



Impactos das  
Tecnologias na  
Engenharia Química 2

Carmen Lúcia Voigt  
(Organizadora)

**Atena**  
Editora

Ano 2019

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](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<br>Marlei Roling Scariot<br>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<br>Schaline Winck Alberti<br>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<br>Isabelle Cunha Valim<br>Vinnicius Ferraço Brant<br>Alex Queiroz de Souza<br>Ana Rosa Fonseca de Aguiar Martins<br>Cecília Vilani<br>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<br>Euclides Antônio Pereira de Lima<br>Ana Cláudia Chesca<br>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<br>Amanda Martins Aguiar<br>Ana Paula Silva Capuci   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.3641903045</b>   |           |

|  |            |
|--|------------|
| <b>CAPÍTULO 6</b> .....  | <b>43</b>  |
| UTILIZAÇÃO DE ALGORITMOS GENÉTICOS PARA OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE DESLIGNIZAÇÃO DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR COM PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO   |            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Isabelle Cunha Valim</li> <li>Anna Alves da Silva Vieira</li> <li>Vinnicius Ferraço Brant</li> <li>Alex Queiroz de Souza</li> <li>Ana Rosa Fonseca de Aguiar Martins</li> <li>Cecília Vilani</li> <li>Brunno Ferreira dos Santos</li> </ul> |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.3641903046</b>   |            |
| <b>CAPÍTULO 7</b> .....  | <b>49</b>  |
| SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE METILCELULOSE A PARTIR DE BAGAÇO DE CANA   |            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Luís Fernando Figueiredo Faria</li> <li>Cláudia dos Santos Salim</li> <li>Luís Gustavo Ferroni Pereira</li> <li>Elisângela de Jesus Cândido Moraes</li> </ul>   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.3641903047</b>   |            |
| <b>CAPÍTULO 8</b> .....  | <b>56</b>  |
| ESTUDO CINÉTICO DA PRODUÇÃO DE HIDROMEL PELAS CEPAS <i>Saccharomyces cerevisiae</i> Lalvin 71b 1122 e <i>Saccharomyces bayanus</i> RED STAR PREMIER BLANK  |            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Ana Katerine de Carvalho Lima Lobato</li> <li>Lucas Gois Brandão</li> <li>Victor Hoffmann Barroso</li> </ul>  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.3641903048</b>   |            |
| <b>CAPÍTULO 9</b> .....  | <b>73</b>  |
| FILTRAÇÃO APLICADA AO PROCESSO DE CONCENTRAÇÃO DA VINHAÇA  |            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Fernando Oliveira de Queiroz</li> <li>Jéssica Oliveira Alves</li> <li>Marcelo Bacci da Silva</li> </ul>   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.3641903049</b>   |            |
| <b>CAPÍTULO 10</b> .....   | <b>95</b>  |
| CARACTERIZAÇÃO E TRATAMENTO, EM ESCALA INDUSTRIAL, DO LICOR NEGRO GERADO PELA ETAPA DE DESLIGNIFICAÇÃO DO ALGODÃO  |            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Lucrecio Fábio dos Santos</li> <li>Flávio Teixeira da Silva</li> <li>Teresa Cristina Brasil de Paiva</li> </ul>   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.36419030410</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 11</b> .....   | <b>111</b> |
| <i>Saccharomyces cerevisiae</i> FED-BATCH FERMENTATION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHOD FOR ADJUSTING MODEL PARAMETERS TO EXPERIMENTAL DATA  |            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Marco César Prado Soares</li> <li>Gabriel Fernandes Luz</li> <li>Aline Carvalho da Costa</li> <li>Matheus Kauê Gomes</li> <li>Beatriz Ferreira Mendes</li> <li>Lucimara Gaziola de la Torre</li> <li>Eric Fujiwara</li> </ul>               |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.36419030411</b>  |            |

**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 Higino  
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 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

Universidade Salvador, Escola de Arquitetura,  
Engenharia e TI

Universidade Federal da Bahia, Programa de Pós-  
graduação em Engenharia Química

Salvador – Bahia

### Lucas Gois Brandão

Universidade Salvador, Escola de Arquitetura,  
Engenharia e TI

Salvador – Bahia

### Victor Hoffmann Barroso

Universidade Salvador, Escola de Arquitetura,  
Engenharia e TI

Salvador – Bahia

**RESUMO:** O hidromel é uma bebida alcoólica muito apreciada em diversas culturas e teve um papel importante na história humana. Os primeiros relatos sobre essa bebida datam por volta de 1700 a 1100 anos a.c. No Brasil, a consumo de hidromel vem crescendo e com isso a necessidade desenvolver de estudos sobre essa bebida. Este trabalho visa avaliar a eficiência das leveduras *Saccharomyces cerevisiae* Lalvin 71b 1122 e *Saccharomyces bayanus* Red Star Premier Blank na produção de hidromel. Para isso foram realizados cultivos em batelada utilizando um fermentador de 1,5L e avaliado a evolução dos perfis de concentração de células, substratos e produto, como também

os parâmetros fermentativos de produtividade e fatores de conversão. A cepa que apresentou maior produtividade em biomassa ( $0,0072 \text{ g.L}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ), em produto ( $0,3635 \text{ g.L}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ), como também os maiores fatores de conversão ( $Y_{X/S} = 0,0128$ ,  $Y_{X/P} = 0,0280$  e  $Y_{P/S} = 0,4576$ ) foi a *S. cerevisiae* Lalvin 71b-1122. Pela análise das curvas de ajustes foi possível concluir que é possível reduzir a concentração de açúcares iniciais como também o tempo de fermentação.

**PALAVRAS-CHAVES:** hidromel, cinética, *Saccharomyces cerevisiae* Lalvin 71b 1122, *Saccharomyces bayanus* Red Star Premier Blank .

**ABSTRACT:** Mead is an alcoholic beverage widely appreciated in many cultures and has played an important role in human history. The earliest reports on this drink date from about 1700 to 1100 years a.c. In Brazil, the consumption of mead is increasing and it is necessary that studies on this beverage be developed. This work aims to evaluate the efficiency of the yeasts *Saccharomyces cerevisiae* Lalvin 71b 1122 and *Saccharomyces bayanus* Red Star Premier Blank in the production of mead. For this, batch cultures were carried out in a 1.5L fermenter and the evolution of the cell, substrate and product concentration profiles was evaluated, as well as the fermentative parameters of productivity and conversion factors. The strain with the highest

biomass yield ( $0.0072 \text{ g.L}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ), in product ( $0.3635 \text{ g.L}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ), as well as the highest conversion factors ( $Y_{X/S} = 0.0128$ ,  $Y_{X/P} = 0.0280$  e  $Y_{P/S} = 0.4576$ ) was *S. cerevisiae* Lalvin 71b-1122.

**KEYWORDS:** Mead, kinetic, *Saccharomyces cerevisiae* Lalvin 71b 1122, *Saccharomyces bayanus* Red Star Premier Blank

## 1 | INTRODUÇÃO

O hidromel é uma bebida alcoólica que contém entre 8 e 18% de álcool por volume, sendo produzido através da fermentação, realizada por leveduras (IGLESIAS *et al.*, 2014). Ao longo do processo de fermentação, as leveduras são afetadas por uma sucessão de condições de estresse que afetam sua viabilidade e eficiência de fermentação (BORGES, 2008). Entre as condições de estresse as mais relevantes são a alta concentração de açúcar, o baixo pH no mosto, a temperatura e, à medida que a fermentação progride, o acúmulo de etanol no meio fermentado (BORGES, 2008). É de suma importância utilizar uma levedura que, em meio às condições de estresse, possua uma boa eficiência na fermentação. Essa eficiência pode ser mensurada a partir de estudos dos parâmetros cinéticos da fermentação (VIEGAS, 2003).

O estudo da cinética dos processos é fundamental para o entendimento das transformações que ocorrem durante a fermentação, e tem o objetivo básico de quantificar a taxas de crescimento celular, de consumo de substrato e formação de produtos (VIEGAS, 2003). Dessa maneira, o estudo cinético se mostra vital nas tomadas de decisão para a produção de hidromel. Por exemplo, escolher um tipo de levedura baseado nesse estudo aumenta a eficiência do processo, diminuindo custos e otimizando a produção.

O campo da cinética de fermentação já vem sendo explorado. Gomes e Barradas (2013) teve como objetivo, comparar as leveduras *Saccharomyces cerevisiae* Fermol® Reims Champagne e ICV® D47 e descobrir em quais condições a fermentação apresenta os melhores resultados para otimização da produção de hidromel. Para isso foi comparado o consumo de substrato (glicose e frutose), crescimento populacional e produção de etanol, ácido acético e glicerol. Os autores concluíram que a cepa Fermol® Reims Champagne à uma temperatura entre 24°C e 29°C e uma concentração de sais entre 85 e 100  $\text{g.L}^{-1}$  obteve os melhores rendimentos de etanol, bem como de ácido acético.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a cinética da fermentação alcoólica na produção do hidromel pelas cepas *Saccharomyces cerevisiae* Lalvin 71b 1122 e *Saccharomyces bayanus* Red Star Premier Blank.

## 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Histórico do hidromel

Segundo a literatura arqueológica, a origem do hidromel provavelmente vem dos países Africanos, de onde logo foi levado para as regiões da bacia mediterrânea e para alguns países da Europa, desempenhando um papel importante nas antigas civilizações. Esses povos acreditavam que essa bebida, apreciada por nobres e deuses, forneceria imortalidade, conhecimento, virilidade, fertilidade e força (IGLESIAS *et al.*, 2014).

A primeira descrição sobre o hidromel foi citada no *Rifved*, livros dos Hinos, a sua escritura foi por volta de 1.700 a 1.100 a.C., sendo o documento mais antigo da literatura hindu. Assim como este documento, houveram outros relatos sobre hidromel em outras regiões, como os escritores romanos *Lucius Junius Moderatus (Columella)* relata-se ao dedicar a agricultura, em seu livro *De re Rustica* (42 d.C.) e o naturalista *Plínio (Velho)*, em sua obra *Naturalis Historia* (77 d.C.), onde relata a utilização do mel para a produção do hidromel, descrevendo detalhadamente o processo tradicional da bebida (IGLESIAS *et al.*, 2014).

### 2.2 Legislação brasileira para hidromel

O hidromel, segundo o Decreto nº 6.871 de 4 de julho de 2009, "... é a bebida com graduação alcoólica de 4 a 14 % em volume, 20 °C, obtida pela fermentação alcoólica de solução de mel de abelha, sais nutrientes e água potável" (BRASIL, 2012). A Instrução Normativa nº 34 de 29 novembro de 2012 estabelece os parâmetros legais para o hidromel, além de ressaltar que não é permitido o uso de açúcar (sacarose) para a elaboração dessa bebida (BRASIL, 2012). De acordo com este instrumento legal, o hidromel pode ser classificado em seco ou suave, de acordo com a quantidade de açúcar na bebida, como mostrado na Tabela 1 (BRASIL, 2012). O hidromel em sua fermentação possui uma quantidade aceitável de ácido acético, comumente chamada de acidez volátil, o limite máximo aceito é de 20 mEq L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2012). A acidez fixa, que corresponde aos ácidos tartárico, sulfúrico, cítrico entre outros, representam os ácidos que não são arrastados pelo vapor da água, e seu limite mínimo dentro da legislação é de 30 mEq L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2012). Pode-se conferir que para a acidez total, proveniente dos ácidos orgânicos, onde seu valor é determinado pela soma da acidez fixa e a acidez volátil, tem-se um limite classificado pela legislação brasileira, que varia entre 50 a 130 mEq L<sup>-1</sup>(BRASIL, 2012). A água usada para a produção de hidromel tem uma quantidade aceitáveis de cloro, tendo 0,5 o seu limite máximo em g L<sup>-1</sup>. Na produção da bebida alcoólica é utilizada uma pequena quantidade de anidrido sulfuroso para aumentar o tempo de prateleira do produto, sendo que o máximo para hidromel é de 0,35 g L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2012). As cinzas ou extrato seco total se referem a matéria orgânica e inorgânica não volátil tendo um limite mínimo de 1,5 g.L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2012).

Enquanto o extrato seco reduzido é apenas o extrato seco total menos a quantidade de açúcares totais, tendo um limite mínimo de 7 g.L<sup>-1</sup> para o hidromel (BRASIL, 2012).

| Parâmetros  | Limite mínimo | Limite máximo | Classificação |
|---|---------------|---------------|---------------|
| Acidez volátil (mEq.L <sup>-1</sup> )             | ---           | 20            |               |
| Acidez fixa (mEq.L <sup>-1</sup> )                | 30            | ---           |               |
| Acidez total (mEq.L <sup>-1</sup> ) <sup>-1</sup> | 50            | 130           |               |
| Cloretos totais (g.L <sup>-1</sup> )              | ---           | 0,5           |               |
| Anidrido sulfuroso (g.L <sup>-1</sup> )           | ---           | 0,35          |               |
| Cinzas (g.L <sup>-1</sup> )                       | 1,5           | ---           |               |
| Extrato seco reduzido (g.L <sup>-1</sup> )        | 7             | ---           |               |
| Gradação alcoólica (% v/v) a 20°C                 | 4             | 14            |               |
| Teor de açúcar (g.L <sup>-1</sup> )               | >3            | ≤3            | Seco<br>Suave |

Tabela 1. Parâmetros legais para o hidromel.

Fonte: Instrução normativa nº 34 (Brasil, 2012).

## 2.3 Processo de produção do hidromel

O hidromel é produzido segundo as etapas apresentadas no fluxograma da Figura 1 e descritas nos itens subsequentes.

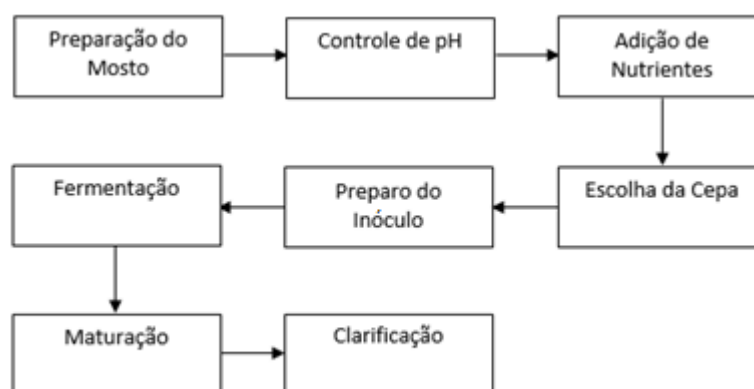


Figura 1. Fluxograma do processamento do hidromel (GOMES; BARRADAS, 2013).

### 2.3.1 Preparação do mosto

O mel é a principal matéria-prima na produção de hidromel, ele influencia diretamente nas características do mesmo (RAMALHOSA *et al.*, 2011). Entretanto, para se produzir hidromel, deve-se diluir o mel utilizando água para evitar complicações na fermentação (SROKA; TUSZYŃSKI, 2007). As diluições (mel:água) mais usuais são 1:0,5; 1:1; 1:2 e 1:3 (v/v). Nas misturas que contêm concentrações mais elevadas de açúcar (1:0,5 e 1:1) pode ocorrer a inibição da levedura, devido à elevada pressão osmótica. Dessa forma, é necessário fracionar a quantidade de mel antes do processo de fermentação (SROKA; TUSZYŃSKI, 2007). Caso o mel esteja cristalizado, pode

ser aquecido até 60 ou 65 °C para sua liquefação, antes da sua diluição em água.

### 2.3.2 Controle Do PH

É importante manter o pH do mosto entre 3,7 a 4,0 para iniciar a fermentação. Para isso são posto alguns aditivos como bicarbonato de potássio que irão regular essa faixa. Manter o pH na faixa ideal favorecerá o crescimento das leveduras e promoverá o equilíbrio da acidez fixa na bebida final (SCHMIDELL, 2001).

### 2.3.3 Adição de nutrientes

Mesmo com a quantidade nutricional do mel, sua composição não chega a ser suficiente para nutrir a levedura usada no processo de fermentação da bebida, logo há uma necessidade de incluir ingredientes para a eficácia da taxa de produção. Geralmente são utilizados tartarato de potássio, fosfato de diamônio, cloreto de amônia, bicarbonato de potássio, ácido cítrico entre outros sais que são utilizados não só para regulação do pH do processo mas também para nutrição da levedura devido à falta de nutrientes do mel (GUPTA; SHARMA, 2009).

### 2.3.4 Escolha da cepa

Existem vários tipos de leveduras que podem ser usadas para produção de hidromel, porém as cepas usualmente utilizadas são as de produção de vinho ou cerveja, visando garantir um sabor e aroma agradável a bebida (SCHULLER; CASAL, 2005). As mais comuns a serem utilizadas são as cepas da espécie *Saccharomyces cerevisiae*, mas outras espécies como *Saccharomyces bayanus* também podem ser utilizadas devido aos resultados próximos na fermentação e de suas características como resistência ao álcool e capacidade de processar ácidos málicos (GUAN, 2013).

Existem empresas especializadas em oferecer cepas específicas para fermentação. As empresas LALVIN e Red Star tem uma variedade de cepas que podem ser escolhidas para produção de hidromel. Uma delas é a cepa *Saccharomyces cerevisiae* Lalvin 71b 1122 pois apresenta a capacidade de processar ácidos málicos, sua necessidade nutricional é baixa, sua fermentação pode ocorrer nas temperaturas de 15 a 30°C e durante a fermentação o mosto pode atingir um teor alcoólico de até 14%. Outra cepa de interesse para produção de hidromel é a *Saccharomyces bayanus* Red Star Premier Blank, que tem a capacidade de sobreviver a mostos altamente densos e alcoólicos, possui uma média necessidade nutricional, sua fermentação é de alta velocidade, a faixa de temperatura da fermentação é entre 15 a 30°C, e o mosto fermentado pode atingir 18% de teor alcoólico.

### 2.3.5 Preparo do inóculo

A liofilização é um processo que tem por objetivo estabilizar os produtos (diminuição da atividade de água) através de uma série de operações em que o material é submetido durante o processamento: congelamento, sublimação, secagem a vácuo e armazenagem do produto. Assim obtêm-se produtos de qualidade superior, fácil reconstituição (hidratação) e longa vida de prateleira (OETTERER, 2006). As empresas Lalvin e Red Star utilizam dessas técnicas para aumentar a vida útil de seus produtos. Entretanto é necessário a reidratação do fermento para realização da fermentação (LALVIN, 2001).

### 2.3.6 Fermentação

A fermentação alcoólica é um processo biológico no qual açúcares como a glicose, frutose e sacarose são convertidos em energia celular com produção de etanol e dióxido de carbono como resíduos metabólicos. Como este processo pode ser realizado sem a presença de oxigênio é considerado um processo anaeróbico. No processo fermentativo, é de suma importância conhecer todas as suas características como o comportamento da célula viva (substrato) que iremos utilizar, bem como o produto que queremos gerar a partir do substrato. Sendo assim, necessário ter total controle dos requisitos mínimos para que o bioprocessamento ocorra, como a esterilidade do meio, agitação e aeração empregada sem que ocorra o cisalhamento, temperatura, pH, nutrição e um rápido e eficiente sistema de limpeza (BENZ, 2011). Os biorreatores operam apenas com células vivas ou enzimas (microbiana, animais ou vegetais) que se comportam de maneiras diferentes mesmo com a utilização da mesma cepa, uma vez que pode ser influenciado pela sua via metabólica, o que irá alterar a produtividade e gerar diferentes produtos. O biorreator mais utilizado é o reator de tanque agitado (BENZ, 2011). O processo fermentativo geralmente é realizado a 18°C, usado geralmente a espécie *Saccharomyces cerevisiae* (GUPTA; SHARMA, 2009). Porém, segundo Iglesias *et al.* (2014) as produções mais rápidas são realizadas a 25°C. Todavia altas velocidades de reação nem sempre significa qualidade sensorial do produto. O tempo de fermentação pode durar até 80 dias dependendo das condições em que a levedura se encontra e da quantidade de álcool requerida (IGLESIAS *et al.*, 2014).

### 2.3.7 Maturação

Depois de fermentado, o hidromel é colocado em um estado de repouso para que entre em seu estado de maturação, onde a temperatura é reduzida, entre 0 a 5°C, para que os microorganismos entrem num estado de inatividade e possam se sedimentar para, posteriormente, serem separados da bebida (GUPTA; SHARMA,



2009). A maturação tem um tempo variado de duração, irá depender do tipo de hidromel produzido, sendo que, o hidromel tradicional necessita de um período de 2 a 8 semanas de maturação (GUPTA; SHARMA; 2009).

### 2.3.8 Clarificação

No hidromel após sua maturação, nem todas as partículas de levedura e materiais suspensos foram decantados, então é empregado o método de filtração e uso de agentes clarificantes. Diversos agentes podem ser aplicados, como a argila bentonita, para uma sedimentação de partículas insolúveis na bebida, permitindo uma clarificação do produto (GUPTA; SHARMA, 2009).

## 2.4 Cinética de processos fermentativos

O estudo cinético da fermentação alcoólica se mostra de suma importância para compreensão, otimização e ampliação de escala do processo fermentativo. Para isso é necessário quantificar a variação dos principais componentes do sistema ao longo do tempo de processo visando a geração das curvas de ajustes e o cálculo dos parâmetros cinéticos, como produtividades e fatores de conversão.

Para ser avaliada a produtividade em biomassa e em produto é necessário identificar o ponto de maior concentração dessas variáveis ( $X_m$  e  $P_m$ , respectivamente) no processo e comparar com o ponto inicial da produção ( $X_0$  e  $P_0$ ), e podem ser calculadas pelas Equações 1 e 2:

$$P_X = \frac{X_m - X_0}{t_f} \quad \text{Equação 1} \quad P_P = \frac{P_m - P_0}{t_{fp}} \quad \text{Equação 2}$$

Onde  $t_f$ ,  $t_{fp}$  não são necessariamente iguais. Considera-se que a concentração inicial do produto é desprezível frente ao seu valor final ou máximo, (SCHMIDELL *et al.*, 2001). Essas unidades são dadas em (massa) x (volume)<sup>-1</sup> x (tempo)<sup>-1</sup>.

Outros parâmetros a serem analisados são os fatores de conversão, que correlacionam os valores de reprodução do microrganismo, o consumo de substrato e a formação de produto em um determinado tempo  $t$  de fermentação. Os quais são definidos pelas Equações 3, 4, 5:

$$Y_{X/S} = \frac{X - X_0}{S_0 - S} \quad \text{Equação 3} \quad Y_{X/P} = \frac{X - X_0}{P - P_0} \quad \text{Equação 4} \quad Y_{P/S} = \frac{P - P_0}{S_0 - S}$$

## 3 | METODOLOGIA

A metodologia aplicada no trabalho foi dividida em 5 etapas: limpeza dos materiais, preparação do mosto, preparo do inóculo, fermentação e as análises quantitativas. Essa última etapa é dividida em 3 sub-etapas que visam quantificar o teor de sólidos

solúveis, teor alcoólico e crescimento celular. As etapas de maturação e clarificação não foram incluídas, pois elas não interferem nos estudos cinéticos. A Figura 2 ilustra o fluxograma com as principais etapas do trabalho.

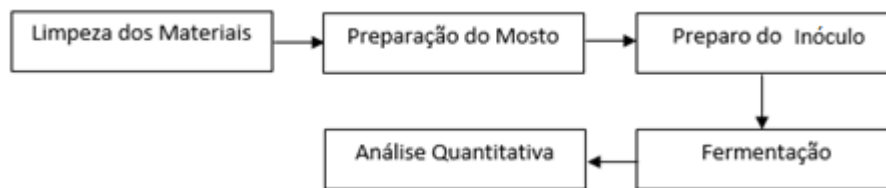


Figura 2. Fluxograma das etapas realizadas no trabalho.

### 3.1 Limpeza dos materiais

Todos os equipamentos e materiais que entraram em contato com o meio de cultura e seus componentes ou a levedura foram devidamente lavados com detergente e água. Posteriormente à lavagem foi utilizado álcool 70% para limpar os equipamentos devido a sua capacidade bactericida e germicida (ROCHON-EDOUARD, 2004).

### 3.2 Preparação do mosto

Foi utilizado no processo o mel de abelha silvestre proveniente da região de Anguera na Bahia, o qual foi aquecido em banho maria até atingir a temperatura de 60°C. Nessa temperatura, a maioria dos microrganismos presentes no mel não sobrevive e seus nutrientes são conservados (PIATZ, 2014). A partir desse momento 250 mL do mel foi diluído em 1 litro de água mineral obedecendo à proporção de 1:3 (v/v) evitando assim trabalhar em elevada pressão osmótica (SROKA; TUSZYŃSKI, 2007). Nessa etapa não houve controle do pH e adição de nutrientes, pois o objetivo do trabalho é comparar a eficiência das cepas em um mesmo ambiente.

### 3.3 Preparo do inóculo

Foram utilizadas duas cepas a *Saccharomyces cerevisiae* Lalvin 71b 1122 e a *Saccharomyces bayanus* Red Star Premier Blank, as quais foram obtidas através da compra das respectivas empresas. As cepas estavam na forma liofilizada e foram reativadas segundo o procedimento a seguir. Antes da inoculação da levedura preparou-se uma solução de 50 mL composta por 34 mL de água mineral e 16 mL do mosto produzido na etapa anterior (LALVIN, 2017). Essa solução foi aquecida até atingir uma temperatura de 40°C, ideal para a levedura se desenvolver. Durante o aquecimento, foi pesado 0,312g da levedura liofilizada e quando a solução atingiu a temperatura ideal, a levedura foi adicionada. Depois disso, a reprodução da levedura se estendeu por um período de 20 minutos, sob agitação com um bastão de vidro (LALVIN, 2017). Esse procedimento foi realizado para as duas cepas estudadas.

### 3.4 Processo fermentativo

Foram realizados dois ensaios, cada um com uma cepa diferente. Dessa forma foram utilizados dois biorreatores de 1,5 litros para a fermentação aos quais foram instalados válvulas *Air Lock* (Figuras 3) para garantir a saída do  $\text{CO}_2$  formado e evitar a entrada de  $\text{O}_2$  na mistura (PIATZ, 2014). Foram adicionados 1,25 litros de mosto e 50 mL de inóculo no biorreator. Durante a fermentação, os biorreatores foram mantidos em uma incubadora da marca Sterilifer modelo SX 1.0 a uma temperatura de  $22^\circ\text{C}$  durante 192 horas para que as cepas tivessem uma boa taxa metabólica (GOMES; BARRADAS, 2013). Durante esse período foram retiradas amostras, em triplicatas, de 12 em 12 horas durante as primeiras 96 horas de fermentação. Depois desse período houve uma pausa de 48 horas até as próximas amostras serem retiradas com um intervalo de 24 horas até o final da fermentação. Essas amostras foram analisadas quanto ao teor de sólidos solúveis, etanol e concentração celular.

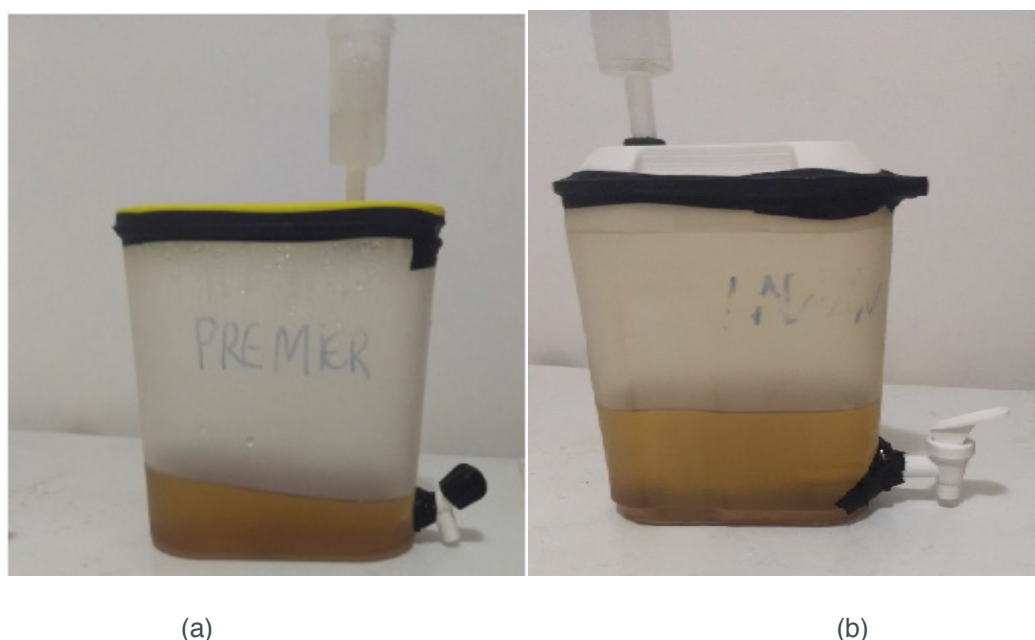


Figura 3. Tanque de fermentação utilizado para a produção de hidromel com a levedura *Saccharomyces cerevisiae* Lalvin 71b 1122 (a) e *Saccharomyces bayanus* Red Star Premier Blank (b)

### 3.5 Análise quantitativa

#### 3.5.1 Concentração celular

A quantificação da biomassa foi medida por densidade ótica e depois convertida em concentração utilizando uma curva de calibração construída com concentrações conhecidas da biomassa. Nos intervalos de tempo pré-determinados retirou-se amostras de 15 mL, as mesmas foram centrifugadas utilizando a centrífuga da marca INBRAS modelo ALB 32/15 4.0 durante 15 minutos a 3600 rpm, depois retirou-se o sobrenadante, que foi utilizado para as análises posteriores, e a biomassa foi

ressuspensa com água destilada. Repetiu-se esta operação duas vezes. As lavagens tem o objetivo de retirar parte das impurezas contidas na biomassa provenientes do meio fermentado. As amostras lavadas eram então ressuspensas em 15 mL de água destilada e homogeneizadas através de agitação vigorosa, com as quais eram lidas as absorvâncias, em um espectrofotômetro da marca Nova Instruments modelo UV-VIS no comprimento de onda de 600 nm, utilizando a água destilada como branco. Essa primeira leitura não podia ser superior a 0,5, caso isso ocorresse fazia-se as diluições com 5 mL de água destilada (TRIBOLI, 1989).

Para construção da curva de calibração adotou-se concentrações conhecidas de biomassa, concentrações estas obtidas por massa seca. A concentração celular com massa seca foi determinada com a última amostra de cada fermentação. Este método consiste em separar as células do meio, secá-las e pesá-las (TRÍBOLI, 1989). Dessa forma 15 mL da amostra do meio fermentado no tempo de 192h foi centrifugada por 15 minutos a 3600 rpm, o sobrenadante foi descartado e a massa foi ressuspensa em 15mL de água destilada, procedimento esse que foi repetido duas vezes. Depois do último procedimento o sobrenadante foi descartado e a amostra foi pesada (massa úmida), colocada na estufa a 105°C por 24 horas e pesada (massa seca). Com o valor da massa seca da amostra, a biomassa seca foi ressuspensa com água destilada e sua densidade ótica foi verificada. Essa etapa foi repetida 9 vezes, em cada uma delas houve uma diluição da amostra até se obter uma densidade ótica próxima de zero. Com esses pontos de densidade ótica, foi possível gerar uma curva (concentração *versus* densidade ótica) bem como sua equação. Para isso foi utilizado o programa Microsoft Excel 2010. De posse da equação, substituímos os valores de densidade ótica encontrada nas amostras anteriores para encontrar a concentração de células em gramas por litro.

### 3.5.2 Teor de sólidos solúveis

Para quantificar os açúcares presentes na amostra, foi utilizado 3 gotas do sobrenadante, obtido no item 4.5.1, e um Refratômetro de Bancada Digital ABBE marca Polax modelo Wya-2S. A quantidade de açúcares foi medida em o °Brix e posteriormente convertida em concentração através da correlação linear dada pela Equação 6 (TORRES NETO *et al.*, 2006),

$$CA = 10,13 * (°Brix) + 1,445 \quad \text{Equação 6}$$

Onde, CA corresponde à concentração dos açúcares presentes em gramas por litro.

### 3.5.3 Teor de etanol

O cálculo da porcentagem de álcool na mistura foi realizado de acordo com a

Equação 7.

$$ABV = (Densidade\ original - Densidade\ final) * 131,25 \quad \text{Equação 7}$$

Onde ABV (*Alcohol by volume*) corresponde à porcentagem de álcool por volume de mosto, a densidade original foi a densidade encontrada no tempo zero e a densidade final se refere a encontrada no tempo da amostragem. O valor de 131,25 foi obtido através de teste empírico segundo Piatz, 2014. Para obter o valor em g.L<sup>-1</sup>, o valor ABV foi multiplicado pela densidade do etanol (789 g.L<sup>-1</sup>)

Para encontrar a densidade da amostra foi utilizado o sobrenadante diminuindo, assim, a influência da levedura na análise. As densidades foram encontradas a partir do °Brix utilizando a Tabela 2.

| °Brix | Densidade | °Brix | Densidade |
|-------|-----------|-------|-----------|
| 26,1  | 1,1107    | 24,6  | 1,1037    |
| 23,9  | 1,1006    | 23,1  | 1,0969    |
| 22,3  | 1,0933    | 21,7  | 1,0906    |
| 21,1  | 1,0879    | 20,6  | 1,0857    |
| 20,2  | 1,0839    | 19,5  | 1,0807    |
| 18,5  | 1,0763    | 17,2  | 1,0706    |
| 15,9  | 1,065     | 15,4  | 1,0628    |
| 14,7  | 1,0598    | 14    | 1,0568    |
| 13,5  | 1,0547    | 12,1  | 1,0488    |
| 11,5  | 1,0463    | 10,8  | 1,0433    |

Tabela 2. Tabela de conversão de °Brix para Densidade reduzida (United States of America, 1981).

### 3.5.4 Cálculo dos parâmetros cinéticos

Nessa etapa foram calculados os parâmetros cinéticos da fermentação. A produtividade e os fatores de conversão foram calculados de acordo com as Equações 1, 2, 3, 4 e 5. Apresentadas no item 3.4. Para cálculo dos fatores de conversão levou-se em consideração os dados obtidos no ponto de máxima produção de biomassa, ou seja, no final da fase exponencial de crescimento celular.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Curvas de calibração para biomassa

As Figuras 4 e 5 apresentam dados referente a variação da concentração celular (X) em função da densidade ótica (DO) para as cepas *Saccharomyces cerevisiae* Lalvin 71b-1122 e *Saccharomyces bayanus* Red Star Premier Blank, respectivamente. Baseado nesses dados obteve-se as correlações entre essas duas variáveis e as respectivas equações.

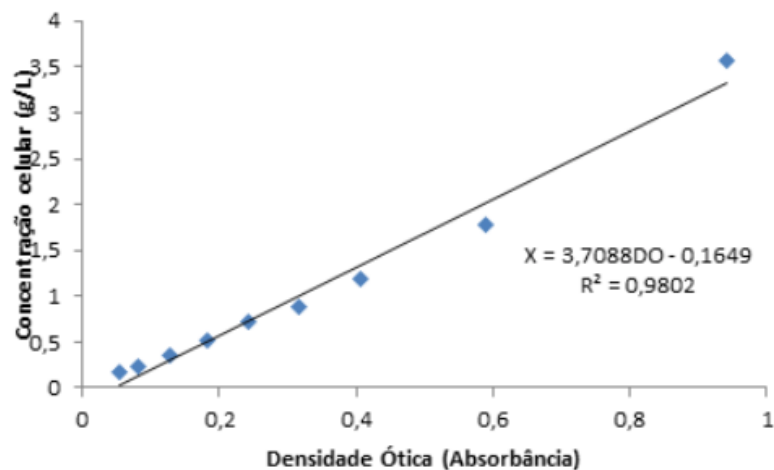


Figura 4. Curva de calibração para a cepa *Saccharomyces cerevisiae* Lalvin 71b 1122.

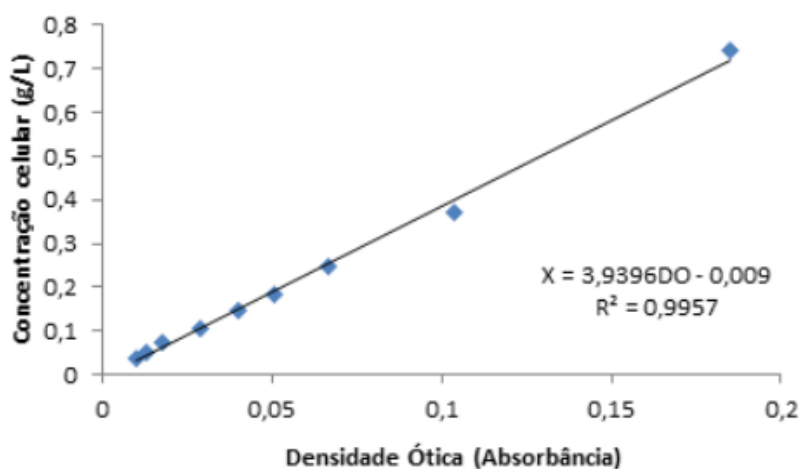


Figura 5. Curva de calibração para a cepa *Saccharomyces bayanus* Red Star Premier Blank.

## 4.2 Avaliação do desempenho

As Figuras 6 e 7 apresentam as curvas de ajustes com relação ao crescimento celular, a produção de etanol e ao consumo de substrato obtidas nas fermentações com as cepas *Saccharomyces cerevisiae* Lalvin 71b 1122 e *Saccharomyces bayanus* Red Star Premier Blank, respectivamente, em meio a base do mel de abelha silvestre proveniente da região de Anguera na Bahia.

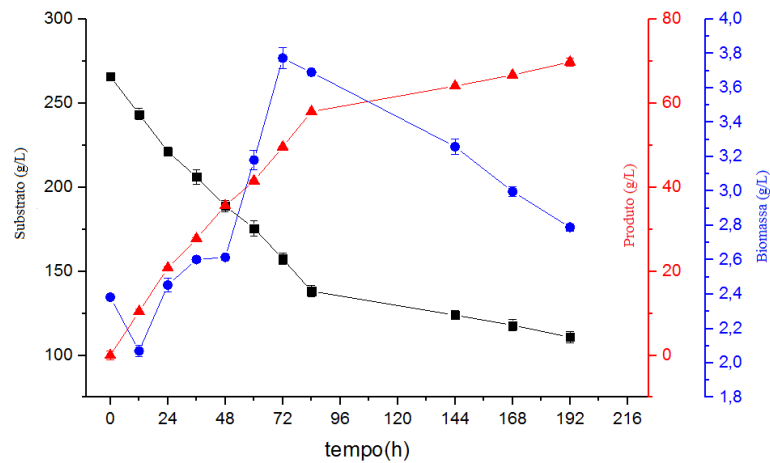


Figura 6. Variação da concentração celular (●), do consumo de substrato (■) e da produção de etanol (▲) ao longo do tempo de fermentação utilizando a levedura *Saccharomyces cerevisiae* Lalvin 71b 1122.

No progresso da fermentação da cepa Lalvin 71b-1122 (Figura 6), pode-se notar uma fase de lag entre 0 e 48 horas de fermentação, devido a uma adaptação da levedura ao mosto. Entretanto entre 48 e 72 horas, a cepa iniciou sua reprodução, entrando na fase *log*. Ao final dessa fase obteve-se a concentração máxima de células ( $3,77 \text{ g.L}^{-1}$ ), com um substrato residual de  $157,45 \text{ g.L}^{-1}$  e  $49,60 \text{ g.L}^{-1}$  de produto gerado (aproximadamente 6,3% de etanol).

Logo após a fase de pico do crescimento celular, a geração de produto começou a inibir o crescimento celular, levando a entrada da fase de *declínio* da fermentação até o término, 192 horas. Ao final da fermentação verificou-se que a concentração celular atingiu  $2,78 \text{ g.L}^{-1}$ , a de substrato  $110,85 \text{ g.L}^{-1}$  e o produto atingiu sua concentração máxima que foi de  $69,80 \text{ g.L}^{-1}$  (aproximadamente 8,8% de etanol).

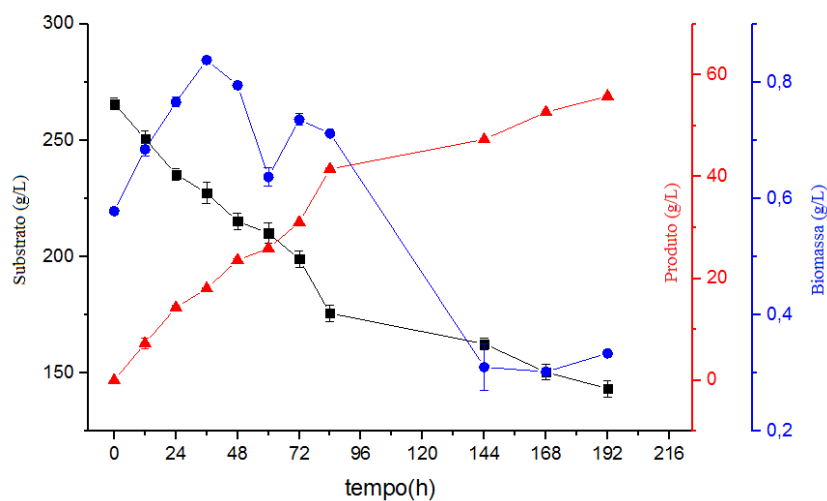


Figura 7. Variação da concentração celular (●), do consumo de substrato (■) e da produção de etanol (▲) ao longo do tempo de fermentação utilizando a levedura *Saccharomyces bayanus* Red Star Premier Blank.

No cultivo da cepa Red Star Premier Blank (Figura 7) verifica-se que não houve a fase lag, indicando que a cepa teve uma melhor adaptação ao mosto utilizado. Apresentou, assim, uma alta taxa de crescimento celular nas primeiras 36 horas de fermentação, visualizada na Figura 7 pela fase exponencial. O pico do crescimento celular se deu ao final dessa fase onde a concentração de células atingiu seu máximo ( $0,84 \text{ g.L}^{-1}$ ) em 36 horas de cultivo, o substrato consumindo atingiu uma concentração de  $227,34 \text{ g.L}^{-1}$  e o produto formando  $18,02 \text{ g.L}^{-1}$  (aproximadamente 2,3% de etanol).

Após o pico, começou haver inibição do crescimento celular devido a presença do etanol no meio, logo a cepa entrou em sua fase de declínio até o final de fermentação nas 192 horas onde a concentração de biomassa atingiu o valor de  $0,33 \text{ g.L}^{-1}$ , o substrato residual foi de  $143,26 \text{ g.L}^{-1}$  e a máxima concentração de produto foi de  $55,81 \text{ g.L}^{-1}$  (aproximadamente 7% de etanol).

Nas duas fermentações foi perceptível que sobrou bastante substrato a ser consumido, porém o hidromel produzido estava dentro das normas estabelecidas pela portaria brasileira nº34 (Tabela 1) permitindo ser categorizado como hidromel suave. Quanto ao teor de etanol, ambos, no final da fermentação atingiram os valores estipulados pela mesma portaria, entre 4 e 14%.

A avaliação do desempenho das cepas também foi realizada através das produtividades e dos fatores de conversão. A Tabela 3 mostra os valores calculados.

| Cepas                                    | $P_x$<br>( $\text{g.L}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) | $P_p$<br>( $\text{g.L}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) | $Y_{(X/S)}$ | $Y_{(X/P)}$ | $Y_{(P/S)}$ |
|--|---|---|-------------|-------------|-------------|
| <i>S. cerevisiae</i> Lalvin 71b 1122     | 0,0072                                      | 0,3635                                      | 0,0128      | 0,0280      | 0,4576      |
| <i>S. bayanus</i> Red Star Premier Blank | 0,0013                                      | 0,2907                                      | 0,0067      | 0,0144      | 0,4681      |

Tabela 3. Produtividade em biomassa ( $P_x$ ), em produto ( $P_p$ ) e fatores de conversão para as cepas *Saccharomyces cerevisiae* Lalvin 71b 1122 e *Saccharomyces bayanus* Red star premier blank.

Observa-se que a maior produtividade em células e em produto ocorreu no cultivo com a cepa *S. cerevisiae* Lalvin 71b 1122 ( $0,0072$  e  $0,3635 \text{ g.L}^{-1}\text{h}^{-1}$ ), respectivamente. O mesmo comportamento foi observado ao avaliar os fatores de conversão evidenciando assim um melhor desempenho dessa cepa com relação a *S. bayanus* Red Star Premier Blank, quando cultivadas nas mesmas condições de processo.

Comparando os resultados da cepa *S. cerevisiae* Lalvin 71b 1122 com Gomes (2013), o comportamento se mostrou semelhante, tanto em relação a duração da fermentação quanto em relação a concentração de açúcares. Nos dois estudos, o fim da fase exponencial da fermentação ocorreu nas primeiras 72 horas. Apesar disso, a eficiência encontrada da cepa Lalvin ICV D47 por Gomes (2013) se mostrou superior ao desse estudo. A cepa estudada por eles apresentou ao final de 200 horas uma concentração de etanol de  $110 \text{ g.L}^{-1}$  enquanto que no presente estudo o máximo



atingido foi de cerca de 70 g.L<sup>-1</sup>. Isso pode ter ocorrido devido as diferentes condições de fermentação, pois os autores utilizaram aditivos (tartarato de potássio, suplemento de ácido málico e fosfato de diamônio) para melhorar a eficiência da fermentação, estratégia essa que não foi utilizada no presente trabalho.

No estudo realizado por Pereira (2015), as duas cepas estudadas (QA23 e ICV D47) obtiveram um ótimo resultado na fermentação. O consumo de substrato para as duas foi alto. Ao final de 96 horas o substrato, que tinha 200 g.L<sup>-1</sup> no tempo zero, chegou a 50 g.L<sup>-1</sup>. Isso aconteceu devido a suplementação com fosfato de diamônio. Os autores também realizaram um estudo sem a suplementação. Ao final de 192 horas, o substrato chegou a uma concentração de 75 g.L<sup>-1</sup> para as duas cepas, resultados bem inferiores ao atingindo no presente estudo.

## 5 | CONCLUSÃO

Através da avaliação das curvas de ajuste foi possível concluir que, apesar da cepa *Saccharomyces cerevisiae* Lalvin 71b-1122 precisar de uma fase de adaptação ao meio, a mesma apresentou maiores concentrações celulares, maiores consumos de substrato e maior tolerância a presença de etanol no meio quando comparada com a cepa *Saccharomyces bayanus* Red Star Premier Blank. Comportamento esse que foi confirmado ao avaliar os parâmetros cinéticos de produtividade e os fatores de conversão. Verificou-se que, ao final da fase exponencial de crescimento (72 horas), o fermentado produzido pela cepa Lalvin 71b-1122 já apresentava as características desejáveis (teor de açúcares e etanol) para ser classificado como hidromel, podendo dessa forma reduzir o tempo de fermentação e conseqüentemente o custo do processo. Também foi observado que a concentração de açúcar ao final do processo foi muito maior do mínimo necessário de acordo com a legislação brasileira, dessa forma pode-se diminuir o custo do processo diminuindo a quantidade da matéria-prima (mel) utilizada. Ao comparar os resultados encontrados com os da literatura pode-se concluir que na fermentação das duas cepas não foi realizada nenhum ajuste no meio (a adição de nutrientes ou controle de pH) podendo ser uma estratégia interessante para futuros trabalhos visando acelerar a fermentação e aumentar sua eficiência.

## REFERÊNCIAS

BENZ, G.T., Bioreactor Design for Chemical Engineers, Am. Inst. Chem. Eng. (2011) 21–26.

BORGES, P. C. S. **Otimização dinâmica da fermentação alcoólica no processo em batelada alimentada**. 2008. Dissertação (Mestre em Engenharia Química). Faculdade de Engenharia Química. Universidade Federal de Uberlândia. 2008, 162p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 34, de 29 de novembro de 2012. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade das bebidas fermentadas: fermentado de fruta; fermentado de fruta licoroso; fermentado de fruta composto; sidra;

hidromel; fermentado de cana; saquê ou sake. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília**, DF, 23 nov. 2012. Seção 1, p. 3.

CARVALHO, W.; CANILHA, L.; ALMEIDA, J. B. S. Cinética Fermentativa e balanço de massa da produção da produção de cachaça artesanal. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 11, p. 2-8, 2008.

GOMES T.; BARRADAS C. Optimization of mead production using response surface methodology. **Food and chemical toxicology**, v.59, p. 680-686, 2013.

GUAN, Y.; DUNHAM, M. J.; TROYANSKAYA, O. G.; CAUDY, A. A.; Comparative gene expression between two yeast species. **BMC Genomics**. v. 14, p. 158-169, 2013.

GUPTA, J. K., SHARMA, R. Production technology and quality characteristics of mead and fruit-honey wines: A review. **Natural Product Radiance**, v.8, p.345–355, 2009.

IGLESIAS, A.; PASCOAL, A.; CHOUPINA, A.B.; CARVALHO, C.A.; FEÁS, X.; ESTEVINHO, L.M. Developments in the Fermentation Process and Quality Improvement Strategies for Mead Production. **Molecules Basel**, v. 19, n. 8, p. 12577-12590, 2014.

IURLINA, M.O., FRITZ, R. Characterization of microorganisms in Argentinean honeys from different sources. **International Journal of Food Microbiology**, v.105, n.3, p. 297-304, 2005.

LALVIN. Fabricante de leveduras para vinhos. Canadá, 2017. NAVRÁTIL, M., STURDÍK, E., GEMEINER, P Batch and continuous mead production with pectate immobilised, ethanol-tolerant yeast. **Biotechnology Letters**, v. 23, p.977–982, 2001.

OETTERER, Marília. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri: Manole, 2006. 664p.

PIATZ, S. The complete guide to making mead: The Ingredients, Equipment, Processes, and Recipes for Crafting Honey Wine. USA. Voyageur Press, 2014,160p.

PEREIRA, A.P.; MENDES-FERREIRA A.; OLIVEIRA J. M.; ESTEVINHO L.M.; MENDES-FAIA A. Mead production: effect of nitrogen supplementation on growth, fermentation profile and aroma formation by yeasts in mead fermentation. **Institute of Brewing & Distilling**, v. 121, p. 122-128, 2015.

RAMALHOSA, E; GOMES, T.; PEREIRA, P.P; DIAS, T.; ESTEVINHO, L.M. Mead production: tradition versus modernity. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 63, p. 101–118, 2011.

ROCHON-EDOUARD S.; PONS L.; VEBER B. LARKIN M.; VASSAL S.; FRANÇOIS LEMELAND F. Comparative in vitro and in vivo study of nine alcohol-based handrubs. **American journal of infection control**, v. 32, p. 183-200, 2004

SCHMIDELL, W.; LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. Engenharia Bioquímica. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

SCHULLER, D.; CASAL, M. The use of genetically modified *Saccharomyces cerevisiae* strains in the wine industry. Mini-review. **Applied Microbiology Biotechnology**, v. 68, p. 292-304, 2005.

SROKA, P.; TUSZYŃSKI, T. Changes in organic acid contents during mead wort fermentation. **Food Chemistry**, v. 104, p. 1250–1257, 2007.

TORRES NETO, A. B.; SILVA, M. E.; SILVA, W. B.; SWARNAKAR, R.; SILVA, F. L. H. Cinética e caracterização físico-química do fermentado do pseudofruto do caju (*Anacardium occidentale L.*). **Química Nova**, v. 29, n. 3, p. 489-492, 2006.

TRIBOLI, E. P. D. R. Métodos analíticos para o acompanhamento da fermentação alcoólica. São Caetano do Sul: Laboratório de Engenharia Bioquímica e de Alimentos, **Escola de Engenharia de Mauá, Instituto Mauá de Tecnologia**. 52p, 1989.

UNITED STATES OF AMERICA. United States Department of Agriculture Sucrose Conversion Tables, File 135-A-50, January 1981

VIEGAS, M. C. Otimização de sistema de fermentação alcoólica contínua utilizando reatores tipo torre e leveduras com características flocculantes. Tese (Doutorado em Engenharia Química). **Faculdade de Engenharia Química. Universidade Estadual de Campinas**. 150p., 2003.

## **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

