASSANO; RASTOGI, 2015) Essas propriedades físico-químicas são direcionadas a filtração de misturas sólido-líquido, líquido-líquido e gás-líquido. O fluxo de material entre estas fases é conhecido como permeado e o mecanismo predominante no seu transporte é a difusão. As membranas também podem ser classificadas de acordo com sua composição, sintéticas ou biológicas, como a membrana celular. Dentre as sintéticas podem possuir natureza orgânica (material polimérico) e inorgânica (material metálico, cerâmico ou carbonoso). A estrutura membranas pode ser composta de uma única ou distintas morfologias, sendo assim classificadas como simétricas ou assimétricas. Além disso, as membranas constituídas de diferentes materiais são denominadas de membranas compostas.

As membranas poliméricas são amplamente utilizadas em aplicações industriais, pois, apresentam diversas vantagens como a alta disponibilidade e quantidade de diferentes materiais poliméricos vendidos no mercado, e a possibilidade de fabricação de membranas de múltiplas configurações (planares, tubulares, fibras oca e capilares) por metodologias versáteis e robustas. Diversos estudos (ASEMPOUR *et al.*, 2018; BANO *et al.*, 2015; SALEH; GUPTA, 2012; YU *et al.*, 2010) abordam o uso das poliamidas como material para preparo de membranas poliméricas por meio da técnica de inversão de fases. Medeiros *et al.* (MEDEIROS *et al.*, 2017) investigaram em 2017 o uso de membranas híbridas de poliamida 6 com montmorilonita (MMT) e agente formador de poros (CaCl_2) para tratamento de águas residuais. As membranas híbridas obtidas foram aplicadas em sistema de separação de água e óleo, onde efetuou uma redução significativa do óleo presente no permeado, com rejeição de 68,6 a 98,2%. Recentemente foi publicado um estudo sobre o uso potencial de polímero orgânico poroso (o-POP) na forma de nanofilamentos em membranas compostas de poliamida. (REN *et al.*, 2019) Os autores desse estudo destacam o alto desempenho dessas membranas compostas para o tratamento de água, com rejeição de 97,5% do sal bivalente Na_2SO_4 .

3 I PREPARO DE MEMBRANAS: INVERSÃO DE FASES

Membranas sintéticas podem ser preparadas de diversas formas, tais como: sinterização, estiramento de filmes, *eletrospinning* e inversão de fases (IF). (DAI; ANSALONI; DENG, 2016b; HILAL; FAUZI; WRIGHT, 2015). Vários estudos apresentam modificações e novas aplicações dessas metodologias de modo a serem obtidas membranas inovadoras. Entretanto, a inversão de fases por indução de não-solvente (*NIPS – Non-solvent Induced Phase Separation*) é considerada uma técnica mais versátil, que possibilita a preparação de membranas dos mais diversos polímeros e com propriedades adequadas para uma variedade de processos. (EL-GENDI; ABDALLA; ALI, 2012; GUILLEN *et al.*, 2011) Kausar *et al.* (KAUSAR, 2017) publicaram em 2018 um trabalho sobre o uso da técnica de inversão de fase na preparação de filmes de poliamidas. Segundo os autores a inversão de fases possui diversos benefícios em comparação com as demais técnicas, necessita de menos tempo de processo e ocorre em temperatura ambiente. Um apontamento negativo dessa técnica é a deficiência do conhecimento termodinâmico e cinético do processo, sendo que o estudo do sistema do polímero, solvente e não-solvente é um fator crucial no desenvolvimento da membrana.

Basicamente membranas preparadas por *NIPS* são obtidas por processos de indução de temperatura e difusão, onde ocorre a separação de uma solução homogênea em duas fases distintas: o polímero (matriz da membrana) e o solvente. (MOHAMMAD *et al.*, 2015). Essa técnica é dividida em três etapas: **1.^a- Obtenção da solução:** prepara-se uma solução homogênea do polímero com o solvente; **2.^a- Espalhamento:** a solução polimérica homogênea é espalhada sob uma placa de vidro por um bastão ou utilizando o método do *Doctor Blade*; **3.^a- Banho de coagulação:** durante o banho forma-se duas fases a primeira rica em polímero e solvente, e outra com o não-solvente, que na maioria das vezes é a água.

O controle da morfologia das membranas está intrinsecamente associado as propriedades termodinâmicas do processo de inversão de fases. Strathmann *et al.* (STRATHMANN; KOCK, 1977) mostraram que precipitações lentas geram estruturas porosas mais fechadas do tipo esponja que possuem alta rejeição de sais e baixo fluxo de água, sendo ideias para processos de osmose reversa. Precipitações rápidas geram estruturas porosas mais abertas conhecidas como *macrovoids* que, segundo a literatura, apresentam baixa rejeição de sais e alto fluxo de água. (GUILLEN *et al.*, 2011) Uma pesquisa realizada em 2017 por Mazinani *et al.* (MAZINANI *et al.*, 2017) estudou a morfologia das membranas de Extem (resina combinada de poliimida e polieterimida) e o comportamento de separação de fases dos sistemas Extem/água/solvente para os solventes: N-metil 2-pirrolidona (NMP), dimetilacetamida (DMAc), dimetilformamida (DMF) e dimetilsulfóxido (DMSO). Observou-se que a utilização dos solventes NMP, DMAc e DMF teve a precipitação rápida do sistema formando membranas com estrutura porosa com *macrovoids* (Figura 1 a, b e c).

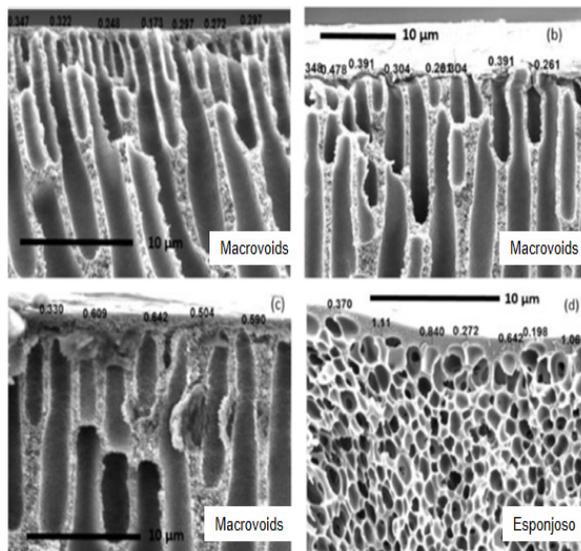


Figura 1: Morfologia das membranas obtidas por Mazinani *et al.* pelos solventes: (a) NMP, (b) DMAc (c) DMF e (d) DMSO.⁴⁶

Como o DMSO possui baixa miscibilidade com a água quando comparado ao NPM, DMAc e DMF, as membranas obtidas com esse solvente apresentaram morfologia do tipo esponjosa. Demonstrando assim que os aspectos cinéticos e termodinâmicos possuem efeitos proeminentes na estrutura final da membrana. Segundo o mesmo estudo, a influência do não-solvente na morfologia da membrana é evidente e apresenta parâmetros termodinâmicos importantes. A formação de uma membrana com estrutura de *macrovoids* ocorreu devido a parâmetros cinéticos durante a inversão de fases no banho de coagulação, onde a taxa de difusão entre solvente e não-solvente foi rápida. Já nas soluções com alta viscosidade ocorreu a formação de estruturas com microporos, resultante do atraso na difusão entre o solvente e não-solvente. (MAZINANI *et al.*, 2017)

4 | NIPS E MORFOLOGIA DE MEMBRANAS: UMA APLICAÇÃO PRÁTICA

A investigação das influência termodinâmica na morfologia de membranas de poliamida 11 (PA11) foi realizada por análises de microscopia eletrônica de varredura (MEV). O estudo da característica estrutural e cristalinidade foi realizado pela análise de difração de raios-X (DRX) e a análise térmica por calorimetria diferencial exploratória (DSC) foi utilizado para identificar a temperatura de fusão (T_m) e o grau de cristalinidade (X_{cr}) das amostras de membranas. Em todas as análises foi utilizado como parâmetro de porosidade um filme denso de PA11, que foi produzido por aplicação de pressão e temperatura. As membranas foram preparadas por *NIPS*, utilizando como solvente ácido fórmico e não

solvente a água. O ácido fórmico e o PA11 foram misturados e cada sistema foi formulado para ter as concentrações de 15, 20 e 25% (m/m) e foram respectivamente nomeados de MPA₁₅, MPA₂₀ e MPA₂₅.

4.1 Análise Morfológica

A morfologia das membranas MPA₁₅, MPA₂₀ e MPA₂₅ foi investigada por MEV e a Figura 2 apresenta a microscopia da seção transversal das membranas.

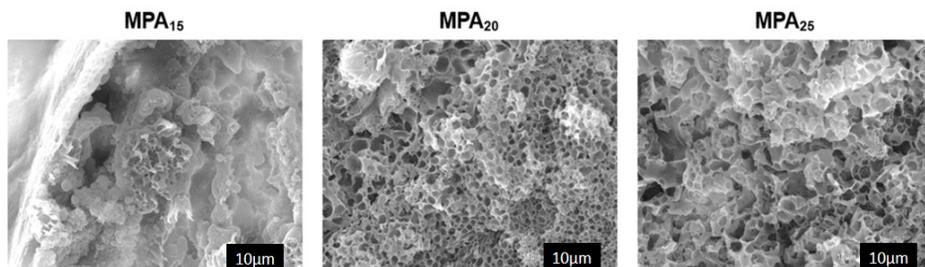


Figura 2: Microscopia MEV das membranas MPA₁₅, MPA₂₀ e MPA₂₅ da seção transversal.

A estrutura dos poros apresentou-se mais regular na seção transversal das membranas de maior concentração de polímero, MPA₂₀ e MPA₂₅. Por outro lado, a membrana MPA₁₅ possui uma grande estrutura de poros abertos conhecida como *macrovoids*, causada pela baixa concentração de polímero e pela influência dos parâmetros cinéticos durante o rearranjo da cadeia polimérica. (AULOVA *et al.*, 2018) Como a poliamida 11 possui uma grande região hidrofóbica, durante o banho de coagulação suas cadeias se reorganizam para reduzir a área superficial em contato com a água e estabilizar o sistema reduzindo a energia livre. Assim, como indicado na literatura, (ORTEGA *et al.*, 2017; STRATHMANN; KOCK, 1977) concluiu-se que ocorreu uma rápida precipitação de polímero na membrana MPA₁₅. As membranas MPA₂₀ e MPA₂₅ têm uma concentração maior de polímero durante o banho de coagulação assim as cadeias poliméricas possuem mais contato entre si, gerando um maior número de ligações intermoleculares. Por esse motivo, poros menores com estruturas regulares e esponjosas são formadas por influência de parâmetros termodinâmicos desse rearranjo da cadeia polimérica. Observe que a membrana MPA₂₅ possui uma concentração maior de polímero, portanto, uma solução de maior viscosidade causando uma menor solubilização e/ou abertura da cadeia polimérica pelo solvente. Isso resulta em pontos de nucleação polimérica maiores em comparação a membrana MPA₂₀. (MAGO; KALYON; FISHER, 2011)

4.2 Análise Cristalina

O estudo da cristalografia de membrana foi realizado por análise de difração de raios X (DRX) e os difratogramas estão descritos na Figura 3. A poliamida 11 é um polímero semicristalino que possui polimorfismo com várias fases cristalinas. Duas formas de cristalização já relatadas na literatura são as formas α e γ . A forma α possui uma estrutura cristalina triclinica e a forma γ possui uma estrutura cristalina especial na forma pseudo-hexagonal. Um estudo de Murthy (MURTHY, 2006) associa a predominância da forma α durante cristalizações lentas e domínio termodinâmico e a forma γ está associada a sistemas de rápida cristalização com domínio cinético. (PEPIN, 2016)

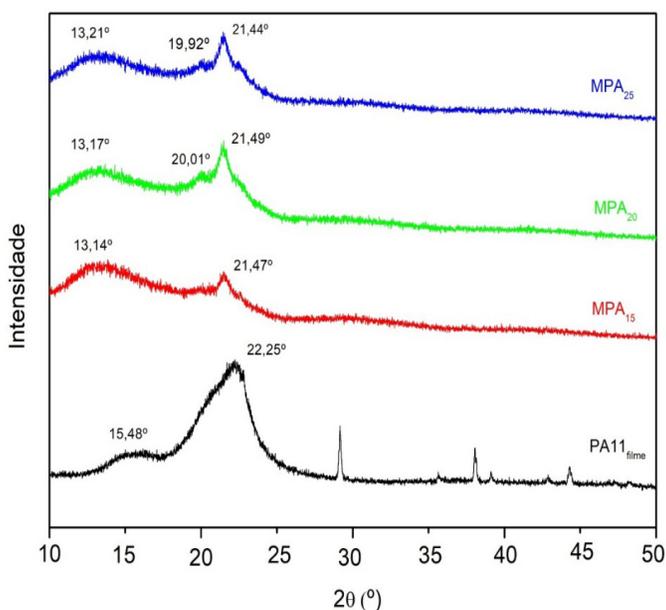


Figura 3: Difratograma das membranas MPA₁₅, MPA₂₀ e MPA₂₅ e do PA11_{Filme}.

A membrana MPA₁₅ apresentou um pico de difração $2\theta = 21,47^\circ$ referente à forma γ pseudo-hexagonal, cujo $2\theta \approx 21,5^\circ$ na literatura. (XIAO; CAI; QIAN, 2017) Além deste resultado, combinando a análise da morfologia feita pelo MEV realizada anteriormente nesta membrana, é possível comprovar que a formação de *macrovoids* é o resultado do processo cinético na precipitação do polímero durante a formação da membrana pela ação do banho de coagulação. Já no difratograma das membranas MPA₂₀ e MPA₂₅, é possível observar o pico correspondente da forma α próximo a $2\theta = 20^\circ$, concordando com os valores já relatados na literatura de $2\theta = 20,5^\circ$. (XIAO; CAI; QIAN, 2017) Essa análise estrutural das formas cristalinas das membranas está compatível com a análise morfológica

realiza anteriormente pelas imagens MEV, onde a estrutura dos poros esponjosos indica a predominância da fase α que é termodinamicamente mais estável. Além dos domínios cristalinos, as membranas são compostas por regiões com poros e regiões amorfas na matriz polimérica. Essa região pode ser observada nos difratogramas de membrana pelo ângulo de difração a $2\theta = 13^\circ$. (MAGO; KALYON; FISHER, 2011)

4.3 Análise Térmica

Para complementar a análise de estrutura e cristalinidade, o filme e as membranas de PA11 foram analisados por Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC). Os resultados da análise DSC são mostrados na Figura 4, onde a curva térmica típica da poliamida 11 é observada nas curvas de perfil semelhantes para as membranas MPA₁₅, MPA₂₀, MPA₂₅ e o PA11_{filme}. O filme PA11 exibe a temperatura de fusão (T_m) a $191,4^\circ\text{C}$ (valores da literatura de $T_m = 189,0^\circ\text{C}$). (BEHLER; HAVEL; GOGOTSI, 2007) Um pico exotérmico adicional foi observado nas curvas da membrana entre a temperatura de $183,7$ e $186,6^\circ\text{C}$. Em geral, quando a cristalização ocorre na forma γ é imediatamente convertida na forma α cristalina mais estável e o pico exotérmico secundário aparece nas curvas DSC da membrana. (DHANALAKSHMI; LELE; JOG, 2015; MARTINO *et al.*, 2014; MURTHY, 2006)

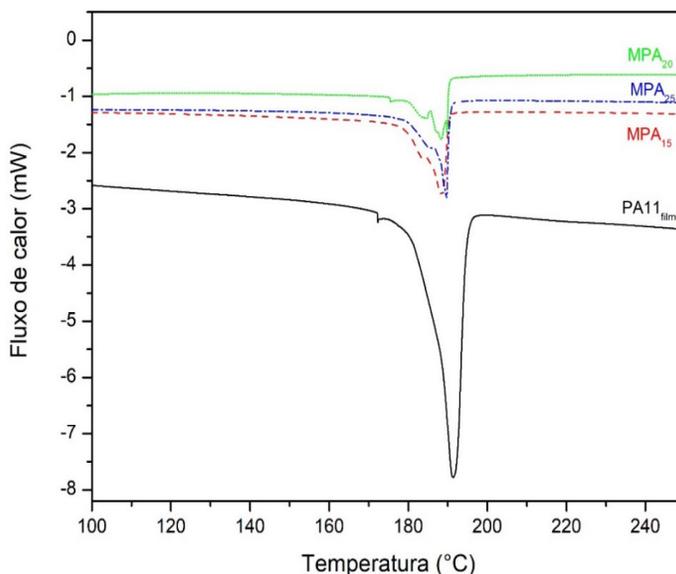


Figura 4: Curvas de análise DSC para a temperatura de fusão (T_m) para o filme de PA11 e membranas MPA₁₅, MPA₂₀ e MPA₂₅.

Finalmente, o grau de cristalinidade foi estipulado usando os dados de temperatura de fusão e entalpia da curva de DSC disponíveis na Tabela 1 foram aplicados na equação 1, onde para a poliamida 11 foi utilizado o $\Delta H_{100\%} = 226,4 \text{ J/g}$. (ORTEGA *et al.*, 2017) e ΔH_{fA} é a variação de entalpia de fusão da amostra.

Amostra	Tm ₁ [°C]	Tm ₂ [°C]	ΔH[J/g]	X _{cr} [%]
PA11 _{filme}	191,4	--	48,33	21,34
MPA ₁₅	183,7	188,6	25,51	11,26
MPA ₂₀	184,8	188,2	24,68	10,90
MPA ₂₅	185,2	189,3	18,56	8,198

Tabela 4: Resultado da análise DSC para PA11_{filme} e membranas.

$$X_{cr} = \frac{\Delta H_{fA}}{\Delta H_{100\%Cr}} \times 100$$

Equação 1

As membranas apresentaram menor grau de cristalinidade do que o filme de PA11, o que significa que as membranas podem apresentar maior tendência à permeação; portanto, estudos indicam que a parte amorfa da matriz polimérica é responsável pela transição do permeado na estrutura da membrana. (AULOVA *et al.*, 2018)

REFERÊNCIAS

- ASEMPOUR, Farhad *et al.* Synthesis and characterization of novel Cellulose Nanocrystals-based Thin Film Nanocomposite membranes for reverse osmosis applications. *Desalination*, v. 439, n. December 2017, p. 179–187, 2018.
- AULOVA, Alexandra *et al.* Mechanical properties and drug permeability of the PA6 membranes prepared by immersion precipitation from PA6 – formic acid – water system. v. 562, n. February, p. 67–75, 2018.
- BANO, Saira *et al.* Graphene oxide modified polyamide nanofiltration membrane with improved flux and antifouling properties. *Journal of Materials Chemistry A*, v. 3, n. 5, p. 2065–2071, 2015.
- BASILE, Angelo; CASSANO, Alfredo; RASTOGI, Navin K. *Advances in Membrane Technologies for Water Treatment: Materials, Process and Applications*. 1ª Edição ed. [S.l.]: Elsevier Sciercer Publishers., 2015.
- BEHLER, Kris; HAVEL, Mickael; GOGOTSI, Yury. New solvent for polyamides and its application to the electrospinning of polyamides 11 and 12. v. 48, p. 6617–6621, 2007.
- DAI, Zhongde; ANSALONI, Luca; DENG, Liyuan. Recent advances in multi-layer composite polymeric membranes for CO₂ separation: A review. *Green Energy and Environment*, v. 1, n. 2, p. 102–128, 2016a.

DAI, Zhongde; ANSALONI, Luca; DENG, Liyuan. Recent advances in multi-layer composite polymeric membranes for CO₂ separation: A review. *Green Energy & Environment*, v. 1, n. 2, p. 102–128, 2016b.

DHANALAKSHMI, M; LELE, Ashish K; JOG, Jyoti P. Electrospinning of Nylon11 : Effect of processing parameters on morphology and microstructure. *Materials today communications*, v. 3, p. 141–148, 2015.

EL-GENDI, Ayman; ABDALLA, Heba; ALI, Sahar. Construction of Ternary Phase Diagram and Membrane Morphology Evaluation for Polyamide / Formic acid / Water System. v. 6, n. 5, p. 62–68, 2012.

GALIANO, Francesco *et al.* Advances in biopolymer-based membrane preparation and applications. *Journal of Membrane Science*, v. 564, n. July, p. 562–586, 2018.

GUILLEN, Gregory R. *et al.* Preparation and characterization of membranes formed by nonsolvent induced phase separation: A review. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, v. 50, n. 7, p. 3798–3817, 2011.

HILAL, Nidal; FAUZI, Ahmad; WRIGHT, Chris. *MEMBRANE FABRICATION*. Broken Sound Parkway NW, Suite 300: CRC PressTaylor & Francis Group, 2015.

KAUSAR, Ayesha. Phase Invertiom Technique-Based Polyamide Films and Their Application: A comprehensive Review. *Journal Polymer-Plastics Technology and Engineering*, v. 56, n. 13, p. 1421–1437, 2017.

MAGO, Gaurav; KALYON, Dilhan M; FISHER, Frank T. Nanocomposites of Polyamide-11 and Carbon Nanostructures : Development of Microstructure and Ultimate Properties Following Solution Processing. *Polymer Physics*, v. 49, p. 1311–1321, 2011.

MARTINO, Lucrezia *et al.* Bio-based polyamide 11 : Synthesis , rheology and solid-state properties of star structures. *EUROPEAN POLYMER JOURNAL*, v. 59, p. 69–77, 2014.

MAZINANI, Saeed *et al.* Phase separation analysis of Extem / solvent / non-solvent systems and relation with membrane morphology. *Journal of Membrane Science*, v. 526, n. December 2016, p. 301–314, 2017.

MEDEIROS, Keila Machado De *et al.* Hybrid Membranes of Polyamide Applied in Treatment of Waste Water. *Material Research*, v. 20, n. 2, p. 308–316, 2017.

MOHAMMAD, A. W. *et al.* Nanofiltration membranes review: Recent advances and future prospects. *Desalination*, v. 356, p. 226–254, 2015.

MURTHY, N. Sanjeeva. Hydrogen Bonding, Mobility, and Structural Transitions in Aliphatic Polyamides. *Journal of Polymer Science: Part B: Polymer Physics*, v. 44, p. 1763–1782, 2006.

ORTEGA, Helena Oliver *et al.* Evaluation of Thermal and Thermomechanical Behaviour of Bio-Based Polyamide 11 Based Composites Reinforced with Lignocellulosic Fibres. *Polymers*, v. 9, n. 522, p. 1–17, 2017.

PEPIN, Julie. New Insights into the Brill Transition in Polyamide 11 and Polyamide 6. *Macromolecuções*, v. 49, p. 564–573, 2016.

REN, Yuling *et al.* High flux thin film nanocomposite membranes based on porous organic polymers for nanofiltration. *Journal of Membrane Science*, v. 585, n. May, p. 19–28, 2019.

SALEH, Tawfik A.; GUPTA, Vinod K. Synthesis and characterization of alumina nano-particles polyamide membrane with enhanced flux rejection performance. *Separation and Purification Technology*, v. 89, p. 245–251, 2012.

SEABRA, Alesandro Cruz *et al.* Short Communication: Preparação e Caracterização de Blendas Híbridas de Poliacrilonitrila e Quitosana. *Orbital: The Electronic Journal of Chemistry*, v. 7, n. 4, p. 391–394, 2015.

STRATHMANN, H; KOCK, K. The Formation Mechanism of Phase Inversion Membranes. v. 21, p. 241–255, 1977.

WARSINGER, David M. *et al.* A review of polymeric membranes and processes for potable water reuse. *Progress in Polymer Science*, v. 81, p. 209–237, 2018.

XIAO, Xueliang; CAI, Ziqing; QIAN, Kun. Structure evolution of polyamide (11) 's crystalline phase under uniaxial stretching and increasing temperature. *Journal of Polymer Research*, v. 24, n. 81, p. 1–8, 2017.

YU, Sanchuan *et al.* Impacts of membrane properties on reactive dye removal from dye/salt mixtures by asymmetric cellulose acetate and composite polyamide nanofiltration membranes. *Journal of Membrane Science*, v. 350, n. 1–2, p. 83–91, 2010.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Actinobactéria 1, 3, 4, 5, 6

Adsorção 65, 66, 67, 68, 70, 72, 73, 74, 75, 76, 101, 123

Amido 32, 34, 35, 36

Araucaria Angustifolia 32, 34, 38

Argila Organofílica 65, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 75, 76

Azul de Metileno 65, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 75, 76

B

Bagaço de Malte 1, 3, 4, 5, 42

Bioprocesso 7, 9, 10, 11, 19, 52, 53, 54, 55, 60, 61, 62

Biorreator de Leito Empacotado 55

C

Cascas de Cupuaçu 9, 11

Celulases 1, 3, 6, 7, 8, 63

Cerâmica 76

Cervejaria 41, 50

Conhecimento 2, 22, 23, 26, 28, 29, 81

Corante 65, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 75, 76

Cosméticos 89, 90, 91, 92, 93, 95, 96

Cristalização 78, 84, 85, 100, 105

D

Dimensionamento de Equipamentos 40, 41, 43, 44, 49, 50

E

Ensino e Aprendizagem 21, 22, 23

Experiência 22, 26, 28, 29, 30, 31

F

Fermentação 7, 35, 48, 49, 64

Fermentação em Estado Sólido 2, 7, 52, 53, 63, 64

M

Membranas Poliméricas 78, 80

Metodologias 22, 23, 27, 80, 81

Morfologia 78, 81, 82, 83, 84

N

Nanomateriais 101

O

Óxido de Grafeno 100, 101, 102, 103, 104, 106, 113, 114, 115, 130

P

Parâmetros Termodinâmicos 65, 74, 75, 82, 83

Pectinases 9, 11, 12, 63, 64

Pinhão 32, 34, 35, 36, 37, 38

Processo sol-gel 100

Projeto de Indústria 40, 41

Pseudoemita 100, 101, 102, 104, 109, 112, 125, 127, 129

R

Resíduo Agrícola 52

Resíduo de Abacaxi 1, 6

Resíduos Agroindustriais 1, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 52, 62, 64

Retorno sobre investimento 40, 43, 45, 50

Revisão de Literatura 22, 24, 91

Riscos 89, 92, 94, 96

V

Vodca 32, 34, 36, 37

X

Xenobióticos 89, 90, 91, 93, 96, 99

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

GERAÇÃO DE CONHECIMENTO E TECNOLOGIA VOLTADOS À APLICAÇÃO EM PROCESSOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS

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

GERAÇÃO DE CONHECIMENTO E TECNOLOGIA VOLTADOS À APLICAÇÃO EM PROCESSOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS