

SÉRIE  
**INICIADOS**

VOL. 25  
2018-2019

*Trabalhos premiados no XXVII Encontro  
de Iniciação Científica da UFPB*



ORGANIZADORES

Isac Almeida de Medeiros  
Claudia de Figueiredo Braga  
Rogério Oliveira Barbosa

**EJ** Editora  
UFPB

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA  
JOÃO PESSOA, 2020



## UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

REITORA Margareth de Fátima Formiga Melo Diniz  
VICE-REITORA Bernardina Maria Juvenal Freire de Oliveira



## EDITORA UFPB

DIRETORA Izabel França de Lima  
SUPERVISÃO DE EDITORAÇÃO Almir Correia  
SUPERVISÃO DE PRODUÇÃO José Augusto dos Santos Filho



## PRÓ-REITORIA DE PESQUISA

PRÓ-REITOR Isac Almeida de Medeiros

COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS ACADÊMICOS E DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA Cláudia de Figueiredo Braga  
Rogério Oliveira Barbosa (sub-coordenador)

COORDENAÇÃO DE PESQUISA Profa. Renate Maria Ramos Wellen

ORGANIZADORES Isac Almeida de Medeiros  
Cláudia de Figueiredo Braga  
Rogério Oliveira Barbosa

EQUIPE CGPAIQ Ieda Cantidiano de Andrade  
Isabele Eleonora do Espírito Santo  
Francisco Lopes Galvão Filho  
Raissa Carvalho Cavalcanti de Albuquerque  
Claudia Andrade de Freitas  
Maria José da Silva  
Maria Luciene Ferreira Lima

IDENTIDADE VISUAL Isabela Teixeira Castedo  
Leonardo Almeida

EDITORAÇÃO Julia Sena  
Leonardo Almeida

REPRESENTANTES DO COMITÊ CIENTÍFICO Prof. Severino Aires de Araujo Neto (CCM)  
Prof. Marcelo Dantas Tavares de Melo (CCM)  
Prof<sup>a</sup>. Candida Jaci de Sousa Melo (CCHLA)  
Prof<sup>a</sup>. Ana Thereza de Miranda Cordeiro Durmaier (CCHLA)  
Prof. Christian Azambuja Pagot (CI)  
Prof. Gilberto Farias de Sousa Filho (CI)  
Prof. Juan Mauricio Villanueva (CEAR)  
Prof<sup>a</sup>. Cristiane Kelly Ferreirada Silva (CEAR)  
Prof. Leopoldo Oswaldo Alcazar Rojas (CT)  
Prof<sup>a</sup>. Sheila Alves Bezerra da Costa Rêgo (CT)  
Prof<sup>a</sup>. Carolina Lima Cavalcanti de Albuquerque (CTDR)  
Prof<sup>a</sup>. Haíssa Roberta Cardarelli (CTDR)  
Prof. Antônio Geraldo Cidrão de Carvalho (CCS)  
Prof<sup>a</sup>. Luana Rodrigues de Almeida (CCS)  
Prof. Renaldo Tenorio de Moura Junior (CCA)  
Prof. Bruno de Oliveira Dias (CCA)  
Prof. Paulo Aguiar do Monte (CCSA)  
Prof. Anielson Barbosa da Silva (CCSA)  
Prof. José Jassuie da Silva Morais (CCA)  
Prof<sup>a</sup>. Edilane do Amaral Heleno (CCA)  
Prof<sup>a</sup>. Anabelle Camarotti de Lima Batista (CCHSA)  
Prof. Carlos Augusto Alanis Clemente (CCHSA)  
Prof<sup>a</sup>. Marcleide Maria Macêdo Pederneiras (CCTA)  
Prof. Francisco Coelho Mendes (CCTA)  
Prof<sup>a</sup>. Ludmila Cerqueira Correia (CCJ)  
Prof. Nelson Gomes de Sant'Ana Junior (CCJ)  
Prof. Dr. Maurício Cardoso Santos (CCEN)  
Prof. Dr. Herondy Francisco Santana Mota (CCEN)  
Prof<sup>a</sup>. Francisca Alexandre de Lima (CE)  
Prof<sup>a</sup>. Elzanir dos Santos (CE)  
Prof<sup>a</sup>. Juliana Franco Almeida (CBIOTEC)  
Prof<sup>a</sup>. Adna Cristina Barbosa de Sousa (CBIOTEC)

Os artigos e suas revisões são de responsabilidade dos autores.

Foto de capa: Clicklab.

---

EDITORA UFPB

Cidade Universitária, Campus I –s/n

João Pessoa – PB

CEP 58.051-970

[www.editora.ufpb.br](http://www.editora.ufpb.br)

[editora@ufpb.br](mailto:editora@ufpb.br)

Fone: (83) 3216.7147

---

PROMOÇÃO



**PROPESQ**  
Pro-Reitoria de Pesquisa UFPB

**CNPq**  
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

T758      Trabalhos premiados no XXVII Encontro de Iniciação Científica da UFPB [recurso eletrônico] / Isac Almeida de Medeiros, Claudia de Figueiredo Braga, Rogério Oliveira Barbosa (organizadores).  
Dados eletrônicos - João Pessoa : Editora UFPB, 2020.  
(Série Iniciados 2018-2019 ; v. 25)

ISBN: 978-85-237-1569-4

1. Ciências e generalidades. 2. Iniciação científica - UFPB. 3. Trabalhos premiados - UFPB. I. Medeiros, Isac Almeida de. II. Braga, Claudia de Figueiredo. III. Barbosa, Rogério Oliveira. IV. Título. V. Série.

UFPB/BC

CDU 001

# *SÉRIE INICIADOS*

VOL. 25

---

TRABALHOS PREMIADOS NO  
XXVII ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPB

18 À 22 DE NOVEMBRO DE 2019  
CAMPUS I e IV - JOÃO PESSOA

04 À 05 DE DEZEMBRO DE 2019  
CAMPUS II - AREIA



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA

COORDENAÇÃO GERAL DE PROGRAMAS  
ACADÊMICOS E DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

# Desenvolvimento de bebidas alcoólicas mistas de abacaxi e algaroba

Zildomar Aranha de Carvalho Filho<sup>1</sup>

Julice Dutra Lopes<sup>2</sup>

## Resumo

Neste trabalho foi realizado estudo visando à definição dos melhores parâmetros de fermentação para elaboração de uma bebida fermento-destilada mista de algaroba e abacaxi, agregando-se as propriedades sensoriais típicas do abacaxi e suplementando a sua deficiência em açúcares fermentescíveis utilizando o caldo das vagens de algaroba. A proporção escolhida (1:1 – abacaxi:algaroba) apresentou maior produtividade média, razão entre o total de produto formado e o tempo total de fermentação, na ordem de  $4,33 \text{ g L}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , sendo escolhida como formulação a ser produzida em maior escala e conduzida ao processo de destilação em alambique de cobre. Fora obtidos aproximadamente 3 L de destilado alcoólico proveniente da fração coração, estando os principais parâmetros avaliados, dentro dos limites estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pecuária, órgão responsável pela fiscalização de bebidas alcoólicas no Brasil.

Palavras-chave: *Prosopis juliflora*. *Ananas comosus*. Fermentado alcoólico. Aguardente. Cinética de fermentação.

## Apresentação

A biotecnologia associada à fabricação de fermentados data dos primórdios da civilização humana e tem início associado a povos mesopotâmicos que, mesmo sem entender a fundo o processo de fermentação, desenvolveram produtos com teor alcoólico, como a cerveja a partir da cevada e o vinho a partir da uva (AQUARONE, 2001).

Nos dias atuais, a diversidade de produtos alcoólicos de origem fermentativa para o consumo humano gera uma necessidade de catalogação, definição e determinação de padrões de qualidade legais para os diferentes tipos de bebidas. A aguardente é descrita como sendo uma bebida alcoólica com graduação entre 38 e 54% em volume a 20 °C pela destilação de

mosto de diferentes substratos vegetais (BRASIL, 2009).

Em 2014, o Brasil foi o terceiro maior produtor de frutas, detendo 4,8% da produção mundial e ficando atrás apenas da China e Índia (FAO, 2014). Apesar da grande produção, não existe um beneficiamento da grande parte dos produtos o que tem gerado estudos sobre um melhor uso de forma a agregar mais valor à matéria-prima (SILVA, 2010). A Paraíba se destaca nacionalmente como a maior produtora de abacaxi cultivar pérola, tendo um rendimento de 33.905 Frutos ha<sup>-1</sup> em 2017 (IBGE, 2017).

O abacaxi, fruto do abacaxizeiro, pertence à família *Bromeliaceae* e gênero *Ananas*, é predominante em países de clima tropical, sendo esta a explicação por se

---

Título do Projeto de Pesquisa/Plano de Trabalho: Desenvolvimento de bebidas alcoólicas mistas de abacaxi e algaroba

<sup>1</sup>Estudante de Iniciação Científica: Zildomar Aranha de Carvalho Filho (e-mail: zildoaranha@gmail.com)

Instituição de vínculo da bolsa: UFPB/CNPq (www.propesq.ufpb.br e-mail: cadastrocnpq@propesq.ufpb.br)

<sup>2</sup>Orientadora: Julice Dutra Lopes (e-mail: julicedl@gmail.com)

desenvolver tão bem em terras brasileiras (ABREU, 2007). Esse fruto não-climatérico, com grandes qualidades sensoriais, tem formato cilíndrico, polpa de cor amarelada e quantidades consideráveis de vitaminas A e C (ARAÚJO, 2009).

A vagem de algaroba, fruto da algarobeira, pertencente à família *Leguminosae* (subfamília *Mimosoideae*) e ao gênero *Prosopis*, apesar de não endêmica do Brasil, se adaptou bem ao nordeste brasileiro (RIBASKI, 2009; SILVA, 2009; SILVA, 2002). A algarobeira é uma árvore multiuso, utilizada basicamente para extração de madeira e forragem para animais em épocas de seca. No entanto, na última década, apresentou excepcional potencial para fins biotecnológicos em rotas fermentativas (RIBASKI, 2009; SILVA, 2009; SILVA, 2002). Têm-se estimativa média que haja uma produção da ordem de 6 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de vagens de algaroba apenas na região nordeste (SILVA, 2009).

O abacaxi é um dos principais produtos da fruticultura paraibana e dado a sua grande produção, o escoamento oriundo da venda para consumo *in natura*, que é a principal forma de comercialização, não é suficiente para aproveitamento total da safra, o que gera desperdício. Uma possível forma de aproveitamento seria a utilização para formulação de uma bebida alcoólica mista com a vagem de algaroba, que apesar de seu alto teor de açúcares fermentescíveis é marginalizada devido ao histórico de uso apenas para alimentação de animais, aliando assim, as características sensoriais do abacaxi e aumentando seu potencial fermentativo pela união com a algaroba.

O objetivo deste trabalho foi produzir e caracterizar fermentados alcoólicos e aguardente elaborados com diferentes proporções de caldo extraído das vagens de algaroba e suco de abacaxis em estágio avançado de maturação.

### Fundamentação teórica

As características sensoriais, aliadas a acidez e açúcar equilibrados tornam o abacaxi pérola (*Ananas comosus*) uma fruta

muito apreciada, podendo ser processada para obtenção de fruta em calda, suco pasteurizado e geleias. Os principais estados produtores no Brasil são a Paraíba, Pará, Minas Gerais, Bahia e Rio Grande do Norte. Este fruto possui alto valor nutricional, sua polpa contém boas quantidades das vitaminas A, B1 e C, tanto que os resíduos dos processos industriais dessa fruta são largamente utilizados na alimentação animal (CEASA, 2017).

A principal forma de transporte do abacaxi é a granel, com camadas de frutos intercaladas de palha em caminhões abertos e cobertos com lona. Este procedimento pode acarretar perdas de até 10 % dos frutos durante o transporte, seja pelo dano estético dos frutos, como o amassamento, ou pela fermentação dos mesmos, sendo os produtores os responsáveis por arcar com essas perdas (SEBRAE, 2014).

As espécies do gênero da algaroba, *Prosopis*, apresentam resistência à seca, alta capacidade de fixar nitrogênio e seus frutos, no caso da algaroba, as vagens, são ricas em minerais, carboidratos e proteínas (SILVA, 2009).

As vagens da algaroba possuem um alto valor nutritivo, sua frutificação não exige muita água e fertilidade do solo. Dadas essas características, se demonstra uma alternativa à alimentação humana (APTA, 2012).

As vagens, sendo ricas em proteínas, fibras, sais minerais, carboidratos, são muito utilizadas para produção de ração animal. Por exemplo, no município de Serra Branca, no semiárido paraibano, 90% da alimentação de caprinos, ovinos e cerca de 20% do rebanho bovino é composta por vagens de algaroba (APTA, 2012).

A fermentação alcoólica é um processo em anaerobiose onde carboidratos são degradados e há formação de gás carbônico e etanol, tudo isso para que seja produzido energia na forma de ATP (adenosina trifosfato). Um dos principais microrganismos que efetuam este processo é a levedura do gênero *Saccharomyces* (BORZANI, 2008, p.184-185).

Em vários setores o processo fermentativo ocupa importante espaço na produção de bens industriais tais como os segmentos da indústria química, farmacêutica e alimentícia. Este processo pode ser resumido em algumas etapas: a) preparo do meio de cultura, tendo em vista as necessidades do microrganismo bem como o produto a ser obtido; b) adição desse meio a um biorreator adequado; c) adição do microrganismo adequado; d) acompanhamento do processo avaliando parâmetros, como por exemplo, teor alcoólico constante; e) execução das operações necessárias para separação e purificação do produto, tendo em vista os parâmetros exigidos, tanto pela legislação quanto pelo eventual consumidor, para este produto (BORZANI, 2001, p.185).

O alambique de cobre, utilizado na purificação do fermentado alcoólico obtido, atua como um reator químico. O cobre presente funciona como um catalisador para a formação de determinados componentes voláteis no produto, como aromas e buquês (BATISTA, 2008).

O processo de destilação se baseia na diferença entre o ponto de ebulição da água, 100 °C, e do álcool, 78,4 °C. Em uma solução hidroalcoólica, quanto mais próximo a temperatura dessa mistura for da temperatura de ebulição do álcool, maior a quantidade deste componente nessa mistura. O mesmo vale para água (EMBRAPA, 2008).

É fundamental, para garantir a qualidade do destilado, a separação das frações cabeça, coração e cauda. A fração cabeça é a primeira a ser recolhida, possui teor alcoólico elevado, acima de 60 % (v/v); contém altos teores de metanol, acetaldeído e acetato de etila, os quais são indesejáveis. A fração coração é recolhida em seguida, considerada a aguardente propriamente dita, corresponde a cerca de 80 % do destilado; o limite de seu recolhimento é quando o teor alcoólico chega a 40 %, abaixo disso a bebida começa a adquirir uma aparência turva, algo indesejável para o produto. A cauda, chamada de “água fraca”, vem por último, seu ponto

final é quando o teor alcoólico atinge 14 % (v/v); alguns produtores incorporam essa fração diretamente ao vinho sem destilá-la (SOUZA, 2013).

Somente a fração coração deve ser comercializada como aguardente. Bebidas nas quais são adicionadas as outras frações perdem em qualidade, proporcionam a chamada “ressaca”, além de conterem compostos tóxicos, como metanol. As outras duas frações podem passar por uma coluna de destilação para produção de combustível ou podem ser utilizadas na produção de álcool gel (SOUZA, 2013).

Tendo em vista a variedade de compostos orgânicos que podem ser formados a partir do metabolismo celular, de contaminantes que possam estar presentes e de reações químicas que ocorrem mediadas por catálise de metais no processo de destilação do produto final, a aguardente tem, em legislação vigente, valores tabelados de máximos e mínimos de concentração destes compostos. Esta quantificação se faz necessária para um processo de padronização do produto e para averiguar a presença e a quantidade de substâncias tóxicas ao ser humano (BRASIL, 2011).

Este procedimento de controle de qualidade se dá por análises cromatográficas aliadas a técnicas espectroscópicas (LC-MS/MS e GC-MS/MS) para quantificar os componentes que compõem e/ou contaminam a aguardente, como o Carbamato de etila.

### **Metodologia e análise**

O projeto foi desenvolvido no Laboratório de Análises e Pesquisas de Bebidas Alcoólicas (LBA), no Laboratório de Produtos Fermento-destilados (LPFD), Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA) e no Laboratório de Microbiologia Industrial (LMI) do Campus I da UFPB, que possuem os equipamentos e reagentes necessários para o desenvolvimento da pesquisa.

### **Matérias-primas**

As vagens de algaroba foram coletadas no semiárido paraibano, mais precisamente na cidade de Patos/PB. Estas foram colhidas após a queda dos galhos da algarobeira, seguindo critérios descritos por Silva (2009).

Os abacaxis foram escolhidos na CEASA-PB e na Feira de Jaguaribe, no município de João Pessoa/PB. Houve prioridade de escolha para frutos em estágio avançado de maturação, que apresentavam danos mecânicos em sua superfície, inviabilizando a venda por questões estéticas.

#### *Caracterização físico-química das matérias-primas e dos produtos*

O suco de abacaxi e o caldo de algaroba foram analisados separadamente para determinação dos teores de cinzas, umidade e densidade seguindo a metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), Sólidos Solúveis Totais (SST) por leitura direta em refratômetro de campo Kasvi e pH por leitura direta em pHmetro QUIMIS. Suas respectivas misturas foram caracterizadas apenas quanto aos seguintes parâmetros: SST e pH seguindo a mesma metodologia utilizada para caracterizar o caldo e suco isoladamente.

Os fermentados obtidos foram caracterizados quanto aos teores de SST, utilizando um sacarímetro de brix (Incoterm), o pH e acidez total por titulação, segundo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008) e teor alcoólico (°GL) utilizando um ebuliômetro.

A concentração de biomassa (g L<sup>-1</sup>) foi adaptada de Florentino (2006). Utilizou-se 1 mL de amostra, centrifugada duas vezes a 7500 rpm durante 10 minutos, em mini centrífuga Loccus, modelo Nanospin 8, intercaladas por lavagem com água destilada.

A determinação de açúcares redutores, totais e não redutores foi feita pelo método descrito por Vasconcelos, Pinto e Aragão (2013). A leitura foi realizada em espectrofotômetro Astral Científica, modelo EEQ9011J.UV.

A fração coração da aguardente de abacaxi e algaroba foi enviada para análise no Instituto Tecnológico de Pernambuco – ITEP, para caracterização quanto aos seguintes parâmetros: teor alcoólico real, acidez volátil (mg ácido acético / 100 mL), aldeídos totais, ésteres totais, furfural, açúcares (em sacarose), arsênio, cobre, chumbo, carbamato de etila e álcoois superiores, para comparação com a Instrução Normativa Nº 13 de 29 de junho de 2005 (BRASIL, 2005a) e Instrução Normativa Nº 28 de 08 de agosto de 2014 (BRASIL, 2005b) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

#### *Extração dos caldos de abacaxi e algaroba*

Antes da extração, os abacaxis e vagens de algaroba foram selecionados, lavados, sanitizados e processados como descrito por Muniz (2009). Para o processo de sanitização das matérias-primas, foi realizada a imersão do material em solução de água clorada a 50 ppm, por cerca de 20 min, e depois realizou-se o enxágue para remoção dos resíduos da sanitização.

Para a obtenção do caldo de abacaxi utilizou-se um sistema de prensa hidráulica de acionamento manual com capacidade de 30 toneladas, marca SKAY. Após a extração, o caldo foi filtrado, acondicionado em garrafas PET e armazenado em freezer, em temperatura de -18 °C, até o momento da realização da fermentação alcoólica. O mesmo procedimento foi realizado com as vagens da algaroba, com prévio tratamento de hidratação antes da extração do caldo por prensagem, como descrito por Silva (2009).

Para determinação do rendimento das extrações dos frutos foi utilizado a massa do caldo extraído das vagens de algaroba (Equação 1) e massa do resíduo após a prensagem do abacaxi (Equação 2) como parâmetros de cálculo, como descrito por Silva (2009).

$$\text{Rendimento \%} = \frac{M_c}{M_t} \times 100 \quad (1)$$

Em que:

$M_c$  – Massa do caldo das vagens de algaroba (g)

$M_t$  – Massa total das vagens hidratadas (g)

$$\text{Rendimento \%} = \frac{M_r}{M_t} \times 100 \quad (2)$$

Em que:

$M_r$  – Massa do resíduo sólido (g)

$M_t$  – Massa total dos frutos (g)

*Formulação das misturas de suco de abacaxi e caldo de algaroba para fermentação alcoólica*

Para definição das melhores condições de fermentação das misturas de suco de abacaxi e caldo de algaroba, foi utilizado um planejamento fatorial completo

<sup>22</sup> com três repetições no ponto central. As variáveis independentes compreenderam a concentração de leveduras ( $\text{g L}^{-1}$ ) e proporção algaroba/abacaxi (v:v), baseados em estudos anteriores (SILVA, 2009; PARENTE, 2014) e testes preliminares.

Foram mantidas as proporções de misturas e variou-se a concentração de fermento em 10, 15 e 20  $\text{g L}^{-1}$ . Essas variáveis foram avaliadas em dois níveis (-1 e +1), conforme valores indicados na Tabela 1.

**Tabela 1** – Valores reais e codificados das variáveis de entrada concentração de levedura ( $\text{g L}^{-1}$ ) e proporção algaroba/abacaxi (v/v) para elaboração do fermentado alcoólico de abacaxi e algaroba.

Variáveis independentes	Níveis		
	-1	0	+1
Concentração de Leveduras ( $\text{g L}^{-1}$ )	5	10	15
Proporção algaroba/abacaxi (v/v)	3:1	1:1	1:3

Com base nos valores reais e níveis codificados, previamente delineados, foi possível realizar a construção da matriz

fatorial (Tabela 2) usada como referência para os testes de fermentação e escolha da melhor formulação.

**Tabela 2** – Matriz de planejamento fatorial <sup>22</sup> com 3 pontos centrais para elaboração do fermentado alcoólico de algaroba e abacaxi.

Ensaio	Proporção algaroba/abacaxi	Concentração de Leveduras ( $\text{g.L}^{-1}$ )
1	-1 (3:1)	-1 (5)
2	+1 (1:3)	-1 (5)
3	-1 (3:1)	+1 (15)
4	+1 (1:3)	+1 (15)
5	0 (1:1)	0 (10)
6	0 (1:1)	0 (10)
7	0 (1:1)	0 (10)

As variáveis dependentes do planejamento foram: teor alcoólico final e o tempo total de fermentação. Utilizaram-se esses parâmetros para a escolha da melhor proporção da mistura, com base na produtividade relativa à fermentação alcoólica e o fator de conversão de substrato em produto, conforme descrito por Parente

(2014).

A produtividade (Equação 3) leva em consideração a quantidade de produto formado durante o tempo total da fermentação, enquanto o fator de conversão substrato-produto (Equação 4) relaciona a quantidade de produto formado com a quantidade de substrato consumido.

$$\text{Produtividade relativa à fermentação alcoólica (g L}^{-1}\text{ h}^{-1}\text{)} = \frac{P}{t} \quad (3)$$

$$\text{Fator de conversão de substrato em produto (Y}_{p/s}\text{): } \frac{P-P_0}{S_0-S} \quad (4)$$

Em que:

$P$  – concentração final de produto (g L<sup>-1</sup>);

$P_0$  – concentração inicial de produto (g L<sup>-1</sup>);

$S$  – concentração final de substrato (g L<sup>-1</sup>);

$S_0$  – concentração inicial de substrato (g L<sup>-1</sup>);

$t$  – tempo de fermentação em horas.

#### *Cinética de fermentação alcoólica das formulações*

O primeiro processo fermentativo (Processo fermentativo 1) foi conduzido em 7 biorreatores de polietileno, em sistema de batelada, com capacidade de 3 litros, onde foram utilizadas as formulações definidas no planejamento fatorial para determinação das melhores condições para produção do fermentado alcoólico de algaroba e abacaxi, para posterior destilação.

O segundo processo fermentativo (Processo fermentativo 2) foi realizado em 3 biorreatores de polietileno, em sistema de batelada, com capacidade de 8 litros, onde foi utilizada a melhor condição determinada no processo fermentativo 1.

Durante o estudo cinético realizado nos Processos fermentativos 1 e 2 foram realizadas coletas de amostras a cada duas horas para realização das análises

anteriormente mencionadas.

Após o término da fermentação, que se deu com a estabilização do teor de SST do mosto, o fermentado foi separado da biomassa por decantação, armazenado em garrafas PET e refrigerado até o momento da destilação.

#### *Produção da aguardente de abacaxi e algaroba*

O fermentado alcoólico, obtido no Processo fermentativo 2, foi destilado em alambique de cobre, com capacidade de 16 litros úteis.

Antes de dar início ao processo de destilação do fermentado de abacaxi e algaroba, houve uma limpeza do alambique usando uma solução ácida a base de limão, com a finalidade de evitar a oxidação do cobre e, conseqüentemente, a contaminação do destilado.

Foi usada a metodologia aplicada por Silva (2009), tanto para destilação quanto para separação das frações: Cabeça, Coração e Cauda.

### **Resultados e discussão**

#### *Testes preliminares*

Por meio de estudos preliminares ao desenvolvimento desse projeto, foi possível delinear o limite de variação para o fermento utilizado nas fermentações, como visto na Tabela 3.

**Tabela 3** - Experimento preliminar, sem acompanhamento cinético, com 7 biorreatores.

Ensaio	SST Inicial (g L <sup>-1</sup> )	Proporção (Alg:Abx)	Concentração inicial de fermento (g L <sup>-1</sup> )	SST Final (g L <sup>-1</sup> )	Concentração Final de Produto (g L <sup>-1</sup> )	Y <sub>p/s</sub>
1	140,00	1:3	10,00	10,00	63,99	0,49
2	140,00	1:3	15,00	15,00	61,94	0,50
3	180,00	3:1	10,00	30,00	77,24	0,51
4	180,00	3:1	15,00	30,00	77,24	0,51
5	180,00	3:1	20,00	30,00	61,94	0,41
6	160,00	1:1	10,00	10,00	61,62	0,41
7	160,00	1:1	15,00	15,00	61,94	0,43

Para valores acima de 15 g L<sup>-1</sup> de fermento, foi evidenciado uma queda expressiva na produtividade de etanol como explicitado no Ensaio 6. Foi possível observar que os maiores fatores de conversão produto substrato se situaram quando usadas as concentrações de levedura 10 e 15 g L<sup>-1</sup>, já que quando usado 20 g L<sup>-1</sup> o fator sofreu expressiva queda. Sendo assim, utilizou-se, como norteamento para o estudo cinético posterior, a concentração de 15 g L<sup>-1</sup> como concentração máxima.

É importante ressaltar que, para

este processo fermentativo, foi necessária a *chaptalização* (adição de açúcar) dos caldos devido ao baixo teor de açúcares dos mesmos *in natura*.

#### Extrações dos caldos de abacaxi e algaroba

A utilização de prensa hidráulica permitiu um rendimento e concentração de sólidos solúveis totais (SST) na extração no caldo de algaroba e abacaxi semelhante aos encontrados por Silva (2009) e Parente (2014), respectivamente, como pode ser visto na Tabela 4.

**Tabela 4** - Comparação de resultados de SST e Rendimento da extração do caldo da Algaroba e do Abacaxi com resultados obtidos por diferentes autores.

Matéria-Prima	Ensaio	Resultados	Literatura
Algaroba	SST	20,53 ± 0,82	20,87 <sup>a</sup>
	Rendimento da extração (%)	71,62 ± 1,12	71,93 <sup>a</sup>
Abacaxi	SST	15,16 ± 2,87	14,56 <sup>b</sup>
	Rendimento da extração (%)	69,34 ± 8,36	63,57 <sup>b</sup>

<sup>a</sup>Silva (2009), <sup>b</sup>Parente (2014).

#### Caracterizações das matérias-primas

Os dados demonstrados na Tabela 5, indicam que a caracterização físico-química do caldo de abacaxi é consoante com as

encontradas por Araújo et al. (2009), Parente (2014) e Belchior et al. (2013) no que diz respeito a pH e SST, situando-se em um valor médio de 3,7 e 15 °Brix, respectivamente.

**Tabela 5** - Comparação de resultados de SST e Rendimento da extração do caldo da Algaroba e do Abacaxi com resultados obtidos por diferentes autores.

Ensaio	SST (°Brix)	pH	Umidade (%)	Cinzas (%)	Densidade (g/mL)
Este estudo	15,16 ± 2,87	3,69 ± 0,10	88,86 ± 0,23	0,2 ± 0,07	1,09 ± 0,02
Parente e Almeida (2014)	14,56	3,88	85,91	0,3	-
Belchior et al. (2018)*	18,00	3,80	-	-	-
Araújo et al. (2009)*	19,00	3,77	-	-	-

\*Chaptalizados

Os valores médios encontrados por Silva (2009) para pH e SST, 5 e 20 °Brix, respectivamente, corroboram com os

valores das mesmas variáveis neste presente estudo, como pode ser visualizado na Tabela 6.

**Tabela 6** - Comparação entre o valor médio de SST e pH para o caldo de algaroba encontrado neste estudo e os encontrados por Silva (2009).

	SST (°Brix)	pH
Este estudo	20,53 ± 0,82	5,04 ± 0,15
Silva (2009)	20,87	5,10

### Caracterização das misturas do caldo de algaroba e suco de abacaxi

Em todas as proporções utilizadas, uma particularidade foi observada: após a combinação dos caldos, todas as proporções atingiram níveis de pH ideais para a atuação ótima da levedura, como descrito por Borzani et al. (2001). Pode-se afirmar que a adição da algaroba promoveu a adequação de níveis de acidez ao suco de abacaxi, que

antes da adição apresentava acidez elevada, representado pelo seu baixo valor de pH.

Outro parâmetro que foi ajustado após a mistura dos caldos foi a correção do valor de SST, variando diretamente com a proporção utilizada, de modo que não foi necessária a *chaptalização* ou diluição em nenhuma formulação. Os valores finais de SST e pH das misturas estão descritos na Tabela 7.

**Tabela 7** - Sólidos Solúveis Totais (SST) e pHs das misturas de Algaroba/Abacaxi utilizadas para produção de fermentado alcoólico.

Proporção algaroba:abacaxi	SST estimado (°Brix)	SST determinado (°Brix)	pH
1:1	18	18,33 ± 0,16	4,48 ± 0,01
3:1	20	21,19 ± 1,36	4,45 ± 0,45
1:3	16	16,04 ± 0,14	4,46 ± 0,46

### Cinéticas fermentativas

#### • Processo fermentativo 1

Devido a diferença na quantidade de fermento aplicado em cada biorreator houve uma significativa diferença no tempo necessário para estabilização dos SST,

mas, a parte disso, quando comparados os biorreatores contendo proporções iguais de algaroba/abacaxi, ambas apresentaram um comportamento semelhante durante a fermentação, principalmente no que tange a quantidade final de produto, como evidenciado na Tabela 8 e Figura 1.

**Tabela 8** - Parâmetros cinéticos do Processo fermentativo 1.

Ensaio	Proporção Alg/Abx	Teores				
		SST Inicial (g L <sup>-1</sup> )	Fermento (g L <sup>-1</sup> )	SST Final (g L <sup>-1</sup> )	Teor Alcoólico Final (g L <sup>-1</sup> )	Tempo (h)
B1	3:1	202,20	5	17,63	68,85	26
B2	1:3	161,42	5	5,00	55,39	26
B3	3:1	221,50	15	26,95	77,24	18
B4	1:3	159,42	15	12,62	55,39	14
B5	1:1	184,16	10	22,64	67,85	16
B6	1:1	181,46	10	18,36	70,38	16
B7	1:1	184,16	10	18,36	71,88	18

B1, B2, Bn... = Biorreator 1, Biorreator 2, Biorreator n...; Alg = Algaroba; Abx = Abacaxi; SST = Sólidos Solúveis Totais.

Figura 1 - Variações de SST e teor alcóolico no Processo fermentativo 1.

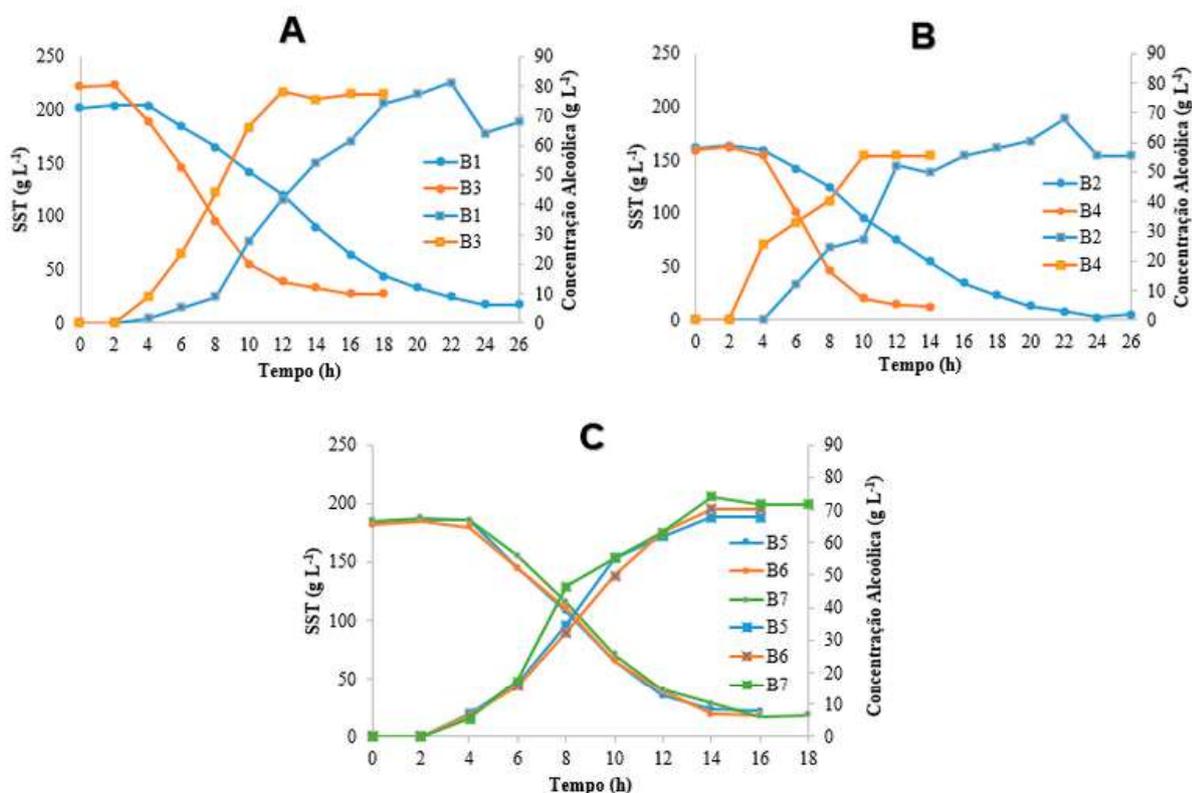


Figura 1A - Proporção Algaroba/Abacaxi (3:1); Figura 1B - Proporção Algaroba/Abacaxi (1:3); Figura 1C - Proporção Algaroba/Abacaxi (1:1).

Com base nesses resultados foi possível determinar que a maior produtividade e fração de conversão se encontram nas proporções 1:1 com 10 g L<sup>-1</sup>

de fermento, ou seja, nas condições do ponto central do planejamento fatorial, como demonstrado na Tabela 9.

Tabela 9 - Parâmetros cinéticos do Processo fermentativo 1.

Ensaio	Proporção Alg/Abx	Produtividade (g L <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Y <sub>P/S</sub>
B1	3:1	2,65	0,37
B2	1:3	2,13	0,35
B3	3:1	4,29	0,4
B4	1:3	3,96	0,38
B5	1:1	4,24	0,42
B6	1:1	4,40	0,43
B7	1:1	3,99	0,43

As proporções 1:1 tiveram produtividade média de 4,21 ± 0,20 g.L<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> e 0,43 ± 0,01 superando valores encontrados nos ensaios B1-B4, corroborando então para sua aplicação no processo fermentativo 2.

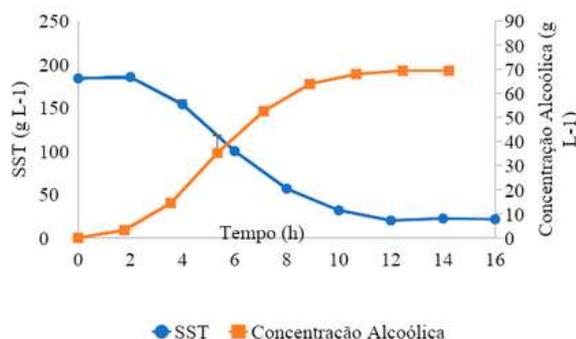
O processo fermentativo 2 foi conduzido nas mesmas condições do ensaio que apresentou melhor resultado no Processo fermentativo 1 (condições do ponto central). Logo, utilizaram-se essas condições para produzir uma maior quantidade de fermentado para posterior

• Processo fermentativo 2

destilação e obtenção da aguardente de abacaxi e algaroba.

Segundo Silva (2009), é necessário, para a produção de bebidas alcoólicas de alta qualidade, o controle rigoroso de diferentes parâmetros fermentativos. Na Figura 2,

**Figura 2** - Sólidos Solúveis Totais (SST) e concentração alcoólica ao longo do Processo fermentativo 2, realizado com a mistura algaroba/abacaxi (1:1), e concentração de levedura 10 g L<sup>-1</sup>.



O comportamento observado nesta cinética fermentativa ocorreu conforme o esperado para uma fermentação alcoólica. À medida que a concentração de açúcares diminuiu, a concentração de etanol aumentou, sendo estes inversamente proporcionais como descrito na Figura 2. Tal fenômeno ocorre graças ao metabolismo da glicose no meio citosólico do microrganismo e formação do produto (NELSON; COX, 2014).

Como esperado, os parâmetros desse processo fermentativo em maior escala se

estão apresentadas as médias e desvios padrões das concentrações de substrato (S) e produto (P) obtidas durante o Processo fermentativo 2. O processo foi realizado em triplicata.

mantiveram consonante àquele realizado em menor escala, evidenciada na Figura 1C.

As variáveis SST e teor alcoólico (g L<sup>-1</sup>) puderam ser utilizadas para relacionar os índices de desempenho com as variáveis de resposta: Produtividade em g L<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>; fração de conversão (Y<sub>P/S</sub>). Estas foram comparadas aos trabalhos de Parente (2014) e Silva (2009) que utilizaram abacaxi e algaroba, respectivamente, na obtenção de fermentados alcoólicos, como pode ser visto na Tabela 10.

**Tabela 10** - Comparação dos parâmetros cinéticos deste estudo com valores encontrados na literatura.

Ensaio	Este estudo	Parente (2014)	Silva (2009)
SST Inicial (g.L <sup>-1</sup> )	183,76 ± 0,00	170,00 ± 0,00	180,00 ± 0,00
SST Final (g.L <sup>-1</sup> )	20,43 ± 1,79	54,00 ± 0,00	38,93 ± 7,74
pH	4,48 ± 0,01	3,88 ± 0,09	5,10 ± 0,10
Concentração de levedura (g.L <sup>-1</sup> )	10,00 ± 0,00	15,00 ± 0,00	15,00 ± 0,00
Teor Alcoólico Final (g.L <sup>-1</sup> )	69,35 ± 0,00	70,66 ± 0,00	66,28 ± 4,39
Tempo (h)	16,00 ± 0,00	24,00 ± 0,00	14,67 ± 1,15
Produtividade (g.L <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> )	4,33 ± 0,00	2,94 ± 0,00	4,54 ± 0,43
Y <sub>P/S</sub>	0,43 ± 0,01	0,50 ± 0,00	0,47 ± 0,03

Em relação ao fermentado de abacaxi, o fermentado misto possuiu maior produtividade, o que pode ser atribuído ao fato de o pH da mistura estar mais adequado

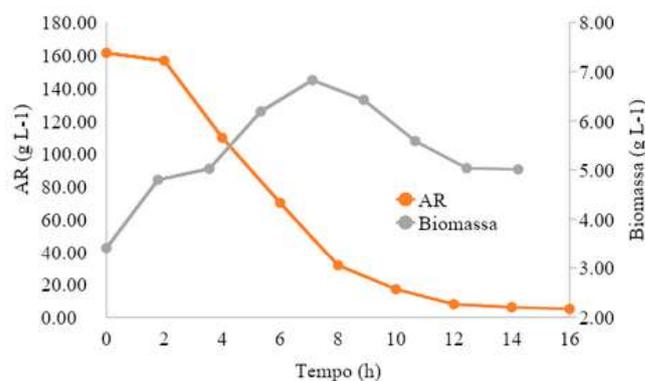
ao processo fermentativo em comparação ao do suco da fruta não misturado. Em relação ao fator de conversão, a mistura apresentou valor inferior, devido ao fato de o suco de

abacaxi ter sido *chaptalizado* no estudo de Parente (2014) para correção de °Brix antes de se iniciar a fermentação, fazendo que existisse uma maior disponibilidade de açúcares. Em relação ao fermentado de algaroba elaborado por Silva (2009), os resultados são semelhantes, apesar deste estudo utilizar uma mistura de caldo de

algaroba acrescida de suco de abacaxi.

É possível também observar um comportamento congruente ao reportado por diversos autores (BORZANI, 2001) com relação ao ciclo metabólico da levedura e consumo de açúcares redutores, como visto na Figura 3.

**Figura 3** - Açúcares redutores e biomassa seca determinados na cinética do Processo fermentativo 2, realizado com a mistura algaroba/abacaxi (1:1), e concentração de levedura 10 g L<sup>-1</sup>.



A série de dados de biomassa, representada pela cor cinza na Figura 3, evidencia bem as fases do crescimento microbiano da levedura utilizada. É observada uma fase de crescimento exponencial expressivo, graças à abundância de substrato fermentescível em ambiente de anaerobiose que direciona o metabolismo da levedura a produção de etanol, já discutido na Figura 2, como produto majoritário do processo.

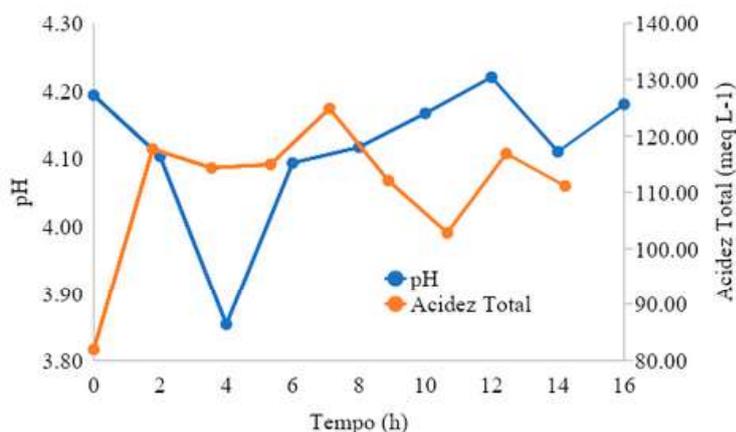
fermento que implica diretamente na fase de declínio do microrganismo, correlacionado com o começo da escassez de açúcares expressa pela série de dados de cor laranja.

Torna-se visível também que a partir da oitava hora de fermentação, há um decaimento gradual na concentração de

A variação de pH e acidez, escalas comunicantes entre si e numericamente proporcionais ao inverso, foram da ordem de 4,18 e 111,13 meq L<sup>-1</sup>, respectivamente, ao final do processo.

Durante o desenvolvimento da fermentação essas variáveis se mantiveram em uma faixa ótima ao metabolismo da levedura (AQUARONE, 2001; BORZANI, 2001), como pode ser visto na Figura 4.

**Figura 4** - pH e Acidez total na cinética do Processo fermentativo 2, realizado com a mistura algaroba/abacaxi (1:1) e concentração de levedura 10 g L<sup>-1</sup>.



Foi observada uma leve diminuição no valor de pH após 4 horas de fermentação, provavelmente, devido a formação de álcool a partir deste período (vide Figura 2). Os valores de acidez encontrados ao final do processo estão conforme os limites estabelecidos pela legislação vigente (BRASIL, 2012) para os fermentados de fruta.

#### Destilação

A destilação de um caldo fermentado para fins alimentícios implica na concentração do teor alcoólico por meio de alambique de aço inox ou cobre. Os voláteis produzidos pelo microrganismo compreendem majoritariamente etanol, mas em menor escala são produzidos metanol, outros álcoois superiores, acetato de etila e acetaldeído (SILVA, 2009; ALCARDE, 2012).

A legislação brasileira considera metanol e acetaldeído como contaminantes orgânicos da aguardente sendo necessários atender parâmetros de controle de qualidade antes do consumo humano da bebida fermento-destilada. A destilação

visa promover à separação e a seleção dos componentes voláteis que não são nocivos à saúde humana (BRASIL, 2011).

O resultado deste processo pode ser dividido em três frações: cabeça, cauda e coração. Sendo esta última a fração majoritária, chegando até 80% do volume destilado, e de interesse por haver uma concentração maior de etanol e ésteres (SILVA, 2009; ALCARDE, 2012; SERAFIM, 2011).

A fração cabeça é composta principalmente por substâncias mais voláteis que o álcool e consideradas tóxicas, como o metanol e acetaldeído. Enquanto a fração cauda, também chamada de “água fraca”, apresenta uma concentração alcoólica exatamente baixa (ALCARDE, 2012; SERAFIM, 2011)

A partir do processo de destilação feito neste estudo, que partiu de 16 L de caldo fermentado, foi obtido ao final do processo 3,9 L de destilado. Sendo a aguardente somente o volume correspondente a fração coração, como pode ser visto na Tabela 11.

**Tabela 10** - Comparação dos parâmetros cinéticos deste estudo com valores encontrados na literatura.

Componente	Unidade	Limite - MAPA		Resultados
		Mínimo	Máximo	
Teor alcoólico, % a 20 °C	mL 100 mL <sup>-1</sup>	36	54	44,78
Acidez volátil, em ácido acético	mg 100 mL <sup>-1</sup> álcool anidro	-	100	46
Ésteres totais, em acetato de etila	mg 100 mL <sup>-1</sup> álcool anidro	-	250	25
Aldeídos totais, em acetaldeído	mg 100 mL <sup>-1</sup> álcool anidro	-	30	15
Furfural + Hidroximetilfurfural	mg 100 mL <sup>-1</sup> álcool anidro	-	5	< 1,0
Álcoois superiores*	mg 100 mL <sup>-1</sup> álcool anidro	-	360	616
Congêneres**	mg 100 mL <sup>-1</sup> álcool anidro	200	650	702
Álcool metílico	mg 100 mL <sup>-1</sup> álcool anidro	-	400	40
Álcool sec-butílico	mg 100 mL <sup>-1</sup> álcool anidro	-	10	< 0,05
Álcool n-butílico	mg 100 mL <sup>-1</sup> álcool anidro	-	3	< 0,55
Acroleína	mg 100 mL <sup>-1</sup> álcool anidro	-	5	< 1,0
Carbamato de etila	µg L <sup>-1</sup>	-	210	< 50
Cobre (Cu)	mg L <sup>-1</sup>	-	5	0,73
Chumbo (Pb)	µg L <sup>-1</sup>	-	200	< 10
Arsênio (As)	µg L <sup>-1</sup>	-	100	< 7,0

Teor de açúcar (sacarose) g L<sup>-1</sup> - < 6\*\*\* < 1,0

\*Álcoois superiores = (isobutílico + isoamílico + n-propílico);

\*\*Congêneres = (acidez volátil + ésteres + aldeídos + furfural/hidroximetilfurfural + álcoois superiores);

\*\*\* Aguardente de fruta “adoçada” = máximo 30 g L<sup>-1</sup>.

## Conclusão

A partir dos resultados obtidos foi possível concluir que a mistura dos caldos de algaroba e abacaxi, visando à fermentação e destilação, é viável.

Ao efetuar-se a combinação foi possível corrigir o pH ligeiramente ácido do abacaxi e adicionar a ele uma fonte de açúcares fermentescíveis, ao passo que, à algaroba foi adicionado as propriedades sensoriais provenientes do abacaxi.

A bebida atendeu a legislação brasileira ao que se refere ao teor alcoólico final após a destilação do caldo fermentado.

A aguardente, obtida da fração coração, atendeu a maioria dos parâmetros exigidos em legislação, os que ficaram fora dos limites podem ser corrigidos com acompanhamento cinético da destilação em ordem de se determinar o ponto ideal de corte das frações do produto destilado.

## Referências

ABREU, C. M. P. *et al.* **Abacaxi: pós-colheita**. 2. ed. Brasília: Embrapa informação tecnológica, 2007.

AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS. **Algaroba para comer e beber**. 2012. Disponível em: <http://apta regional.sp.gov.br/Noticias/algaroba-para-comer-e-beber.html>. Acesso em: 11 jan. 2020.

ALCARDE, A. R. *et al.* Composição química de aguardentes de cana-de-açúcar fermentadas por diferentes cepas de levedura *Saccharomyces cerevisiae*. **Quim. Nova**, São Paulo, v. 35, n. 8, p 1612-18, 2012. Disponível em: < [http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol35No8\\_1612\\_21-AR12164.pdf](http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol35No8_1612_21-AR12164.pdf) > Aceso em: 20 jul. 2019.

AQUARONE, E. *et al.* **Biotechnologia Industrial: Biotechnologia na Produção de Alimentos**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.

ARAÚJO, K. G. L. *et al.* Utilização de abacaxi (*Ananas comosus* L.) cv. Pérola e *Smooth cayennepara* na produção de vinhos-estudo da composição química e aceitabilidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 1, p. 56-61, 2009.

BATISTA, F. R. M. **Estudo do processo de destilação alcoólica contínua: Simulação de Plantas Industriais de Produção de Álcool Hidratado, Álcool Neutro e Cachaça**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

BELCHIOR, D. C. V. *et al.* Produção de fermentado alcoólico a partir de abacaxi (*Ananas Comosus* L). In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9., 2013, Palmas. **Anais [...]**. Palmas: UFT, 2013. Disponível em: <<http://www.eventos.uft.edu.br/index.php/sic/IX/paper/viewFile/489/65>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

BORZANI, W. **Biotecnologia Industrial**: Fundamentos. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2008. p. 184-185.

BORZANI, W. *et al.* **Biotecnologia industrial**: Processos fermentativos e enzimáticos. 1. ed. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda., 2001.

BRASIL. **Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009**. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Diário Oficial, Brasília, DF, 4 jun. 2009. Seção IV, p. 16. 18.

BRASIL. Instrução normativa nº 13, de 29 de junho de 2005. Aprova o regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para aguardente de cana e para cachaça. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 2005a.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução normativa nº 15, de 31 de março de 2011**. Estabelece a complementação dos padrões de identidade e qualidade para as bebidas alcoólicas destiladas, comercializadas em todo o território nacional. Diário oficial, Brasília, DF.

BRASIL. Instrução normativa nº 28, de 08 de agosto de 2014. Alterar o subitem 5.1.2. do Anexo da Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 2005b.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução normativa nº 34, de 29 de novembro de 2012**. Estabelece a complementação dos padrões de identidade e qualidade para bebidas fermentadas. Diário oficial, Brasília, DF.

CEASA/PR. **ABACAXI: Produção, mercado e preços na CEASA-PR**. Disponível em: [http://www.ceasa.pr.gov.br/arquivos/File/BOLETIM/Informe\\_Tecnico\\_Abacaxi.pdf](http://www.ceasa.pr.gov.br/arquivos/File/BOLETIM/Informe_Tecnico_Abacaxi.pdf). Acesso em: 10 jan. 2020.

EMBRAPA - SISTEMAS DE PRODUÇÃO. **Sistema de Produção de Destilado de Vinho**. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Vinho/SistemaProducaoDestiladoVinho/destilacao.htm>. Acesso em: 11 jan. 2020.

FLORENTINO, E. R. **Aproveitamento do soro de queijo de coagulação enzimática**. 2006. 138f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia Química, Natal.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Statistical Yearbook: Asia and the Pacific Food and Agriculture**. Bangkok: FAO, 2014.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análises de alimentos. 4ª ed. (1ª Edição digital), 2008. 1020 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Banco de dados agregados. SIDRA: Sistema IBGE de recuperação automática. **Levantamento Sistemático da Produção agrícola**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612#resultado>. Acesso em: 01 jul. 2019.

MUNIZ, M. B. **Processamento das vagens de algaroba (*Prosopis juliflora*) para produção de bioprodutos**. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

NELSON, N. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

PARENTE, G. D. L. **Cinética da fermentação e da destilação na produção de aguardente de abacaxi**. 2014. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Programa de Pós-Graduação Em Sistemas Agroindustriais-PPGSA, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.

RIBASKI, J. **Algaroba (*Prosopis juliflora*): Árvore de Uso Múltiplo para a Região Semiárida Brasileira**.

SEBRAE RESPOSTAS. **Cultivo e mercado do abacaxi**. 2014. Disponível em: <https://respostas.sebrae.com.br/cultivo-e-mercado-do-abacaxi/>. Acesso em: 10 jan. 2020.

SERAFIM, F. A. *et al* . Ácidos orgânicos em aguardentes produzidas em alambique e em coluna. **Química Nova**, v. 34, n. 1, p. 28-32, 2011.

SILVA, C. G. **Desenvolvimento de um sistema micro industrial para obtenção de aguardente bidestilada de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) DC)**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2002.

SILVA, C. G. **Otimização das etapas de produção da aguardente de algaroba (*Prosopis juliflora* Sw DC) e aproveitamento dos resíduos resultantes em produtos alimentares**. 2009. Doutorado (Tese em Engenharia de Processos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

SILVA, J. L. A. D. *et al*. Utilização de abacaxi para elaboração de vinhos: avaliação físico-química e aceitabilidade. **Holos**, v. 3, n. 26, p. 108-118, 2010.

SOUZA, L. M.; ALCARDE, A.; LIMA, F. V.; BORTOLETTO, A. **Produção de Cachaça de qualidade**. 1. ed. Piracicaba: Casa do Produtor Rural, 2013. p. 52-53.

VASCONCELOS, N. M.; PINTO, G. A. S.; ARAGÃO, F. A. S. Determinação de açúcares redutores pelo ácido 3, 5-dinitrosalicílico: histórico do desenvolvimento do método e estabelecimento de um protocolo para o laboratório de bioprocessos. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**, n. 88, Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, 2013.