



Impactos das  
Tecnologias na  
Engenharia Química 2

Carmen Lúcia Voigt  
(Organizadora)

Carmen Lúcia Voigt  
(Organizadora)

# Impactos das Tecnologias na Engenharia Química 2

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Natália Sandrini e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
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  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
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  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

I34 Impactos das tecnologias na engenharia química 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias na Engenharia Química; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-236-4

DOI 10.22533/at.ed.364190304

1. Engenharia química – Pesquisa – Brasil. I. Voigt, Carmen Lúcia. II. Série.

CDD 660.76

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

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

2019

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.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Empresas do segmento de alimentos e bebidas que adotam inovação e tecnologia em seus produtos, processos e serviços são reconhecidas e valorizadas pelo consumidor, conseqüentemente competitivas no mercado. A área industrial alimentícia é apenas uma das inúmeras opções que o engenheiro químico tem como campo de trabalho. Mas dentro desta, suas atribuições são variadas, formando um profissional capaz de atuar em múltiplas tarefas.

A necessidade de novas tecnologias na indústria de alimentos requer otimização dos processos de transformação e fabricação, desenvolvimento de novos produtos, avanço da biotecnologia, garantia no controle da qualidade dos produtos, análise econômica dos processos, além da garantia do controle ambiental dos rejeitos e efluentes industriais.

A inovação é fundamental para o desenvolvimento de qualquer empresa. No setor de alimentos não é diferente, e cada vez mais os consumidores desejam consumir novos produtos que consigam aliar sabor, nutrição, qualidade e segurança. Assim como uma destinação correta de resíduos e uso de subprodutos que favorecem consumidor e meio ambiente.

Neste segundo volume, apresentamos inovações tecnológicas na Engenharia Química no setor de alimentos e resíduos de alimentos com estudos estatísticos de controle e processos, modelagem matemática, estudo cinético, sínteses, caracterizações, avaliação de propriedades, rendimento e controle analítico.

A Indústria Alimentar está em evolução constante e a tecnologia desempenha um papel cada vez mais importante neste setor. Os avanços científicos e técnicos permitem hoje produzir alimentos e bebidas que se adaptam melhor à procura dos consumidores de uma forma segura, com processos produtivos mais sustentáveis e eficientes, cobrindo a procura dos mercados globais.

Convidamos você a conhecer os trabalhos expostos neste volume relacionados com alimentos, bebidas, resíduos de alimentos com utilização tecnológica de novos recursos para o produto ou processo.

Bons estudos.

Carmen Lúcia Voigt

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ESTUDO E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL DA ENCAPSULAÇÃO DE RESÍDUOS DO ABATE DE AVES	
Caroline Machado da Silva Marlei Roling Scariot Leonardo da Silva Arrieche	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3641903041</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>8</b>
OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DE VÍSCERAS DE FRANGO PARA OBTENÇÃO DE HIDROLISADOS PROTEICOS	
Tatiane Francini Knaul Schaline Winck Alberti Ana Maria Vélez	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3641903042</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>21</b>
ESTUDO ESTATÍSTICO DO TEOR DE LIGNINA OXIDADA PARA O BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR APÓS O PRÉ-TRATAMENTO COM PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO ALCALINO	
Anna Alves da Silva Vieira Isabelle Cunha Valim Vinnicius Ferraço Brant Alex Queiroz de Souza Ana Rosa Fonseca de Aguiar Martins Cecília Vilani Brunno Ferreira dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3641903043</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>26</b>
IMPLANTAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO NO PROCESSO DE CALEAÇÃO DA FABRICAÇÃO DE AÇÚCAR	
Lorena Marcele de Faria Leite Euclides Antônio Pereira de Lima Ana Cláudia Chesca Flávia Alice Borges Soares Ribeiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3641903044</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>31</b>
CONTROLE ANALÍTICO PARA FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA EM INDÚSTRIA CANAVIEIRA	
Douglas Ramos Alves Amanda Martins Aguiar Ana Paula Silva Capuci	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3641903045</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 43**

UTILIZAÇÃO DE ALGORITMOS GENÉTICOS PARA OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE DESLIGNIZAÇÃO DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR COM PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

Isabelle Cunha Valim  
Anna Alves da Silva Vieira  
Vinnicius Ferraço Brant  
Alex Queiroz de Souza  
Ana Rosa Fonseca de Aguiar Martins  
Cecília Vilani  
Brunno Ferreira dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.3641903046**

**CAPÍTULO 7 ..... 49**

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE METILCELULOSE A PARTIR DE BAGAÇO DE CANA

Luís Fernando Figueiredo Faria  
Cláudia dos Santos Salim  
Luís Gustavo Ferroni Pereira  
Elisângela de Jesus Cândido Moraes

**DOI 10.22533/at.ed.3641903047**

**CAPÍTULO 8 ..... 56**

ESTUDO CINÉTICO DA PRODUÇÃO DE HIDROMEL PELAS CEPAS *Saccharomyces cerevisiae* Lalvin 71b 1122 e *Saccharomyces bayanus* RED STAR PREMIER BLANK

Ana Katerine de Carvalho Lima Lobato  
Lucas Gois Brandão  
Victor Hoffmann Barroso

**DOI 10.22533/at.ed.3641903048**

**CAPÍTULO 9 ..... 73**

FILTRAÇÃO APLICADA AO PROCESSO DE CONCENTRAÇÃO DA VINHAÇA

Fernando Oliveira de Queiroz  
Jéssica Oliveira Alves  
Marcelo Bacci da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.3641903049**

**CAPÍTULO 10 ..... 95**

CARACTERIZAÇÃO E TRATAMENTO, EM ESCALA INDUSTRIAL, DO LICOR NEGRO GERADO PELA ETAPA DE DESLIGNIFICAÇÃO DO ALGODÃO

Lucrécio Fábio dos Santos  
Flávio Teixeira da Silva  
Teresa Cristina Brasil de Paiva

**DOI 10.22533/at.ed.36419030410**

**CAPÍTULO 11 ..... 111**

*Saccharomyces cerevisiae* FED-BATCH FERMENTATION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHOD FOR ADJUSTING MODEL PARAMETERS TO EXPERIMENTAL DATA

Marco César Prado Soares  
Gabriel Fernandes Luz  
Aline Carvalho da Costa  
Matheus Kauê Gomes  
Beatriz Ferreira Mendes  
Lucimara Gaziola de la Torre  
Eric Fujiwara

**DOI 10.22533/at.ed.36419030411**

**CAPÍTULO 12 ..... 118**

EXPERIMENTAL DESIGN FOR OPTIMAL PRODUCTION OF ALKALINE PHOSPHATASE UNDER LIQUID FERMENTATION WITH *Aspergillus* sp

Juliane Medeiros De Marco  
Jennifer Salgado da Fonseca  
Ricardo Lima Serudo

**DOI 10.22533/at.ed.36419030412**

**CAPÍTULO 13 ..... 123**

ESTUDO DO MODELO DE NÚCLEO DE RETRAÇÃO NA EXTRAÇÃO DE CAFEÍNA COM CO<sub>2</sub> SUPERCRÍTICO

Matheus Manhães Vieira da Silva  
João Vítor Melo Amaral  
Carlos Minoru Nascimento Yoshioka  
Ana Beatriz Neves Brito

**DOI 10.22533/at.ed.36419030413**

**CAPÍTULO 14 ..... 128**

DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DA SOLUBILIDADE DE  $\alpha$ -TOCOFEROL EM MISTURAS DE ETANOL+ÁGUA

Iago Henrique Nascimento de Morais  
Ricardo Amâncio Malagoni

**DOI 10.22533/at.ed.36419030414**

**CAPÍTULO 15 ..... 136**

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE PERPÉTUA-ROXA (*Centratherum punctatum* Cass.) OBTIDO POR HIDRODESTILAÇÃO

Rafael Henrique Holanda Pinto  
Maria Caroline Ferreira Rodrigues  
Wanessa Almeida da Costa  
Renato Macedo Cordeiro  
Eloisa Helena de Aguiar Andrade  
Raul Nunes de Carvalho Junior

**DOI 10.22533/at.ed.36419030415**

**CAPÍTULO 16 ..... 143**

MODELAGEM MATEMÁTICA DA EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE *Bidens Pilosa* L. USANDO FLUIDO SUPERCRÍTICO

Ramon Gredilha Paschoal  
Marianne Lima Higinio  
Marisa Fernandes Mendes

**DOI 10.22533/at.ed.36419030416**

**CAPÍTULO 17 ..... 161**

RENDIMENTO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Piper divaricatum* EM FUNÇÃO DA GRANULOMETRIA E MÉTODO DE EXTRAÇÃO

Erick Monteiro de Sousa  
Tainá Oliveira dos Anjos  
Rafaela Oliveira Pinheiro  
Márcia Moraes Cascaes  
Lidiane Diniz do Nascimento  
Eloisa Helena de Aguiar Andrade

**DOI 10.22533/at.ed.36419030417**

**CAPÍTULO 18 ..... 167**

INFLUÊNCIA DA PRESSÃO E TEMPERATURA PARA OBTENÇÃO DO EXTRATO DE *Mentha spicata* L. UTILIZANDO EXTRAÇÃO SUPERCRÍTICA

Tháiris Karoline Silva Laurentino  
Thuany Naiara Silva Laurentino  
Ariovaldo Bolzan

**DOI 10.22533/at.ed.36419030418**

**CAPÍTULO 19 ..... 172**

ESTUDO REOLÓGICO DA POLPA DE JUÇARA (*Euterpe edulis* Mart) EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA E TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVES

Italo Iury de Souza Guida  
Harvey Alexander Villa Vélez  
Audirene Amorim Santana  
Romildo Martins Sampaio

**DOI 10.22533/at.ed.36419030419**

**CAPÍTULO 20 ..... 179**

OBTENÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA DA POLPA DE ABACAXI ATRAVÉS DE EQUAÇÕES MATEMÁTICAS

Relyson Gabriel Medeiros de Oliveira  
Williane Moraes de Souza  
João Carlos Soares de Melo  
Carlos Helaídio Chaves Costa  
Adair Divino da Silva Badaró

**DOI 10.22533/at.ed.36419030420**

**CAPÍTULO 21 ..... 186**

CINÉTICA DE SECAGEM E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA POLPA DO FRUTO DE *Eugenia patrisii* Vahl. (MYRTACEAE)

Erick Monteiro de Sousa  
Tainá Oliveira dos Anjos  
Lidiane Diniz do Nascimento  
Eloisa Helena de Aguiar Andrade  
Cristiane Maria Leal Costa  
Lênio José Guerreiro de Faria

**DOI 10.22533/at.ed.36419030421**

**CAPÍTULO 22 ..... 192**

MODELAGEM MATEMÁTICA DA CINÉTICA DE SECAGEM DE TOMATES TIPO CEREJA E UVA POR MODELOS SEMITEÓRICOS E EMPÍRICOS

Heitor Otacílio Nogueira Altino  
Renata Nepomuceno da Cunha

**DOI 10.22533/at.ed.36419030422**

**CAPÍTULO 23 ..... 207**

SECAGEM DO EXTRATO DA CASCA DE BERINJELA EM SPRAY DRYER COM ADIÇÃO DE ADJUVANTES

Raissa Henrique Silva  
Erica Cortez de Lima  
Suziani Cristina de Medeiros Dantas  
Thayse Naianne Pires Dantas  
Maria de Fátima Dantas de Medeiros

**DOI 10.22533/at.ed.36419030423**



**CAPÍTULO 24 ..... 214**

CINÉTICA DE SECAGEM DO MESOCARPO DE BACURI

Layrton José Souza Da Silva  
Dennys Correia Da Silva  
Ilmar Alves Lopes  
Harvey Alexander Villa Vélez  
Audirene Amorim Santana

**DOI 10.22533/at.ed.36419030424**

**CAPÍTULO 25 ..... 219**

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS NO ESTUDO DA SECAGEM E ORIENTAÇÃO DA MATRIZ DE FILMES BIODEGRADÁVEIS DE AMIDO E ACETATO DE AMIDO PELO MÉTODO *TAPE-CASTING*

Ana Luiza Borges Guimarães  
João Borges Laurindo  
Vivian Consuelo Reolon Schmidt

**DOI 10.22533/at.ed.36419030425**

**CAPÍTULO 26 ..... 232**

EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE MALTODEXTRINA NO PROCESSO DE LIOFILIZAÇÃO DE MANGABA

Antonio Jackson Ribeiro Barroso  
Francisco De Assis Cardoso Almeida  
João Paulo De Lima Ferreira  
Luzia Márcia De Melo Silva  
Deise Souza De Castro  
Joselito Sousa Moraes  
Micheline Maria Da Silva Ribeiro

**DOI 10.22533/at.ed.36419030426**

**CAPÍTULO 27 ..... 237**

OXIDAÇÃO DE DIFERENTES AÇÚCARES UTILIZANDO CATALISADOR DE PdPtBi/C

Fabiana dos Santos Lima  
João Guilherme Rocha Poço

**DOI 10.22533/at.ed.36419030427**

**CAPÍTULO 28 ..... 250**

PROSPECÇÃO DE FUNGOS FILAMENTOSOS DO BIOMA CAATINGA COM POTENCIALIDADE PARA PRODUÇÃO DE QUITINASE

José Renato Guimarães  
Kaíque Souza Gonçalves Cordeiro Oliveira  
Eudocia Carla Oliveira de Araújo  
Maria Lúcia da Silva Cordeiro  
Isabella da Rocha Silva  
Ranoel José de Sousa Gonçalves

**DOI 10.22533/at.ed.36419030428**

**CAPÍTULO 29 ..... 257**

PROJETO CONCEITUAL E ANÁLISE ECONÔMICA PRELIMINAR DO PROCESSO DE PERVAPORAÇÃO PARA RECUPERAÇÃO DO AROMA DO SUCO DE ABACAXI

Bárbara Carlos Bassane

Marianna Rangel Antunes

Cecília Vilani

Roberto Bentes de Carvalho

**DOI 10.22533/at.ed.36419030429**

**CAPÍTULO 30 ..... 274**

EFEITOS DO TAMANHO DOS GRÂNULOS, DO REVESTIMENTO E DO TIPO DE FERTILIZANTE NA LIBERAÇÃO DE AMÔNIA EM FERTILIZANTES NITROGENADOS

Pedro Queiroz Takahashi

Gabriel Costa de Paiva

Marcelo Andrade de Godoy

José Mauro de Almeida

Deusanilde de Jesus Silva

**DOI 10.22533/at.ed.36419030430**

**SOBRE A ORGANIZADORA..... 279**

## SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE METILCELULOSE A PARTIR DE BAGAÇO DE CANA

### **Luís Fernando Figueiredo Faria**

Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de Lorena,  
Departamento de Engenharia Química. Lorena – SP.

### **Cláudia dos Santos Salim**

Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de Lorena,  
Departamento de Engenharia Química. Lorena – SP.

### **Luís Gustavo Ferroni Pereira**

Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de Lorena,  
Departamento de Engenharia Materiais. Lorena – SP.

### **Elisângela de Jesus Cândido Moraes**

Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de Lorena,  
Departamento de Engenharia Química. Lorena – SP.

**RESUMO:** O bagaço de cana-de-açúcar, quando fracionado em seus componentes principais, pode ter diferentes aplicações o que está diretamente relacionado ao conceito de Biorrefinaria, o qual integra processos de conversão para produzir uma gama de produtos a partir de biomassas. O objetivo desse trabalho foi produzir e caracterizar metilcelulose, um derivado químico possível

de ser obtido a partir da fração celulósica do bagaço, que pode ter aplicações importantes nas indústrias alimentícias, farmacêuticas e de construção civil, devido a sua ação como espessante, emulsificante e estabilizante. Para a síntese deste material inicialmente realizou-se um processo de mercerização a partir da celulose previamente purificada e, em seguida, a celulose mercerizada foi eterificada utilizando sulfato de metila como agente substituinte e acetona como solvente. A reação foi repetida, totalizando 2 ciclos de 1,5 horas. Por fim, o material foi neutralizado, lavado e seco. Após caracterização e comparação com produtos comerciais, constatou-se que foi possível produzir metilcelulose a partir de celulose segregada e purificada provinda de bagaço de cana, demonstrando um potencial aumento no valor agregado deste material.

**PALAVRAS-CHAVE:** Metilcelulose, bagaço de cana-de-açúcar, eterificação.

**ABSTRACT:** Sugarcane bagasse fractionated into its main components can have different applications, and is directly linked to the concept bio-refinery, which integrates conversion processes to produce a range of products from biomasses. The objective of this work was to produce and characterize methylcellulose, a chemical derived from the cellulosic fraction of bagasse, with applications in food,

pharmaceutical and construction industries, due to its action as a thickener, emulsifier and stabilizer. For the methylcellulose synthesis initially performed a mercerization process from previously purified cellulose and then the mercerized cellulose was etherified using methyl sulfate as a substituent agent and acetone as solvent. The reaction was repeated, totaling 2 cycles of 1.5 hours. Finally, the material was neutralized, washed and dried. After characterization and comparison with commercial products it was possible to verify the methylcellulose obtained from segregated and purified cellulose bagasse, demonstrating a potential increase in the value added of this material.

**KEYWORDS:** Methylcellulose, sugarcane bagasse, etherification.

## 1 | INTRODUÇÃO

A sociedade tem buscado oportunidades de crescimento estruturadas em uma economia sustentável com base em fontes renováveis. O conceito de Biorrefinaria vem se difundindo e mostra que biomassas lignocelulósicas apresentam potencial para substituição de parte dos recursos fósseis na produção industrial dos setores energéticos e não energéticos (CHERUBINI, 2010). Segundo Rabelo *et al.* (2011) uma Biorrefinaria integra os processos de conversão de biomassa para produzir combustíveis, energia elétrica e produtos químicos a partir de biomassas. Neste contexto, uma fonte de biomassa importante no cenário brasileiro é a cana-de-açúcar. Atualmente, o país é o maior produtor desta cultura, seguido por Índia e China. As usinas sucroalcooleiras frequentemente se retroalimentam utilizando o bagaço como fonte de energia por cogeração. Não obstante, a quantidade de bagaço gerado é maior que suas necessidades energéticas, tornando o mesmo um excedente de produção (ALENCAR, 2012; CONAB, 2015).

O bagaço de cana-de-açúcar tem como principais componentes celulose, hemicelulose e lignina. Quando fracionados, esses materiais podem ter diferentes aplicações. A partir da celulose é possível obter um derivado químico celulósico, a metilcelulose (MC), o qual tem aplicações nas indústrias farmacêuticas, de construção civil, alimentícia, agindo como um aditivo químico espessante, estabilizante, emulsificante, etc. Esta substância forma soluções claras que gelificam com o calor e pode ser usada como um aditivo alimentar uma vez que fornece características similares à gordura, proporciona a redução da absorção de gordura em produtos fritos, dificulta a cremosidade por meio da formação de filme e viscosidade, aumenta a retenção de gás durante assamento, proporciona retenção de umidade e controle da distribuição de umidade em produtos de padaria, aumentando a vida útil dos mesmos (DAMODARAN *et al.*, 2010; PANDA, 2010).

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O bagaço de cana in natura foi fracionado e sua porção de celulose foi purificada em condições otimizadas de acordo com Salim (2016) sendo utilizada como matéria-prima na síntese da metilcelulose. A metilação consistiu de uma mercerização inicial e posterior substituição nucleofílica de segunda ordem. Esta metilação foi conduzida de acordo com o método descrito por Kumar *et al.* (2012). Assim, 1,0 g de celulose purificada foi mercerizada usando uma solução de hidróxido de sódio a 50% durante 1 h a temperatura ambiente. O excesso da solução de NaOH foi removido e, em seguida, 9 mL de acetona foram adicionados juntamente com 3 mL de sulfato de metila  $(\text{CH}_3\text{O})_2\text{SO}_2$  gota a gota. A reação foi mantida a 50°C com agitação suave e constante. Após 1,5 horas de reação o meio reacional foi separado por filtração à vácuo. Em seguida foi adicionada novamente outra porção de reagentes (sulfato de metila e acetona), mantendo as mesmas proporções anteriores por mais 1,5 horas. No final da reação o material foi neutralizado por uma solução de ácido acético a 10% e filtrado através de um cadinho poroso. Posteriormente a MC foi lavada com acetona e seca em estufa 60°C por 6 h. O material foi caracterizado pelas técnicas DRX, FTIR e TGA.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A MC sintetizada foi submetida às técnicas de caracterização por DRX, FIT e TGA. Os resultados obtidos estão apresentados nas Figuras 1 a 3.

Difratometria de raio X (DRX): Os difratogramas de raios-X da celulose purificada e da metilcelulose sintetizada estão apresentados na Figura 1. A linha azul apresenta a difração para a celulose, com um pico nítido em  $2\theta$  entre 22° e 23° atribuído à fase cristalina, devido ao arranjo molecular espacial típico da celulose (LI; RENNECKAR, 2011). O gráfico apresenta ainda dois picos em  $2\theta$  próximos a 16° e 34° que indicam as características difusas de uma fase amorfa (SILVA; MACHADO, 2014). A linha vermelha apresenta a difração para a metilcelulose. Por meio do gráfico observa-se a modificação química da celulose em decorrência do deslocamento do primeiro pico em  $2\theta$  para valores de baixo ângulo (menores que 15°). Segundo Rodrigues Filho *et al.* (2007), este deslocamento é atribuído à presença de grupos metoxilas ao longo da cadeia celulósica, sendo que quanto menor o ângulo, maior o grau de substituição da MC.

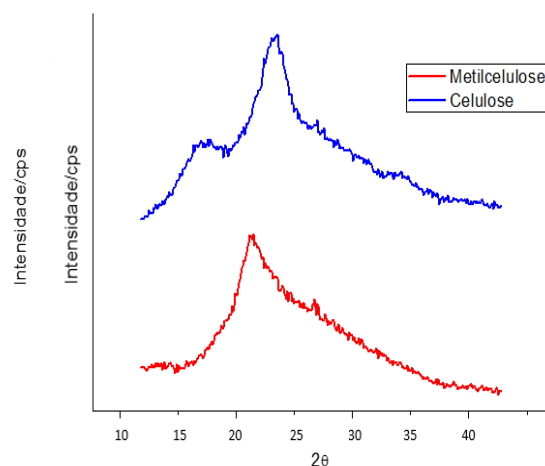


Figura 1 – Caracterização da metilcelulose por difratometria de raios X.

Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FT-IR): Os espectros obtidos para a análise de FTIR do bagaço de cana-de-açúcar in natura, celulose purificada e metilcelulose estão exibidos na Figura 2. As bandas em aproximadamente  $1700\text{ cm}^{-1}$  são associadas a carbonilas (C=O), devido à presença de hemicelulose. Percebe-se que ele é mais marcante no bagaço in natura, diminui significativamente no espectro da celulose purificada e mantém-se no da metilcelulose. No espectro do bagaço, também é observado um pico menor em  $1620\text{ cm}^{-1}$ , relacionado às duplas ligações (C=C) existentes na fração de lignina do material. Bandas na região de  $1300$  a  $1000\text{ cm}^{-1}$  referem-se às ligações C-O, contidas nas três frações principais do material. O pico em  $1155\text{ cm}^{-1}$  é relativo à deformação assimétrica de C-O-C, representando a presença de celulose e, pode ser observado seu destaque nos espectros da celulose purificada e metilcelulose. O espectro do bagaço de cana desse estudo foi comparado aos estudos de Miranda (2009), e o da celulose purificada com o da celulose comercial, apresentada nos estudos de Andrade *et al.* (2014). Percebeu-se a semelhança da presença e intensidade dos picos característicos por volta de  $3400$ ,  $2900$ ,  $1300$  e  $1100\text{ cm}^{-1}$ , comprovando a eficiência do branqueamento proposto nesse trabalho.

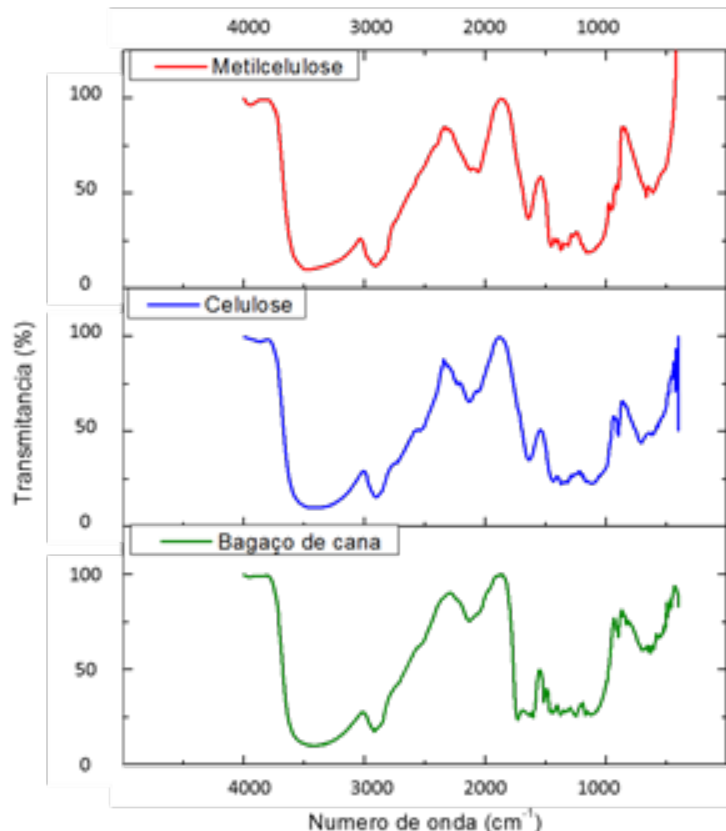


Figura 2 – Caracterização do bagaço de cana, da celulose e metilcelulose por FTIR.

**Termogravimetria (TGA):** As curvas termogravimétricas obtidas para o bagaço de cana in natura, celulose branqueada e metilcelulose encontram-se na Figura 3. Através destes gráficos observa-se em torno de 100°C a primeira perda de massa, a qual está ligada à perda de água. É possível observar que as três amostras possuem estabilidade térmica até próximo de 220°C. Segundo os estudos de Yang *et al.* (2007) e Liu *et al.* (2011), a hemicelulose se decompõe entre 220-315°C, a lignina entre 200-550°C e a celulose por volta de 327-450°C. Os autores também afirmam que a decomposição da lignina ocorre de maneira mais lenta quando comparada com a celulose. Os resultados obtidos nesse estudo apresentam coerência quando comparados aos dados da literatura. Sendo possível observar apenas para o bagaço de cana uma perda de massa de aproximadamente 34%, iniciada em 220°C, referente à hemicelulose e a lignina e, em seguida, uma perda de 48,7% relacionada à lignina e à celulose. Nos espectros da celulose e MC, por sua vez, a perda de massa é mais pronunciada e inicia-se a partir de 327°C, de quase 85% para a primeira e de 89% para a segunda, demonstrando que a presença de hemicelulose e lignina nesses materiais é quase nula. A curva termogravimétrica obtida no presente estudo apresentou características similares às da metilcelulose sintetizada e comparada à MC comercial por Rodrigues Filho *et al.* (2007) o que mostra que a síntese foi realizada de maneira eficiente.

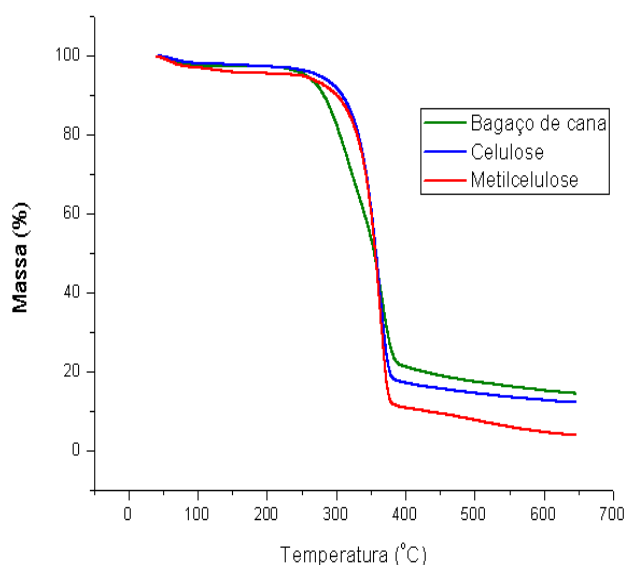


Figura 3 – Caracterização do bagaço de cana, da celulose e metilcelulose por termogravimetria.

## 4 | CONCLUSÃO

Através da condição de síntese proposta foi possível produzir metilcelulose a partir de celulose segregada e purificada provinda de bagaço de cana-de-açúcar, usando sulfato de dimetila em condições heterogêneas. Após caracterização e comparação do material com produtos comerciais foi comprovado à obtenção da metilcelulose com potenciais de aplicação e consequente agregação de valor a esta biomassa tão abundante no Brasil.

## REFERÊNCIAS

ALENCAR, K. **Análise do balanço entre demanda por etanol e oferta de cana de açúcar no Brasil. 2012.** Dissertação (Mestrado em Agroenergia) - Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2012.

ANDRADE, J.C.F.; SILVA, V.L.; CARVALHO, L.S.; OLIVEIRA, K.G.; COSTA, G.I.Q.; SILVA, E.G.; CÂMARA, A.B.F.; SILVA, T.M.G.; LIMA, R.R.S.; CAMPOS, L.M.A. **Obtenção da celulose oriunda do bagaço da cana de açúcar (Saccharum Officinarum) e caracterização por FTIR/DRX.** In: 54º CBQ. 2014.

CHERUBINI, F. **The biorefinery concept: using biomass instead of oil for producing energy and chemicals.** *Energy Conversion and Management*, v. 51, p. 1412–1421, 2010.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**, v. 1 – Safra 2014/15, n.3 – Terceiro Levantamento, Brasília, p. 1-27, dez. 2014. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em 12 de janeiro de 2015.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema.** 4ª ed. Editora Artmed, 2010.

KUMAR, A.; NEGI, Y.S.; BHARDWAJ, N.K.; CHOUDHARY, V. **Synthesis and characterization of**



**methylcellulose/PVA based porous composite.** *Carbohydrate Polymers*, v. 88, p. 1364-1372, 2012.

LI, Q.; RENNECKAR, S. **Supramolecular structure characterization of molecularly thin cellulose I nanoparticles.** *Biomacromolecules*, v. 12, p. 650-659, 2011.

LIU, Q.; ZHONG, Z.; WANG, S.; LUO, Z. **Interactions of biomass components during pyrolysis: A TG-FTIR study.** *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, v.90, p.213-218, 2011.

MIRANDA, I.C. **Aproveitamento energético a partir de resíduos de biomassa: bagaço e palha de cana-de-açúcar. 2009.** Dissertação. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

PANDA, H. **The complete book on gums and stabilizers for food industry.** Kamla Nagar - New Delhi: Editora Asia Pacific Business Press Inc, 106-E, 2010.

RABELO, S. C.; CARRERE, H.; MACIEL FILHO, R.; COSTA, A. C. **Production of bioethanol, methane and heat from sugarcane bagasse in a biorefinery concept.** *Bioresource Technology*, v. 102, p. 7887-7895, 2011.

RODRIGUES FILHO, G.; ASSUNÇÃO, R.M.N.; VIEIRA, J.G.; MEIRELES, C.S.; CERQUEIRA, D.A.; BARUD, H.S.; RIBEIRO, S.J.L.; MESSADDEQ, Y. **Characterization of methylcellulose produced from sugar cane bagasse cellulose: Crystallinity and thermal properties.** *Polymer Degradation and Stability*, v. 92, p. 205-210, 2007.

SALIM, C. S. **Otimização do branqueamento do bagaço de cana para a obtenção de metilcelulose.** 2016. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de Lorena, 2016.

SILVA, M.K.; MACHADO, N.R.C.F. **Influência da antraquinona no tempo e temperatura de cozimento de Eucalyptus grandis.** In: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, Florianópolis, 2014.

YANG, H.; YAN, R.; CHEN, H.; LEE, D.H.; ZHENG, C. **Characteristics of hemicelluloses, cellulose and lignin pyrolysis.** *Fuel*, v.86, p.1781-1788, 2007.

## **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 978-85-7247-236-4

