

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: Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
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. 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
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a 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	
<i>Karina Carvalho de Souza</i>	
<i>Gabriela Rodrigues dos Santos</i>	
<i>Grazielly Maria Didier de Vasconcelos</i>	
<i>Paulo Henrique Marrocos de Oliveira</i>	
<i>Yêda Medeiros Bastos de Almeida</i>	
<i>Felipe Cunha da Silva Trindade</i>	
<i>Glória Maria Vinhas</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2211924061	
CAPÍTULO 2	7
CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE ÓRTESE SUROPODÁLICA DE MEMBRO INFERIOR PRODUZIDO COM POLICLORETO DE VINILA (PVC)	
<i>Heloisa Barbara Rozario Azevedo</i>	
<i>Fabiane De Oliveira Santana</i>	
<i>Paula Hortência Santos Magalhães</i>	
<i>Maria Karoline Silva Souza</i>	
<i>Caio Cezar Neves Kunrath</i>	
<i>Menilde Araújo Silva Bião</i>	
<i>Franco Dani Rico Amado</i>	
<i>Bruno Souza Fernandes</i>	
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	
<i>Pablo Eduardo Costa dos Santos</i>	
<i>Cristiane Xavier Resende</i>	
<i>Zaine Teixeira Camargo</i>	
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	
<i>Nívia do Nascimento Marques</i>	
<i>Rosângela de Carvalho Balaban</i>	
<i>Sami Halila</i>	
<i>Redouane Borsali</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2211924064	
CAPÍTULO 5	32
PROPRIEDADES MECÂNICAS, TERMOMECAÂNICAS, REOMETRIA DE TORQUE E MORFOLOGIA DE BLENDS PS/PP/PP RECICLADO COMPATIBILIZADAS COM O COPOLÍMERO SEBS	
<i>Carlos Bruno Barreto Luna</i>	
<i>Eduardo da Silva Barbosa Ferreira</i>	

*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 LÍCIO

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

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

Ingrid Lessa Leal

Centro Universitário SENAI CIMATEC,
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial,
Departamento de Alimentos e Biotecnologia
Salvador - Bahia

Yasmin Carolino da Silva Rosa

Centro Universitário SENAI CIMATEC,
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial,
Departamento de Alimentos e Biotecnologia
Salvador - Bahia

Josiane Dantas Viana Barbosa

Centro Universitário SENAI CIMATEC, Serviço
Nacional de Aprendizagem Industrial, Instituto de
Tecnologias da Saúde
Salvador - Bahia

Janice Izabel Druzian

Universidade Federal da Bahia, Departamento de
Bromatologia, Programa de Pós-Graduação de
Ciência de Alimentos
Salvador - Bahia

Bruna Aparecida Souza Machado

Centro Universitário SENAI CIMATEC, Serviço
Nacional de Aprendizagem Industrial, Instituto
de Tecnologias da Saúde e Departamento de
Alimentos e Biotecnologia
Salvador - Bahia

RESUMO: Atualmente, a maioria das embalagens é produzida com materiais sintéticos que estão envolvidos em problemas ambientais devido a sua não biodegradabilidade. O

desenvolvimento de filmes a partir de materiais renováveis, como o amido, e reforçados pela incorporação de nanocelulose, que possuem a propriedade de melhorar as características de barreira e mecânicas destes filmes, é considerada uma alternativa viável para a substituição dos materiais sintéticos. O objetivo do trabalho foi obter nanocristais de celulose da fibra de coco, caracterizá-los e incorporá-los como aditivos em embalagens de amido de mandioca e plastificante, avaliando se a presença dessas nanopartículas irá afetar a biodegradabilidade dos nanobiocompósitos resultantes. Os nanocristais foram obtidos a partir da fibra de coco verde por hidrólise ácida e caracterizados por Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET). Os filmes foram elaborados por *casting* e continham diferentes concentrações de nanocelulose incorporada. A análise de biodegradabilidade foi realizada por 17 semanas com a presença de um filme controle (sem a incorporação dos nanocristais). O monitoramento da biodegradabilidade mostrou uma perda de massa de até 80% no período avaliado. Constatou-se que a presença dos nanocristais não afetou significativamente a biodegradabilidade do material estudado.

PALAVRAS-CHAVE: *nanowhiskers*, *casting*, peso

ABSTRACT: Currently, most packaging is

produced with synthetic materials that are involved in environmental problems due to its non-biodegradability. The development of films from renewable materials such as starch and reinforced by the incorporation of nanocellulose, which have the property of improving the barrier and mechanical characteristics of these films, is considered a viable alternative for the substitution of synthetic materials. The objective of the work was to obtain coconut fiber cellulose nanocrystals, characterize them and incorporate them as additives in cassava starch and plasticizer packaging, evaluating if the presence of these nanoparticles will affect the biodegradability of the resulting nanobiocomposites. The nanocrystals were obtained from the green coconut fiber by acid hydrolysis and characterized by Electron Transmission Electron Microscopy (MET). The films were made by casting and contained different concentrations of incorporated nanocellulose. The biodegradability analysis was performed for 17 weeks with the presence of a control film (without the incorporation of nanocrystals). Monitoring of biodegradability showed a mass loss of up to 80% in the period evaluated. It was observed that the presence of nanocrystals did not significantly affect the biodegradability of the studied material.

PALAVRAS-CHAVE: *nanowhiskers, casting, weight*

1 | INTRODUÇÃO

A vida contemporânea juntamente com as inovações tecnológicas tem causado um aumento na produção de resíduos sólidos, estes que em sua grande maioria permanecem por centenas e milhares de anos no ambiente, acarretando além de uma crise ambiental um grave problema econômico e social (LANDIM et al., 2016). O consumo elevado de produtos industrializados, como os alimentos, que necessitam de embalagens para o seu transporte e conservação, tem fomentado impactos ambientais provocados pela degradação lenta das embalagens de polímeros sintéticos (FERNANDES et al., 2015). Visando contornar esta problemática, os plásticos biodegradáveis, especialmente os provenientes de fontes naturais e renováveis, estão sendo usados para o desenvolvimento de novas tecnologias que visam, entre outros aspectos, a preservação ambiental e a busca por potenciais alternativas de substituição dos plásticos convencionais oriundos de fontes petrolíferas (MATTA, 2009). Do ponto de vista científico, o polímero biodegradável é definido como plásticos cuja degradação resulta primariamente da ação de microrganismos de ocorrência natural, entre eles, bactérias, fungos ou algas. Materiais como compostos de amido, polivinil álcool, polilactatos e polihidroxibutirato são exemplos de polímeros biodegradáveis (DEBIAGI et al., 2010).

O interesse por estes polímeros tem crescido muito nos últimos tempos, no mundo todo. Apesar disto, o alto custo de sua produção ainda é uma grande desvantagem em relação aos polímeros convencionais (FRANCHETTI & MARCONATO, 2006). Por isso a procura por fontes como o amido tem recebido uma atenção especial, uma vez que é encontrado em abundância na natureza, sendo uma fonte renovável e um material

biodegradável (MIGUEL, 2014).

Entretanto, a utilização do amido encontra algumas limitações na utilização como embalagem, que incluem baixa resistência à umidade e propriedades mecânicas inadequadas para aplicação comercial (COSTA, 2014). Uma opção para a melhoria dessas propriedades tem sido a incorporação de outros materiais aos filmes, como por exemplo, fibras de celulose (MORAES, 2013). Dentre as fibras naturais, a de coco (*Cocos nucífera*) merece atenção, por ser uma biomassa encontrada em larga escala nos litorais e sua fibra que outrora era descarte, atualmente está sendo associada com muitas inovações tecnológicas na área de tecnologia, sendo uma delas, os nanocristais de celulose (JERONIMO & SILVA, 2013). A inserção dos nanocristais em polímeros biodegradáveis tem sido mencionada na literatura como uma excelente alternativa para melhoria em algumas de suas propriedades como as mecânicas, de barreira e térmicas (PEREIRA et al., 2014).

A partir disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar a biodegradabilidade em embalagens elaboradas a partir do método *casting*, tendo como matriz polimérica o amido de mandioca reforçado com a incorporação de nanocelulose da fibra de coco durante 17 semanas.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia para extração da polpa de celulose foi adaptada da literatura, utilizando como referência os trabalhos realizados por Rosa et al. (2010) e Samir et al. (2005). Os nanocristais de celulose foram preparados por hidrólise ácida utilizando H_2SO_4 64%. Um total de 12 mL/g de polpa de celulose foi submetido à agitação constante durante um período de 10 a 15 minutos, numa temperatura de 50 °C. A partir disso, foram feitas a caracterização por Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET) (as visualizações foram determinadas utilizando a coloração com acetato de uranila a 2%, onde as suspensões de nanocelulose foram misturadas em volumes iguais com a uranila).

Os filmes biodegradáveis foram preparados por *casting* (MACHADO et al., 2012 e COSTA, 2013), que consistiu na mistura do amido de mandioca (Aminna®), glicerol, suspensões de nanocelulose obtidos da fibra de coco. A Tabela 1 apresenta a concentração utilizada para cada formulação e controle. As formulações foram desenvolvidas com base nos resultados obtidos por Machado et al. (2012). No estudo em questão, as formulações F1 e F2 foram selecionadas já que apresentaram ótimas propriedades mecânicas e de barreira. A formulação F3 foi escolhida porque apresenta o maior percentual de nanocelulose (0,5%) em sua composição, tendo como objetivo avaliar se a presença dos nanocristais interfere no processo natural de biodegradação. As formulações e controle foram aquecidas até a temperatura de gelatinização do amido (70 °C) sob constante agitação manual. Posteriormente, 40g das soluções

filmogênicas foram pesadas em Placas de Petri de poliestireno e secas em estufa de circulação de ar (35 ± 2 °C) por 18 a 20 horas. Os nanobiocompósitos obtidos foram acondicionados (60% UR, 23 °C) em dessecadores contendo solução saturada de cloreto de sódio, por 10 dias, antes de serem avaliados.

Amostra	Amido de Mandioca (%)	Glicerol (%)	Nanocristais (%)
F1	6,0	1,5	0,3
F2	4,5	0,5	0,3
F3	4,5	1,5	0,5
Controle	4,5	1,5	0,0

Tabela 1. Concentrações da matriz polimérica, plastificante e nanocristais de celulose nas formulações e controles.

A avaliação da biodegradabilidade dos nanobiocompósitos foi realizada com base na metodologia proposta por Leite et al. (2010). O solo simulado utilizado no ensaio de biodegradabilidade foi preparado misturando-se partes iguais de solo fértil com baixo teor de argila, areia de praia seca e peneirada (40 mesh), e esterco de cavalo seco ao sol por dois dias, seguindo a norma ASTM G-160-03. As formulações e controle foram acondicionados em sistemas diferentes para serem retirados após 2, 4, 12, 15 e 17 semanas, sendo que cada sistema continha uma amostra de cada formulação. O sistema foi formado por Placas de Petri, onde foi adicionado o solo preparado e os filmes. As placas contendo os filmes foram colocados em uma estufa (para cultura bacteriológica com circulação de ar e refrigeração) mantida a 30 °C (± 2) e os sistemas foram retirados após o período estipulado, quando foram limpos e pesados (Figura 1).



Figura 1. Ilustração do teste de biodegradabilidade – solo preparado contendo as amostras.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 são apresentadas as micrografias obtidas por Microscopia Eletrônica de Transmissão (TEM) dos nanocristais de celulose de coco em solução aquosa (0,66g/10mL). Estas imagens evidenciam a eficiência do tratamento de hidrólise ácida para a obtenção da nanocelulose da fibra do coco verde, confirmando assim, que as suspensões aquosas continham os nanocristais, consiste principalmente de fibrilas individuais e alguns agregados. Isto é consistente com o modelo estrutural proposto

em estudo (Battista & Smith, 1962) e com os resultados obtidos por outros autores (SAMIR et al., 2005; LAI-KEE-HIM et al., 2002; ROSA et al., 2010).

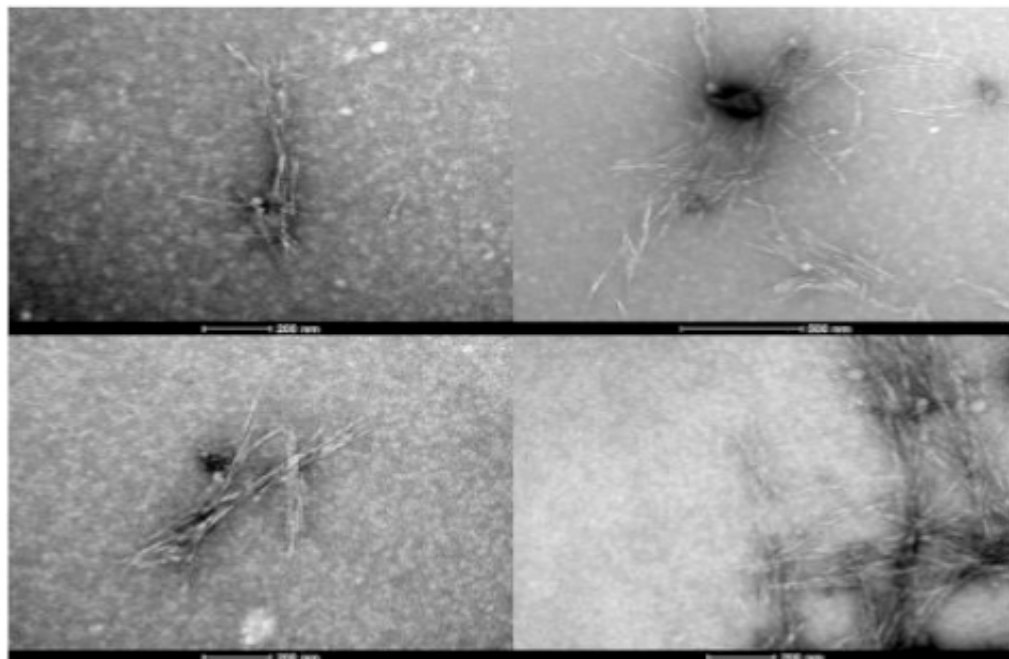


Figura 2. Micrografias obtidas da solução de nanocelulose de coco com a presença dos nanocristais (Escala: 200 e 500 nm).

Os nanocristais de celulose de coco apresentaram comprimentos que variaram de 98 a 430 nm e largura média de 6 nm. A relação de comprimento e largura (L/D) apresentou um valor médio de $38,9 \pm 4,7$ que está na faixa da nanocelulose que tem grande potencial para serem usados como reforço em nanocompósitos (ROSA et al., 2010). Os nanocristais de celulose de coco caracterizados por ROSA et al., (2010) apresentaram comprimentos (L) e larguras (D) médias de 197 e 5,8 nm, respectivamente, e uma relação L/D de 39.

Em estudo realizado anteriormente (MACHADO et al., 2012), pode-se avaliar que a incorporação dos nanocristais influenciaram numa melhora nas propriedades físicas e de barreiras das formulações, a partir disso, foram selecionadas as amostras de melhor resistência mecânica para a avaliação da biodegradabilidade, assim como a de maior porcentagem de nanocristais, para avaliar se há alguma relação entre esse elemento e a velocidade de degradação.

A biodegradação é um processo que consiste na modificação física ou química, causada pela ação de microrganismos, sob certas condições de calor, umidade, luz, oxigênio e nutrientes orgânicos e minerais adequados (AMASS et al., 1998). Segundo FLEMMING (2003), que não utiliza o termo biodegradação e sim, biodeterioração de materiais poliméricos, esta é causada por microrganismos que colonizam sua superfície, formando biofilmes, que consistem de microrganismos embebidos em uma matriz de biopolímeros e enzimas excretadas por eles que, em contato com os polímeros, causam mudanças estruturais e/ou morfológicas. Por depender de vários fatores, os testes de biodegradabilidade são de difícil padronização (PACI & LA MANTIA, 1999).

O processo de biodegradação neste estudo foi acompanhado por 17 semanas, em solo preparado a 30 °C, conforme as normas da ASTM G 160-03. Foi monitorada a biodegradabilidade para as formulações F1 e F2, que apresentaram as melhores propriedades mecânicas e para a formulação F3, que contém o maior percentual de nanocelulose incorporada (MACHADO et al., 2012). Essa formulação foi avaliada com o intuito de analisar se uma maior concentração destes nanocristais interfere no processo de biodegradação. Foi utilizado um controle (sem nanocelulose) a fim de comparar os resultados.

A viabilidade do solo preparado foi testada conforme a Norma NBR 11912 (1991). O resultado do teste de viabilidade do solo preparado foi satisfatório, pois ocorreu a perda de 85% da resistência mecânica da lona de algodão crua, que foi enterrada no solo preparado.

A perda de massa percentual nas formulações e no controle foi analisada no período do teste de biodegradabilidade por 17 semanas em solo simulado e encontram-se descritos na Tabela 2.

Amostras	Tempo em semanas	% de perda de massa
F1	Zero	0
	2	11,71±0,23 ^{a,h}
	4	18,09±0,76 ^f
	12	37,98±0,87 ^{b,e,g}
	15	61,88±1,65 ^c
	17	79,76±1,23 ^d
F2	Zero	0
	2	11,20±0,28 ^{a,h}
	4	19,00±0,97
	12	37,80±0,75 ^{b,g}
	15	62,03±1,30 ^c
	17	80,01±1,12 ^d
F3	Zero	0
	2	11,98±0,76 ^{a,h}
	4	18,01±0,99 ^f
	12	38,09±1,03 ^g
	15	62,15±1,17 ^c
	17	79,91±1,12 ^d
C	Zero	0
	2	11,37±0,83 ^h
	4	17,91±0,86 ^f
	12	37,92±1,03 ^g
	15	62,87±1,65
	17	80,98±1,24

Tabela 2. Valores de perda de massa das formulações de nanobiocompósitos selecionados e do controle durante o teste de biodegradabilidade de 17 semanas.

C: controle

Valores que apresentam a mesma letra, numa mesma coluna, não apresentam diferenças significativas ($p > 0,05$) pelo Teste de Tuckey a 95% de confiança.

Na Figura 2 são apresentadas as fotografias obtidas das formulações e controle após 2 semanas em solo preparado para a análise de biodegradabilidade.

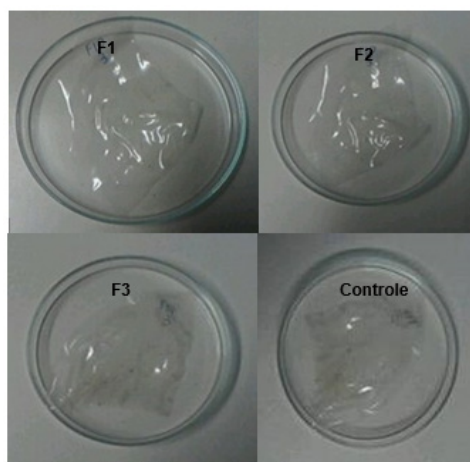


Figura 2. Formulações F1, F2, F3 e controle mantidas por 2 semanas em solo preparado.

Como esperado, foi observado que a perda de massa durante o ensaio de biodegradação aumentou com o passar do tempo. Verificou-se, que todas as formulações estudadas, sofreram degradações semelhantes ao longo das 17 semanas, independentemente do percentual de nanocelulose adicionada na matriz de amido plastificada com glicerol. A degradação do controle foi semelhante ao das amostras, indicando assim que a presença dos cristais de nanocelulose de coco não influencia no processo de biodegradabilidade dos nanocompósitos. Todas as formulações e o controle apresentaram uma perda de massa de aproximadamente 80%, com massa residual de 20% após 119 dias. De acordo com JAYASEKARA et al. (2005), a principal mudança que um polímero degradável sofre é a diminuição no peso molecular a medida que produtos menores vão sendo formados.

O amido pode ser degradado por fungos e/ou bactérias por ação de enzimas, resultando na formação de CO_2 , água e açúcares. No caso de blendas (amido/plásticos), o amido degrada mais rapidamente, favorecendo a degradação da matriz sintética por facilitar o acesso de microrganismos, ou aos outros componentes desta mistura, podendo ser totalmente ou parcialmente biodegradável (FRANCHETTI & MARCONATO, 2006). Neste estudo todos os componentes adicionados na matriz polimérica de amido são biodegradáveis, isto é, o plastificante glicerol e as nanopartículas obtidas da celulose do coco.

Estudos (SHUJUN et al., 2008) utilizaram uma mistura de polietileno de baixa densidade (PEBD) linear, amido de milho e glicerol, que foi processada em extrusora mono-rosca e avaliada quanto a sua degradabilidade. Os pesos dos filmes após

degradação no ar, em termostato e no solo reduziu pelo menos 3% em 30 dias e 4% em 60 dias. As análises mostraram que o PEBD e o amido possuem taxas de degradação diferentes e que os grânulos de amido se desintegraram em pequenas partículas ou foram separados da superfície do filme. Em avaliação de filmes biodegradáveis de amido vazados com adição de argila nas concentrações 1, 3 e 5% em massa (BELTRÃO et al., 2010). Os filmes de amidos foram submetidos a estudo de biodegradação em solo enriquecido com humos. Os filmes apresentaram boa degradabilidade mesmo com a adição de argila (5%) tiveram massa residual de 29% após 30 dias.

4 | CONCLUSÕES

Os resultados apresentados neste trabalho indicam que é possível obter nanocelulose a partir da fibra de coco verde através do processo de hidrólise ácida (H_2SO_4 64%, 50 °C, 10-15 minutos), com grau de cristalinidade de 69,1% e relação L/D de $38,9 \pm 4,7$. Outros estudos já apontam que a incorporação destes nanocristais em filmes de amido de mandioca, plastificados com glicerol, contribui para melhorar significativamente as propriedades mecânicas, de barreira e térmicas. Neste estudo, foi possível concluir que a presença dos nanocristais não alteram a biodegradabilidade do material estudado, e por isso, pode ser considerado como um importante aditivo de reforço para filmes de amido.

5 | AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo fomento dessa pesquisa e ao SENAI CIMATEC pela disponibilidade de estrutura para a realização da mesma.

REFERÊNCIAS

AMASS, W.; AMASS, A.; TIGHE, B. **A review of biodegradable polymers: Uses, current developments in the synthesis and characterization of biodegradable polyesters, blend of biodegradable polymers and recent advances in biodegradation studies.** *Polymers*, v. 47, p. 89-144, 1998.

BATTISTA, O. A.; SMITH, P. A. **Microcrystalline cellulose.** *Industrial and Engineering Chemistry*. v. 54, p. 29, 1962.

BELTRÃO, I.B.; GONÇALVES, R. D.; NASSER, R. O.; LIMA, M. C. P. **Estudo da biodegradação de filmes vazados de compósitos amido-argilas.** Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais, Campos do Jordão, 2010.

COSTA, S.S. **Filmes de fécula de mandioca e glicerol, reforçados com nanocelulose e ativados com própolis vermelha.** Dissertação de Mestrado, PGAl. Universidade Federal da Bahia, 2013.

- DEBIAGI, F.; MALI, S.; GROSSMANN, M. V.E; e YAMASHITA, F. **Effects of vegetal fibers on properties of cassava starch biodegradable composites produced by extrusion.** *Ciência e Agrotecnologia*, v. 34, p. 1522, 2010.
- FERNANDES, A. P. S; COSTA, J. B; SOARES, D. S.B; MOURA, C. J; SOUZA, A R.M. **Aplicação de filmes biodegradáveis produzidos a partir de concentrado proteico de soro de leite irradiado.** *Pesq. Agropec. Trop*, v. 45, p. 192, 2015.
- FLEMMING, H. C. **Role and levels of real time monitoring for successful anti-fouling strategies.** *Water Science Technology*, v. 47, n. 5, p. 1–8, 2003.
- FRANCHETTI, S.M. M; MARCONATO, J.D. **Polímeros biodegradáveis – uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos.** *Química Nova*, v. 29, p. 811, 2006.
- JAYASEKARA, R.; HARDING, I. H.; BOWATER, I.; LONERGAN, G.; CHISTIE, G. **Biodegradability of a Selected Range of Polymers and Polymer Blends and Standard Methods for Assessment of Biodegradation.** *Journal Polymers Environment*, v. 13, n. 3, p. 231-251, 2005.
- JERONIMO, C. E; SILVA, G. **Estudo de alternativas para o aproveitamento de resíduos sólidos da industrialização do coco.** *Revista Monografias Ambientais*, v. 10, p. 2193, 2013.
- LAI-KEE-HIM, H.; CHANZY, H.; MULDER, M.; PUTAUX, J. L.; IMAI, T.; BULONE, V. **In vitro versus in vivo cellulose microfibrils from plant primary wall synthases: structural differences.** *The Journal of Biological Chemistry*, v. 277, n. 40, p. 36931– 36939, 2002.
- LANDIM, A. P. M; BERNARDO, C. O; MARTINS, I. B. A; FRANCISCO, M. R; SANTOS, M B.; MELO N. R. **Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil,** *Polímeros*, v. 26, p. 82.
- LEITE, M. C. A. M; FURTADO, C. R. G.; COUTO, L. O.; OLIVEIRA, L. B. O.; CORREIA, T. R. C. **Avaliação da biodegradação de compósitos de poli (ϵ -caprolactona)/fibra de coco verde.** *Polímeros*, v. 2, p. 324-329, 2010.
- MACHADO, B. A. S.; NUNES, I. L.; PEREIRA, F. V.; DRUZIAN, J. I. **Desenvolvimento e avaliação da eficácia de filmes biodegradáveis de amido de mandioca com nanocelulose como reforço e com extrato de erva-mate como aditivo antioxidante.** *Ciência Rural*, v. 42, p. 2085-2091, 2012.
- MATTA JUNIOR, M. D. **Caracterização de biofilmes obtidos a partir de amido de ervilha (*pisum sativum*) associado à goma xantana e glicerol**”. Dissertação de Mestrado, ESALQ, Universidade de São Paulo, 2009.
- MIGUEL, O. D. **Blendas de amido termoplástico e polietileno grafiteado (enxertado).** Dissertação de Mestrado, PGrCEM, Universidade de São Paulo, 2014.
- PACI, M.; LA MANTIA, F. P. **Influence of small amounts of polyvinylchloride on the recycling of polyethylenetherephtalate.** *Polymer Degradation and Stability*, v. 63, p. 11-14, 1999.
- PEREIRA, F.V.; PAULA, E. L.; MESQUITA, J. P.; LUCAS, A. A.; MANO, V. **Bionanocompósitos preparados por incorporação de nanocristais de celulose em polímeros biodegradáveis por meio de evaporação de solvente, automontagem ou eletrofiação.** *Química Nova*, v. 37, p. 1209, 2014.
- ROSA, M. F.; MEDEIROS, E. S.; MALMONGED, J. A.; GREGORSKIB, K. S.; WOOD, D. F.; MATTOSO, L. H. C.; GLENN, G.; ORTS, W. J.; IMAM, S. H. **Cellulose nanowhiskers from coconut husk fibers: Effect of preparation conditions on their thermal and morphological behavior.** *Carbohydrate Polymers*, v. 1, p. 83-92, 2010.

SAMIR, M. A. S. A.; ALOIN, F.; DUFRESNE, A. **Review of recent research into cellulosic whiskers, their properties and their application in nanocomposite field.** *Biomacromolecules*, v. 6, p. 612-626, 2005.

SHUJUN, W.; JINGLIN, Y.; JIUGAO, Y. **Conformation and location of amorphous and semi-crystalline regions in C-type starch granules revealed by SEM, NMR and XRD.** *Food Chemistry*, v. 110, n. 1, p. 39-46, 2008.

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

