



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)

134 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

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

CAPÍTULO 1	1
ESTUDO E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL DA ENCAPSULAÇÃO DE RESÍDUOS DO ABATE DE AVES	
Caroline Machado da Silva Marlei Roling Scariot Leonardo da Silva Arrieche	
DOI 10.22533/at.ed.3641903041	
CAPÍTULO 2	8
OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DE VÍSCERAS DE FRANGO PARA OBTENÇÃO DE HIDROLISADOS PROTEICOS	
Tatiane Francini Knaul Schaline Winck Alberti Ana Maria Vélez	
DOI 10.22533/at.ed.3641903042	
CAPÍTULO 3	21
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	
DOI 10.22533/at.ed.3641903043	
CAPÍTULO 4	26
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	
DOI 10.22533/at.ed.3641903044	
CAPÍTULO 5	31
CONTROLE ANALÍTICO PARA FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA EM INDÚSTRIA CANAVIEIRA	
Douglas Ramos Alves Amanda Martins Aguiar Ana Paula Silva Capuci	
DOI 10.22533/at.ed.3641903045	

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

Luércio 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 CO₂ 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 α -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

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

Italo Iury de Souza Guida

Universidade Federal Do Maranhão,
Departamento de Engenharia Química
E-mail para contato: italojury15@gmail.com

Harvey Alexander Villa Vélez

Universidade Federal Do Maranhão,
Departamento de Engenharia Química

Audirene Amorim Santana

Universidade Federal Do Maranhão,
Departamento de Engenharia Química

Romildo Martins Sampaio

Universidade Federal Do Maranhão,
Departamento de Engenharia Química

RESUMO: A indústria de processamento de frutas exóticas tem crescido rapidamente no Brasil. A Juçara (*Euterpe edulis* Mart.) é abundante no território maranhense e apreciada para a produção de vários produtos. Este trabalho tem como objetivo estudar o comportamento reológico da polpa de juçara a diferentes temperaturas e concentrações. Para isto, análises reológicas foram realizadas para a polpa *in natura* e polpa diluída a 4°Brix através de um reômetro modelo DV-II + Pro, Brookfield, USA. Observou-se que a viscosidade aparente diminuiu com o aumento da taxa de deformação e da temperatura. Também foi observada uma relação diretamente proporcional entre a viscosidade e a concentração de sólidos

solúveis. O índice de comportamento do fluido calculado a partir do modelo da Lei da potência foi menor que 1, característica de um fluido pseudoplástico. Finalmente, observou-se a dependência do índice de consistência do fluido com a temperatura, que diminuiu com o aumento da mesma. A energia de ativação calculada pelo modelo de Arrhenius foi de 16,095 e 9,585 kJ/gmol para a polpa *in natura* e diluída, respectivamente.

1 | INTRODUÇÃO

A Juçara (*Euterpe edulis* Mart.) também conhecida como palmito-doce é bastante encontrada na Mata Atlântica e também no cerrado, perto dos cursos dos rios e matas úmidas, da Bahia ao Rio Grande do Sul e no Maranhão facilitando o contato direto com o fruto. Além de ter um sabor bastante apreciado, trata-se de um fruto refrescante, energético e rico em lipídios, vitamina A, ferro e água (MORTARA e VALERIANO, 2001).

A reologia é uma ciência que surgiu no início do século XX e tem como objetivo estudar a deformação e o escoamento dos materiais. O estudo reológico prediz a força necessária para causar uma deformação ou escoamento de um corpo resultado da aplicação de um dado sistema de forças que podem ser de

compressão, tração ou cisalhamento. Com isso manipular produtos derivados das frutas na indústria requer o uso da polpa da fruta, na qual é submetida aos processos industriais como bombeamento, agitação, transporte através de tubulações, evaporação entre outros. Para que essas operações unitárias sejam economicamente viáveis, é indispensável o conhecimento das propriedades físicas e químicas da polpa do fruto a ser processado. O comportamento reológico por sua vez, destaca-se por ser útil não apenas como medida de qualidade, mas também em projetos, avaliação e operação de equipamentos processadores de alimentos (SILVA et al, 2005).

Este trabalho tem como objetivo estudar o comportamento reológico da polpa de Juçara Maranhense em função da temperatura e do teor de sólidos solúveis, visando seu melhor processamento e aproveitamento a nível industrial.

2 | MATERIAIS E MÉTODO

A polpa de Juçara foi adquirida no mercado local da cidade de São Luís, MA. O fruto foi moído no momento da compra e a polpa foi preparada e colocada dentro de sacos de polietileno de 100g. Após isso, a polpa foi armazenada em um freezer vertical a -20°C (modelo CRM33, Consul, Brasil) para posterior uso na pesquisa.

2.1 Caracterização reológica e modelagem matemática

O comportamento reológico da polpa de juçara foi analisado nas temperaturas de 10, 35 e 60 °C na sua forma integral e diluída com um teor de sólidos solúveis de 4 (°Brix). As medidas reológicas foram realizadas em um reômetro (modelo DV-II + Pro, Brookfield, USA), utilizando um spindle LV3(63). Um banho termostático (modelo ALB 250 C, Tecnal, Brasil) foi utilizado para manter as temperaturas durante os experimentos. A análise reológica para cada temperatura foi realizada na taxa de deformação crescente de 0,33 a 3,33 s⁻¹. Para cada temperatura foi empregada uma amostra de Juçara adequada à temperatura de estudo.

Para obtenção dos parâmetros reológicos e para determinação do seu comportamento, utilizou-se o modelo da Lei da Potência (Equação 1) e a viscosidade para fluidos não newtonianos (Equação 2).

$$\tau = k\gamma^n \quad (1)$$

$$\mu = k\gamma^{n-1} \quad (2)$$

onde τ é a tensão de cisalhamento (Pa), μ é a viscosidade dinâmica (Pa.s), n é o índice de comportamento (adimensional), γ é a taxa de deformação (s⁻¹) e, k é o índice de consistência (Pa.s) (GENOVESE e LOZANO, 2007). Além disso, através deste

modelo foi estudado o efeito da temperatura na concentração de sólidos através da relação de Arrhenius, como mostrado na Equação 3.

$$\eta = A_0 \exp\left(\frac{E_a}{R(T + 273.15)}\right) \quad (3)$$

onde A_0 é uma constante empírica, η é a viscosidade aparente (mPa.s), E_a é a energia de ativação (J/mol), R é a constante universal dos gases (8.314 J/mol K) e T é a temperatura (°C).

A modelagem matemática foi realizada com o auxílio da ferramenta Solver do software Microsoft Excel (Microsoft, Redmond, EUA). O coeficiente de correlação e o erro médio relativo (MRE , %) descrito na Equação 4, foram usados para validar o ajuste do modelo.

$$MRE = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^m \frac{|Y_i - Y_i^*|}{Y_i^*} \quad (2)$$

onde, Y e Y^* representam os valores experimentais e calculados, respectivamente, m é o número de valores experimentais.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Reogramas para a polpa de juçara *in natura* e diluída a 4(°Brix)

Na Figura 1 estão apresentados os dados da viscosidade aparente experimental e teórica calculada a partir da Equação 2 para a polpa de Juçara *in natura* e diluída a 4(°Brix). A viscosidade aparente está em função da taxa de cisalhamento para as temperaturas de 10, 35 e 60°C.

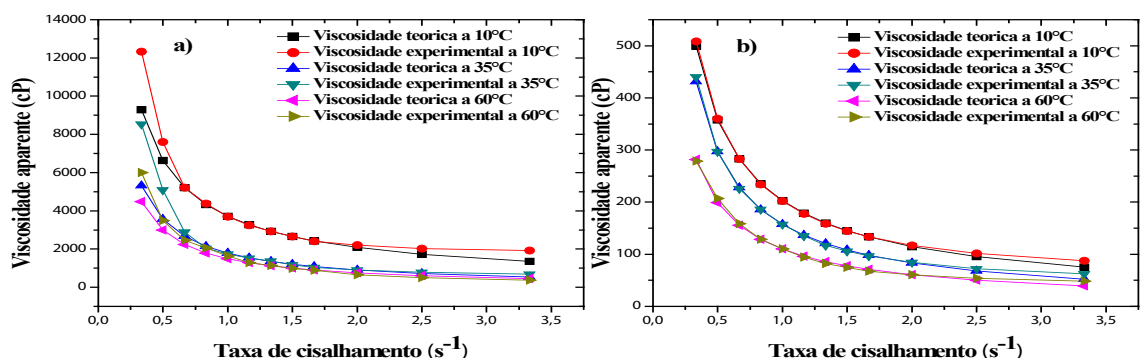


Figura 1 – Viscosidade aparente para a polpa de Juçara *in natura* a) e diluída b).

Observamos na Figuras 1 que o comportamento da viscosidade aparente não variou muito na polpa de Juçara a 4 (°Brix). Já na polpa *in natura*, pode-se observar uma maior variação da viscosidade aparente com o aumento da taxa de deformação. Em ambos os casos (polpa *in natura* e a 4 °Brix), percebe-se o bom ajuste do modelo da Lei da Potência aos dados experimentais apesar do reograma para a polpa *in natura* ter se comportado um pouco menos uniforme que para a polpa diluída.

O decréscimo na viscosidade aparente significa que a resistência das amostras ao escoamento e a energia requerida para mantê-los a uma alta taxa de deformação é reduzida. Reduções de viscosidade com o aquecimento também são reportadas em VIDAL et al., (2000) trabalhando com polpa de manga. A viscosidade aparente também depende da temperatura. As menores viscosidades foram observadas na temperatura mais altas (60 °C). Os coeficientes de ajuste (n , k), a temperatura de trabalho (T) e os parâmetros estatísticos (R^2 , MRE) estão apresentados na Tabela 1.

3.2 Modelagem dos parâmetros reológicos e análise matemática para a polpa de Juçara

Com o bom ajuste dos reogramas ao modelo da lei da potência no qual observamos um bom coeficiente de correlação (R^2), onde em todas as temperaturas o mesmo foi maior que 0,928 e o MRE percentual menor que 10%, com exceção apenas das temperaturas de 35 e 60°C para a polpa *in natura*, cujo MRE = 10,10% e 10,52%, podemos então usar a modelagem matemática para calcular os parâmetros reológicos com uma boa precisão e então classificar nosso fluido quanto a sua natureza.

Ainda ao MRE, podemos associar esse erro a convecção natural que age sobre o banho termostático durante os experimentos, no qual mesmo sendo pequena a variação de temperatura devido a bom controle do banho, ela ainda interfere nas leituras do reômetro. Com isso, podemos então calcular o índice de comportamento do fluido e o índice de consistência que estão apresentados na Tabela 1.

Polpa	T (°C)	k (mPa.s ⁿ)	n	R ²	MRE (%)
In natura	10	3716,54	0,170	0,966	7,47
	35	1793,06	0,010	0,964	10,10
	60	1495,86	0,001	0,993	10,56
Diluída (4°Brix)	10	202,66	0,179	0,998	2,31
	35	157,16	0,080	0,998	2,93
	60	109,99	0,143	0,996	4,07

Tabela 1 - Parâmetros reológicos do modelo da lei da potência para a polpa de Juçara *in natura* e diluída a 4 (°Brix), onde k é o índice de consistência (mPa.sⁿ), n é o índice de comportamento do fluido (adimensional) e MRE é o erro médio relativo (%)

Analisando os parâmetros reológicos, podemos então dizer que a polpa de

Juçara Maranhense integral e diluída apresentou um comportamento de fluido pseudoplástico não-Newtoniano já que o índice de comportamento foi menor que 1. O mesmo comportamento pseudoplástico foi encontrado em um estudo anterior realizado com a polpa de cenoura pasteurizada (VANDRESEN et al., 2009). Ainda na Tabela 1, percebemos que o índice de comportamento do fluido não variou muito, contudo, o índice de consistência foi diminuindo com aumento da temperatura e com a diminuição da concentração de sólidos solúveis. Observamos então que o (k) é diretamente ligado a concentração de sólidos solúveis e a temperatura, onde, nota-se claramente sua dependência. Observamos então uma manutenção do comportamento pseudoplástico, já que o n não mudou significativamente da polpa *in natura* para a diluída.

Podemos perceber portanto que de modo geral, as polpas de frutas mostram um comportamento pseudoplástico. Esses fluidos apresentam uma diminuição da tensão de cisalhamento com o aumento da taxa de cisalhamento, que depende principalmente da orientação/alinhamento das moléculas ou partículas na direção do fluxo (VRIESMANN, 2008).

3.3 Efeito da temperatura no comportamento reológico e avaliação da energia de ativação pela equação de Arrhenius

Para descrever o comportamento de escoamento da polpa de Juçara em função da temperatura utilizou-se a equação de Arrhenius, Equação 3. Linearizando a Equação 3 e aplicando a função \ln em ambos os lados da equação, obtivemos os valores experimentais de \ln (viscosidade aparente) versus temperatura (K^{-1}). Podemos assim observar as taxas de deformação constantes na Figura 2 para a polpa *in natura* e diluída. Podemos ainda observar os parâmetros obtidos nos ajustes na Tabela 2.

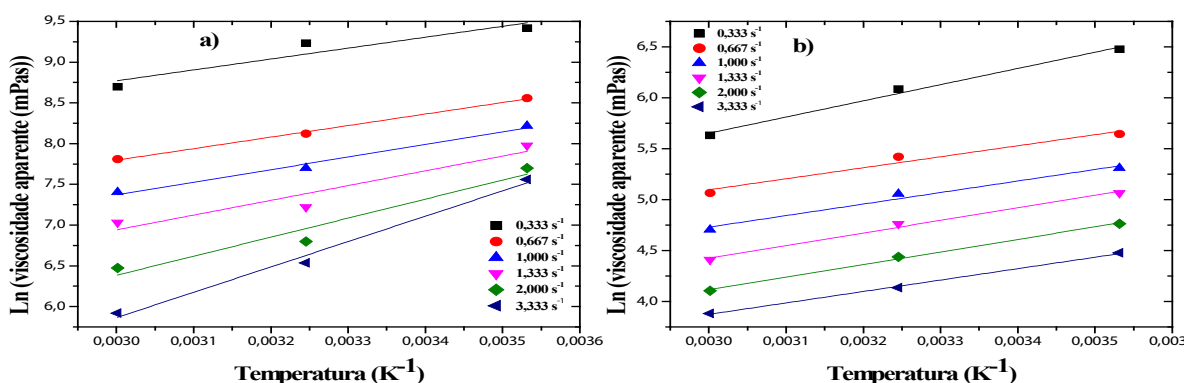


Figura 2 – Efeito da temperatura para a polpa de juçara a) *in natura* e b) diluída em diferentes taxas de deformação.

Observa-se na Tabela 2 que a energia de ativação foi em média igual a 16,095kJ/gmol ($R^2= 0,986$) para a polpa *in natura* e 9,585 kJ/gmol ($R^2= 0,970$) para a polpa diluída e estão de acordo com o encontrado na literatura para polpas de fruta.

Polpa	Taxa de deformação (s ⁻¹)	Ea/R	R ²	Ea (kJ/gmol)
In natura	0,333	1356,7	0,99	11279,6038
	0,667	1431,9	0,98	11904,8166
	1,000	1567,4	0,98	13031,3636
	1,333	1811,3	0,99	15059,1482
	2,000	3111,5	0,99	25869,011
	3,333	2336,7	0,99	19427,3238
Média		1935,91	0,986	16,095
Diluída (4°Brix)	0,333	1114,8	0,98	9268,4472
	0,667	1081,5	0,93	8991,591
	1,000	1132,1	0,95	9412,2794
	1,333	1231,0	0,98	10234,534
	2,000	1236,3	0,99	10278,5982
	3,333	1121,8	0,99	9326,6452
Média		1152,91	0,970	9,585

Tabela 2 – Parâmetros da equação de Arrhenius há diferentes taxas de deformação para a polpa de Juçara in natura e diluída

Os resultados indicam uma diminuição da energia de ativação da polpa de Juçara quando a concentração de sólidos solúveis é menor. Esse comportamento era esperado, pois quanto maior a concentração, maior será a energia mínima necessária para fazer com que o fluido escoe. Isso acontece porque em concentrações elevadas da polpa, existem quantidades de compostos como proteínas, vitaminas entre outros nutrientes que interagem entre si com maior facilidade quando comparado a polpa diluída através de cargas elétricas, o que faz com que a viscosidade do fluido aumente devido ao empacotamento das moléculas.

4 | CONCLUSÃO

Analisando os resultados obtidos a partir do estudo da polpa de Juçara, pode-se concluir que a viscosidade aparente e a energia de ativação se comportaram de forma semelhante ao encontrado na literatura para polpa de fruta.

Observa-se ainda que os dados experimentais da tensão de cisalhamento e da taxa de deformação da polpa de Juçara *in natura* e diluída se ajustaram bem ao modelo da Lei da Potência, o que indicou que tanto a polpa *in natura*, quanto a diluída, apresentaram comportamento de um fluido não-newtoniano do tipo pseudoplástico, no qual, só foi possível fazer essa classificação a partir da modelagem matemática em que o índice de comportamento do fluido foi menor que 1.

Por último, observou-se que quando mais concentrada é a polpa de juçara, maior será a energia de ativação mínima para que o fluido em questão escoe. Portanto, foi possível cumprir os objetivos desse estudo quanto ao estudo reológico e dependência

da temperatura e concentração de sólidos solúveis para a polpa de Juçara.

REFERÊNCIAS

- COSTA, F. Q. Viabilidade de uso de um misturador para a análise de propriedades reológicas de produtos alimentícios. 115f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP, 2007.
- GENOVESE, D.B.; LOZANO, J.E.; RAO, M.A. The rheology of colloidal and noncolloidal food dispersions, *Journal of Food Science*, v. 72, p. 11-20, 2007.
- MORTARA, M. O.; VALERIANO, D. M. Modelagem da distribuição potencial do palmitero (*Euterpe edulis martius*) a partir de variáveis topográficas. In: *Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto*, 10. (SBSR)., 2001, Foz do Iguaçu, São José dos Campos: INPE, 2001.
- SILVA, F.C.; GUIMARÃES, D. H. P.; GASPARETTO, C.A. Reologia do suco de acerola: efeitos da concentração e temperatura. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 25, n.1, p.121-126, jan.-mar., 2005.
- VANDRESEN, S.; MARA, G.N. Q.; JOSE, A.R.S.; DACHAMIR, H. Temperature effect on the rheological behavior of carrot juices, *Journal of Food Engineering*, v. 92, n. 3, p.269-274, Jun. 2009.
- VIDAL, J.R.M.B.; GASPARETTO, C.A.; GRANDIN, A. Efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de manga. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, v.1, n.2, p.69-76, 2000.
- VRIESMANN, L. C. Extração, caracterização e aspectos reológicos de polissacarídeos da polpa dos frutos de *theobroma grandiflorum*. Dissertação (Mestrado em Bioquímica de alimentos) – Universidade Federal do Paraná. 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 978-85-7247-236-4

