

Princípios de Química

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)



Atena
Editora
Ano 2019

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)

Princípios de Química

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Geraldo Alves
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.ª Dr.ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª 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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
P957	Princípios de química [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-422-1 DOI 10.22533/at.ed.221192406 1. Química – Estudo e ensino. I. Voigt, Carmen Lúcia. CDD 540.7
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Química é a ciência que estuda a estrutura das substâncias, a composição e as propriedades das diferentes matérias, suas transformações e variações de energia. A Química conquistou um lugar central e essencial em todos os assuntos do conhecimento humano, estando interligada com outras ciências como a Biologia, Ciências Ambientais, Física, Medicina e Ciências da Saúde.

Pesquisas na área da Química continuam evoluindo cada dia, sendo benéficas devido maior conscientização de como usar os conhecimentos químicos em prol da qualidade de vida e do desenvolvimento da sociedade; prezando pelo meio ambiente, surgindo assim processos e novas tecnologias com menor agressão e impacto.

Muitas são as fontes degradadoras da natureza, porém os resíduos químicos são considerados os mais agressivos. Ao longo dos anos inúmeros tipos de contaminantes foram lançados no meio ambiente, causando contaminação e poluição em diversos tipos de compartimentos ambientais como solos, rios e mares. O avanço e crescimento industrial no mundo é uma das principais causas da poluição excessiva e liberação de resíduos químicos.

Devido estudos na área da Química é possível realizar remoção de poluentes por diversos processos e o desenvolvimento de técnicas e materiais é abordado neste volume, que trata de processos como adsorção para retirada de contaminantes da natureza. Além destes processos, este volume também trata de novos materiais para aplicação em substituição aos polímeros convencionais, como os biopolímeros, produzidos a partir de matérias-primas de fontes renováveis, ou seja, possuem um ciclo de vida mais curto comparado com fontes fósseis como o petróleo o qual leva milhares de anos para se formar.

Fatores ambientais e sócio-econômicos estão relacionados ao crescente interesse por novas estratégias que buscam alternativas aos produtos e processos convencionais. Neste enfoque, os trabalhos selecionados para este volume oportunizam reflexão e conhecimento na área da Química, abrangendo aspectos favoráveis para ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente.

Boa leitura.

Carmen Lúcia Voigt

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 1

PRODUÇÃO DE BIOPOLÍMEROS PELAS BACTÉRIAS GLUCONACETOBACTER HANSENI E KOMAGATAEIBACTER RHATICUS EM MEIOS CONTENDO HIDROLISADO DE ARROZ E MILHO

Karina Carvalho de Souza

Gabriela Rodrigues dos Santos

Grazielly Maria Didier de Vasconcelos

Paulo Henrique Marrocos de Oliveira

Yêda Medeiros Bastos de Almeida

Felipe Cunha da Silva Trindade

Glória Maria Vinhas

DOI 10.22533/at.ed.2211924061

CAPÍTULO 2 7

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE ÓRTESE SUROPODÁLICA DE MEMBRO INFERIOR PRODUZIDO COM POLICLORETO DE VINILA (PVC)

Heloisa Barbara Rozario Azevedo

Fabiane De Oliveira Santana

Paula Hortência Santos Magalhães

Maria Karoline Silva Souza

Caio Cezar Neves Kunrath

Menilde Araújo Silva Bião

Franco Dani Rico Amado

Bruno Souza Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.2211924062

CAPÍTULO 3 12

OBTENÇÃO DE REVESTIMENTOS DE DCPD COM INCORPORAÇÃO DO COPOLÍMERO F-127 PELO MÉTODO DE DEPOSIÇÃO ELETROQUÍMICA

Pablo Eduardo Costa dos Santos

Cristiane Xavier Resende

Zaine Teixeira Camargo

DOI 10.22533/at.ed.2211924063

CAPÍTULO 4 19

CARBOXIMETILCELULOSE-G-OLIGO(ÓXIDO DE ETILENO-CO-ÓXIDO DE PROPILENO): EFEITO DA PORCENTAGEM DE ENXERTIA NAS PROPRIEDADES EM MEIO AQUOSO SALINO

Nívia do Nascimento Marques

Rosângela de Carvalho Balaban

Sami Halila

Redouane Borsali

DOI 10.22533/at.ed.2211924064

CAPÍTULO 5 32

PROPRIEDADES MECÂNICAS, TERMOMECÂNICAS, REOMETRIA DE TORQUE E MORFOLOGIA DE BLENDS PS/PP/PP RECICLADO COMPATIBILIZADAS COM O COPOLÍMERO SEBS

Carlos Bruno Barreto Luna

Eduardo da Silva Barbosa Ferreira

*Danilo Diniz Siqueira
Edcleide Maria Araújo
Elieber Barros Bezerra*

DOI 10.22533/at.ed.2211924065

CAPÍTULO 6 50

SÍNTESE E COMPORTAMENTO REOLÓGICO DE HPAM TERMORRESPONSIVA

*Bruna Luiza Batista de Lima
Nívia do Nascimento Marques
Marcos Antonio Villetti
Rosângela de Carvalho Balaban*

DOI 10.22533/at.ed.2211924066

CAPÍTULO 7 58

FILME DE POLICAPROLACTONA REFORÇADOS POR MICROFIBRILAS DE CELULOSE DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea Mart.*)

*Rachel Margalho Barreira Valentim
Izael Pinho dos Santos
Victor Soares Pereira
Carmen Gilda Barroso Tavares Dias
Marcos Allan Leite dos Reis*

DOI 10.22533/at.ed.2211924067

CAPÍTULO 8 64

AValiação DA BIODEGRADABILIDADE DE FILMES DE AMIDO REFORÇADOS COM NANOCRISTAIS DE CELULOSE DA FIBRA DE COCO VERDE

*Ingrid Lessa Leal
Yasmin Carolino da Silva Rosa
Josiane Dantas Viana Barbosa
Janice Izabel Druzian
Bruna Aparecida Souza Machado*

DOI 10.22533/at.ed.2211924068

CAPÍTULO 9 74

CARACTERIZAÇÃO DE NANOCRISTAIS DE CELULOSE DE RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA E APLICAÇÃO EM FILMES DE AMIDO E QUITOSANA

*Marina R. d Andrade
Taynã Isis de S. Santana
Bruna A. S. Machado*

DOI 10.22533/at.ed.2211924069

CAPÍTULO 10 79

EFFECT OF BIOSURFACTANTS IN PATHOGENIC BACTERIA ADHESION ON THE SURFACE OF FLEXIBLE FILMS

*Michel Zampieri Fidelis
Heitor Suyama
Eduardo Abreu
Denise Milleo Almeida
Giane Gonçalves Lenzi*

DOI 10.22533/at.ed.22119240610

CAPÍTULO 11	93
UTILIZAÇÃO DO BAGAÇO DE MALTE NA ADSORÇÃO DE GASOLINA PRESENTE EM CORPOS AQUATICOS: ESTUDO EM LEITO DIFERENCIAL	
<i>Fernanda Vieira Amorim</i>	
<i>Márcia Ramos Luiz</i>	
<i>Ewellyn Silva Souza</i>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240611	
CAPÍTULO 12	105
ESTUDO DA ADSORÇÃO DE COBRE EM LODO RECUPERADO DA CLARIFICAÇÃO DE ÁGUA DE AÇUDE POR ELETROCOAGULAÇÃO/FLOTAÇÃO	
<i>Fábio Erlan Feitosa Maia</i>	
<i>Ronaldo Ferreira do Nascimento</i>	
<i>Eliezer Fares Abdala Neto</i>	
<i>Jefferson Pereira Ribeiro</i>	
<i>Ari Clecius Alves de Lima</i>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240612	
CAPÍTULO 13	117
ADSORÇÃO DE CO ₂ EM MATERIAL MEOSPOROSO DO TIPO SBA-16 FUNCIONALIZADO	
<i>Táisa Cristine de Moura Dantas</i>	
<i>Eloy Sanz-Pérez</i>	
<i>Raul Sanz</i>	
<i>Amaya Arencibia</i>	
<i>Guillermo Calleja</i>	
<i>Ana Paula de Melo Alves Guedes</i>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240613	
CAPÍTULO 14	132
CINÉTICA DE ADSORÇÃO DE FURFURAL PELO ADSORVENTE ARGILA BENTONITA	
<i>Riann Queiroz Nóbrega</i>	
<i>Ana Cláudia Rodrigues De Barros</i>	
<i>Lorena Lucena De Medeiros</i>	
<i>Flávio Luiz Honorato Da Silva</i>	
<i>Joelma Moraes Ferreira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240614	
CAPÍTULO 15	140
AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ADSORTIVA DE ARGILA ORGANOFÍLICA ATRAVÉS DE PLANEJAMENTO FATORIAL	
<i>Paulo Henrique Almeida Da Hora</i>	
<i>Líszandra Fernanda Araújo Campos</i>	
<i>Antonio Cícero De Sousa</i>	
<i>Gesivaldo Jesus Alves De Figueiredo</i>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240615	

CAPÍTULO 16 147

CINÉTICA E MODELAGEM DA CAPTURA DE CO₂ POR MEIO DA REAÇÃO DE CARBONATAÇÃO DO ORTOSILICATO DE LÍTIO

Suélen Maria de Amorim
Michele Di Domenico
Tirzhá Lins Porto Dantas
Humberto Jorge José
Regina de Fatima Peralta Muniz Moreira

DOI 10.22533/at.ed.22119240616

CAPÍTULO 17 157

MODIFICAÇÃO TÉRMICA DA ARGILA BRASGEL VISANDO SUA UTILIZAÇÃO NA REMOÇÃO DE NÍQUEL EM SISTEMA DE BANHO FINITO

Joseane Damasceno Mota
Rochelia Silva Souza Cunha
Patrícia Noemia Mota De Vasconcelos
Meiry Glaucia Freire Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.22119240617

CAPÍTULO 18 166

REMOÇÃO DO CORANTE DIRECT BLACK 22 ATRAVÉS DE ADSORÇÃO

Déborah Fernanda Mamedes da Silva
Deivid Sousa de Figueiroa

DOI 10.22533/at.ed.22119240618

CAPÍTULO 19 177

INFLUÊNCIA DA PRESENÇA DE SAIS NA ADSORÇÃO DO CORANTE VERMELHO PROCION UTILIZANDO ALUMINA ATIVADA

Nathália Favarin da Silva
Enrique Chaves Peres
Guilherme Luiz Dotto

DOI 10.22533/at.ed.22119240619

CAPÍTULO 20 186

ADSORÇÃO DE ÍNDIGO CARMINE UTILIZANDO MICROESFERAS DE ALGINATO (AL) E QUITOSANA (QT) PURAS E DOPADAS COM NÍQUEL E FERRO.

Ana Clara Correia Queiroz da Silva
Francisco Mateus Gomes do Nascimento
Francisco Renan Lima Amorim
Guilherme Augusto Magalhães Júnior
Cícero Pessoa de Moura
Rafael Ribeiro Portela
Mayara Sousa de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.22119240620

CAPÍTULO 21 195

SÍNTESE E APLICAÇÃO DE PENEIRA MOLECULAR ORGANOFÍLICA NA REMOÇÃO DE ÍONS CR(III)

Paulo Henrique Almeida da Hora
Lizandra Fernanda Araújo Campos
Antonio Cícero de Sousa

CAPÍTULO 22 202

BIOSSORÇÃO DE ÍONS CR(VI) EM SOLUÇÃO AQUOSA EMPREGANDO CASCA DE BANANA NANICA

Giovani Santana Silva

Ângelo Capri Neto

Maria da Rosa Capri

DOI 10.22533/at.ed.22119240622

CAPÍTULO 23 215

REMOÇÃO DE CROMO HEXAVALENTE PRESENTE EM SOLUÇÕES SINTÉTICAS DILUÍDAS EMPREGANDO CARVÃO ATIVADO COMERCIAL E CARVÃO VEGETAL PRODUZIDO A PARTIR DA CASCA DE ARROZ

Lúcia Allebrandt da Silva Ries

Joyce Helena da Silveira

DOI 10.22533/at.ed.22119240623

CAPÍTULO 24 227

MANAGEMENT AND CLASSIFICATION OF PHYSICO-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PARAMETERS OF GROUNDWATER

Sharise Beatriz Roberto

Jomar Berton Junior

Rúbia Michele Suzuki

Elton Guntendorfer Bonafé

Makoto Matsushita

Edmilson Antonio Canesin

DOI 10.22533/at.ed.22119240624

CAPÍTULO 25 242

HIDRÓXIDOS DUPLOS LAMINARES PARA REMOÇÃO DE POLUENTES AQUOSOS

María Magdalena Costanzo

Rocio Belén Garate

Nora Alejandra Comelli

Nora Andrea Merino

DOI 10.22533/at.ed.22119240625

CAPÍTULO 26 253

EFEITO DO MÉTODO DE SÍNTESE NAS PROPRIEDADES DO ÓXIDO DE CÉRIO, DESTINADO A FOTOCATÁLISE

Kimberly Paim Abeta

Marie Lídio dos Santos Galvão Ribeiro

Larissa Soares Lima

Leila Maria Aguilera Campos

Sirlene Barbosa Lima

Maria Luiza Andrade da Silva

DOI 10.22533/at.ed.22119240626

CAPÍTULO 27	267
PRINCÍPIOS BÁSICOS DA ESTIMATIVA DE INCERTEZA APLICADOS À MEDIÇÃO DE GRANDEZAS QUÍMICAS	
<i>Cassiano Lino dos Santos Costa</i>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240627	
CAPÍTULO 28	282
O USO DE REDES SOCIAIS E TECNOLOGIA MÓVEL COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO POR PROFESSORES DA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA (EAD)	
<i>Eziel Cardoso da Silva</i>	
<i>Antonio Zilverlan Geermano Matos</i>	
<i>Marco Aurélio da Silva Coutinho</i>	
<i>Antônio Araújo Rodrigues</i>	
<i>Francisco Dhiêgo Silveira Figueirêdo</i>	
<i>Davi da Silva</i>	
<i>Dihêgo Henrique Lima Damacena</i>	
<i>Francisco Maycon Soares</i>	
<i>Juciane Maria de Sousa dos Santos</i>	
<i>Jose Adriano Cavalcante Alencar</i>	
<i>Enivaldo Pereira dos Santos</i>	
<i>Julianna de Sousa Santos</i>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240628	
SOBRE A ORGANIZADORA	292

PRODUÇÃO DE BIOPOLÍMEROS PELAS BACTÉRIAS *Gluconacetobacter hansenii* E *Komagataeibacter rhaeticus* EM MEIOS CONTENDO HIDROLISADO DE ARROZ E MILHO

Karina Carvalho de Souza

Universidade Federal de Pernambuco
Recife – PE

Gabriela Rodrigues dos Santos

Universidade Federal de Pernambuco
Recife – PE

Grazielly Maria Didier de Vasconcelos

Universidade Federal de Pernambuco
Recife – PE

Paulo Henrique Marrocos de Oliveira

Universidade Federal de Pernambuco
Recife – PE

Yêda Medeiros Bastos de Almeida

Universidade Federal de Pernambuco
Recife – PE

Felipe Cunha da Silva Trindade

Universidade Federal de Pernambuco
Recife – PE

Glória Maria Vinhas

Universidade Federal de Pernambuco
Recife – PE

RESUMO: A celulose, representada pela forma $(C_6H_{10}O_5)_n$, é um polissacarídeo - constituído por unidades de β -D-glicopirranose, unidas por ligações glicosídicas β -(1 \rightarrow 4). Esse polissacarídeo pode ter origem vegetal ou microbiana. Sua produção por via bacteriana mostra-se promissora para indústria

médica e de tecidos. Neste trabalho, foram analisados os rendimentos na produção de celulose pelos microrganismos *Gluconacetobacter hansenii* e *Komagataeibacter rhaeticus* utilizando hidrolisado de amido (arroz e flocos de milho) como fontes de carbono. O amido foi hidrolisado pelo fungo *Aspergillus oryzae* para a produção de glicose em meios com diferentes suplementações. Ao final do estudo obteve-se um rendimento máximo de 8,10 g.L⁻¹ através do meio de arroz hidrolisado e suplementado de meio Hestrin e glicose utilizando a bactéria *K. rhaeticus*, bem como o rendimento de 2,95 g.L⁻¹ utilizando apenas Glicose e Fosfato como suplementação.

PALAVRAS-CHAVE: Celulose bacteriana, Arroz, Milho.

ABSTRACT: Cellulose, represented by the formula $(C_6H_{10}O_5)_n$, is a polysaccharide consisting by β -D-glucopyranose units linked by β -(1 \rightarrow 4) glycosidic bonds. This polysaccharide can have vegetable or microbial origin. Its bacterial production shows promising solutions for the medical and tissue industries. In this work were analyzed the yields and factors which influenced the biopolymers obtained in the production of cellulose by the microorganisms *Gluconacetobacter hansenii* and *Komagataeibacter rhaeticus* using starch (rice and corn flakes) as carbon sources. The

starch was hydrolyzed by the fungus *Aspergillus oryzae* for the production of glucose in media with different supplements. At the end of the study a maximum yield of 8.1 g.L⁻¹ was obtained through the medium of hydrolyzed rice supplemented with Hestrin and glucose using the *K. rhaeticus* bacteria, as well as the yield of 3.0 gL⁻¹ using only glucose and phosphate as supplementation.

KEYWORDS: Bacterial Cellulose, Rice, Corn.

1 | INTRODUÇÃO

A celulose pode ser encontrada em diferentes formas de vida, como plantas, fungos, protozoários e procariontes. Dentro da produção microbiana, surge a celulose bacteriana que apresenta características similares ao polímero de origem vegetal, porém difere no grau de polimerização e também pela produção de fibras mais estáveis e resistentes, dada pela sua estrutura reticular ultrafina, alta cristalinidade, força de tensão, elasticidade e durabilidade. Esse biopolímero, não tóxico, possui grande capacidade de retenção de líquidos, propriedade importante para aplicações médicas e de engenharia de tecidos.

O gênero *Gluconacetobacter*, anteriormente chamado de *Acetobacter*, são bactérias não patogênicas, comumente encontradas em frutas e vegetais, apresentam a capacidade de produzir nanofibras de celulose pura. Essa produção ocorre a partir do consumo de fontes de carbono, como a glicose disponível no meio, e posteriormente, metabolizada na forma de fibras celulósicas pela bactéria.

A glicose consumida pela bactéria pode ser obtida na forma de reagente ou produzida por microrganismos (fungos) capazes de atuar na hidrólise do amido, formando glicose. Os fungos filamentosos, por exemplo, são os mais adaptáveis a crescerem em substratos sólidos, pois são capazes de crescer com pouca água e muitos sólidos presentes no meio. Esses fungos produzem enzimas capazes de quebrar as moléculas de amido em glicose, sendo essa, de fácil assimilação pelas bactérias do gênero *Gluconacetobacter*.

Diante disso, o principal objetivo deste trabalho foi analisar a produção de celulose bacteriana pelos microrganismos *Gluconacetobacter hansenii* e *Komagataeibacter rhaeticus* utilizando arroz e flocos de milho hidrolisados pelo fungo *Aspergillus oryzae* para produzir glicose em meios com diferentes suplementações. A escolha da fonte de carbono em conjunto com o fungo foi feita de maneira a otimizar a produção com a menor quantidade de reagentes utilizados.

2 | METODOLOGIA

Para a produção de glicose através da hidrólise do amido, foram preparados dois inóculos de 50ml, ambos contendo Meio CZ modificados (milho ou arroz como fonte

de carbono) de acordo com a seguinte composição: 3,0 g.L⁻¹ de NaNO₃; 0,01 g.L⁻¹ de FeSO₄.7 H₂O; 0,5 g.L⁻¹ de KCl; 1,0 g.L⁻¹ de K₂HPO₄; 0,5 g.L⁻¹ de MgSO₄.7H₂O; 12,0 g.L⁻¹ de Milho (flocos de milho) ou Arroz (tipo 2 parboilizado) triturados e água destilada. Em seguida, o fungo (*Aspergillus oryzae*) foi introduzido para o seu crescimento por três dias de incubação. Cada inóculo foi adicionado a um erlenmeyer de 500 ml contendo 40g de milho e outro contendo 40g de arroz triturados, ambos previamente autoclavados em temperatura de 121 ° C e pressão 1 atm por 15 minutos.

Após 3 dias sob uma temperatura de 28 °C, adicionou-se 400 ml de água destilada em ambos os Erlenmeyers, os quais, posteriormente, foram aquecidos a 45 °C através de banho-maria durante 60 minutos, sofrendo vigorosas agitações a cada 10 minutos. Em seguida, os meios foram autoclavados (30 minutos a 121 ° C e pressão 1 atm) e filtrados. Nas porções líquidas obtidas, foram realizadas medições das concentrações de glicose (método DNS) e reservadas para produção dos biopolímeros.

Na etapa de produção dos polímeros, os meios obtidos foram suplementados com glicose até a concentração 20 g.L⁻¹ e divididos em 8 amostras de 50 ml, totalizando 16 amostras. A suplementação de fosfato foi feita com Na₂HPO₄ em uma concentração de 2,7 g.L⁻¹ e o meio Hestrin utilizado foi: peptona 5 g.L⁻¹, extrato de levedura 5 g.L⁻¹ e Na₂HPO₄ 2,7 g.L⁻¹. Ao final das suplementações, as 16 amostras foram autoclavadas (15 minutos a 121 ° C e pressão 1 atm). A distribuição das bactérias e do modo de suplementação está indicado na Tabela 1, na qual cada experimento foi realizado em duplicata, e as bactérias foram introduzidas nos meios através de alçadas.

	Arroz	Milho
Bactéria	Suplementação	Suplementação
K. rhaeticus	Glicose + Fosfato	Glicose
G. hansenii	Glicose + Fosfato	Glicose
K. rhaeticus	Glicose + Meio Hestrin	Glicose + Meio Hestrin
G. hansenii	Glicose + Meio Hestrin	Glicose + Meio Hestrin

Tabela 1 - Distribuição das bactérias utilizadas e das suplementações.

Após 17 dias sob condições de 28 °C, os polímeros produzidos foram tratados com 15 ml de solução NaOH 0,1 M a 80 °C em banho-maria por 20 minutos. Em seguida eles foram transferidos para placas de Petri e foram submetidos a uma temperatura de -2 °C até a secagem. Por fim, foram pesadas as massas produzidas de cada polímero e medidas as concentrações de glicose remanescentes pelo método DNS.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados exibidos na tabela 2, inferimos que a hidrólise do amido a partir do arroz obteve maior concentração de glicose livre, bem como,

maior produção dos biopolímeros em todas as condições estudadas. Tendo como maior rendimento o meio suplementado com meio Hestrin na produção (8,10 g.L⁻¹). No entanto, com relação aos custos para produção dos mesmos, o meio de arroz, com apenas suplementação de glicose e fosfato obteve um rendimento de 2,95 g. L⁻¹, indicando que é possível produzir celulose utilizando apenas amido hidrolisado pelo fungo *Aspergillus oryzae* como fonte de nutrientes.

As produções de celulose bacteriana utilizando um método baseado no meio convencional de Hestrin e Schramm, em geral, são encontradas na literatura um rendimento médio de 0,90 g.L⁻¹ de biomembrana. Logo, nota-se que todos os resultados obtidos foram satisfatórios.

Amostra	Glicose obtida na hidrólise (g L ⁻¹)	Bactéria	Suplementação	Massa Produzida (g)	Rendimento Biopolímeros (g.L ⁻¹)
Arroz	12,91	<i>K. rhaeticus</i>	Glicose + Fosfato	0,1475	2,9500
		<i>K. rhaeticus</i>	Glicose + M. Hestrin	0,4050	8,1000
		<i>G. hansenii</i>	Glicose + Fosfato	0,1235	2,4700
		<i>G. hansenii</i>	Glicose + M. Hestrin	0,3340	6,6800
Milho	6,61	<i>K. rhaeticus</i>	Glicose	0,0370	0,7400
		<i>K. rhaeticus</i>	Glicose + M. Hestrin	0,0635	1,2700
		<i>G. hansenii</i>	Glicose	0,0335	0,6700
		<i>G. hansenii</i>	Glicose + M. Hestrin	0,0205	0,4100

Tabela 2 - Valores de Rendimento para os biopolímeros produzidos de acordo com o tipo de amostra e bactéria utilizada.

Para o milho, os resultados não são tão satisfatórios quanto os do arroz: o primeiro indicativo é a baixa concentração de glicose obtida através da hidrólise fúngica, resultando na obtenção de uma membrana visualmente mais frágil (Figura 1b). Esse resultado pode estar associado à baixa concentração ou atividade da enzima amilase e/ou sua atividade na reação de hidrólise do amido. Já durante a hidrólise do arroz pelo fungo, várias substâncias podem ter sido produzidas, entre elas podemos citar: o sorbitol, glicerol e xylitol, além de aminoácidos que surgem pelas proteases sintetizadas pelo *A. oryzae*. Todas essas substâncias produzidas, juntamente com a glicose, funcionam como nutrientes para a fermentação das bactérias. Portanto, através dessas substâncias, é possível que as bactérias no meio contendo arroz favoreça o metabolismo para a síntese da celulose bacteriana.

A Figura 1 exhibe os polímeros produzidos para as condições que deram o melhor resultado. A bactéria *K. rhaeticus* obteve melhor rendimento que em todos os ambientes testados.

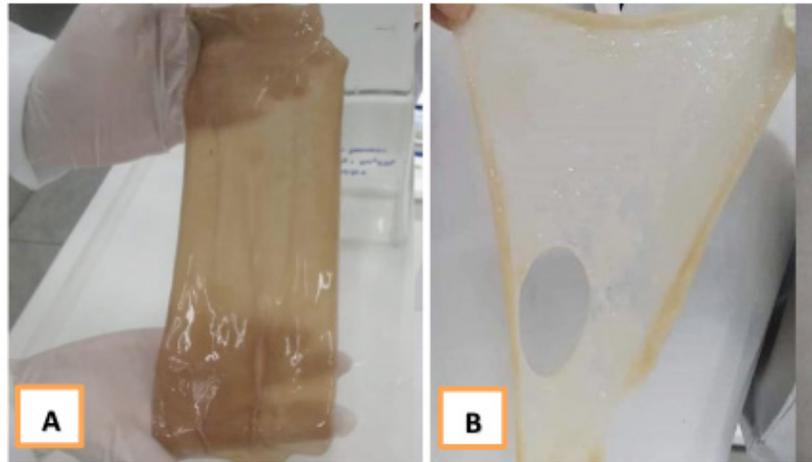


Figura 1 - Os polímeros produzidos sob as condições de maiores rendimentos: (a) polímero produzido a partir da bactéria *K. rhaeticus* utilizando arroz. (b) Polímero produzido a partir da bactéria *K. rhaeticus* utilizando milho.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo como base a produção de celulose bacteriana a partir do amido, o meio produzido a partir do arroz mostrou-se bastante promissor, apresentando o maior rendimento ($8,10 \text{ g.L}^{-1}$) quando suplementado de meio Hestrin. Para o meio utilizando arroz hidrolisado e suplementado apenas com Glicose e Fosfato, obteve-se uma produção de $2,95 \text{ g.L}^{-1}$ de biopolímeros, mostrando ser possível a produção com meio contendo apenas amido hidrolisado por *Aspergillus oryzae*, diminuindo assim o custo para a síntese dos biopolímeros. Com relação a produção a partir do milho, o rendimento obtido não foi suficientemente satisfatório (máximo de $1,27 \text{ g.L}^{-1}$). No entanto, como o milho possui um alto valor de nutrientes, o baixo rendimento da síntese pode ser consequência do método utilizado para hidrólise do amido. Além disso, os resultados demonstram a maior eficiência da bactéria *K. rhaeticus* quando comparado à bactéria *G. hansenii*.

REFERÊNCIAS

- A. Durand. **Bioreactors designs for solid state fermentation**. Biochemical Engineering Journal, 2003, 13, n.2/3, 113-125.
- A. J. Brown. **An acetic ferment which forms cellulose**. Journal of Chemical Society. 1986, 49, 432-439.
- B. Palsson; S. Bhatia. Tissue Engineering, Pearson Prentice Hall, 2004
- D. M. Almeida; R. A. Prestes; A. F. da Fonseca; A. L. Woiciechowski; G. Wosiacki. Braz. J. Microbiol.

Minerals consumption by Acetobacterxylinum on cultivation medium on coconut water. Braz. J. Microbiol. 2013, 44, 1.

D. E. Lee; S. Lee; E. S. Jang; H. W. Shin; B. S. Moon; C. H. Lee. **Metabolomic profiles of Aspergillus oryzae and Bacillus amyloliquefaciens during rice koji fermentation.** Molecules. 2016, 21(6), 773.

H. L. S. Lima; E. S. Nascimento; F. K. Andrade; A. I. S. Brígida; M. F. Borges; A. Cassales; C. R. Muniz; M. de S. M. Souza Filho; J. P. S. Morais; M. de F. Rosa Brazilian Journal of Chemical Engineering. 2017, 34, 671.

I.A.N. Donini; D.T.B. Salvi; F.K. Fukumoto; W.R. Lustri; H.S. Barude; R. Marchetto; Y. Messaddeq; S.J.L. Ribeiro. **Biossíntese e recentes avanços na produção de celulose bacteriana.** Eclét, Quím 2010, 35, n.4, 165-178.

J. Pereira, Tese de especialização, Universidade Federal de Lavras, 2006.

P. Semjonovs; M. Ruklisha; L. Paegle; M. Saka; R. Treimane; M. Skute; L. Rozenberga; L. Vikele; M. Sabovics; I. Cleenwerck Appl. Microbiol. Biotechnol. 2017, 101, 1003.

R. S. Kerbel; H. Kobayashi; C. H. Graham. **Intrinsic or Acquired Drug-Resistance and Metastasis - Are They Linked Phenotypes.** J. of Cell. Biochem, 1994, 37-47.

S. Hestrin; M. Schramm Biochem. J. 1954, 58, 345.

SOBRE A ORGANIZADORA

Carmen Lúcia Voigt: Doutora em Química na área de Química Analítica e Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especialista em Química para a Educação Básica pela Universidade Estadual de Londrina. Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Experiência há mais de 10 anos na área de Educação com ênfase em avaliação de matérias-primas, técnicas analíticas, ensino de ciências e química e gestão ambiental. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se uma atuação por resultado, como: supervisora de laboratórios na indústria de alimentos; professora de ensino médio; professora de ensino superior atuando em várias graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; palestrante; pesquisadora; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Autora de artigos científicos. Atuou em laboratório multiusuário com utilização de técnicas avançadas de caracterização e identificação de amostras para pesquisa e pós-graduação em instituição estadual.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-422-1

