



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE BIOTECNOLOGIA E
BIOPROCESSOS
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOTECNOLOGIA E BIOPROCESSOS

BERNADETE DE FARIAS RAMOS

AVALIAÇÃO DO PROCESSO FERMENTATIVO NA PRODUÇÃO DE
AGUARDENTE DE SERIGUELA (*Spondias purpurea L.*)

SUMÉ-PB
2018

BERNADETE DE FARIAS RAMOS

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO FERMENTATIVO NA PRODUÇÃO DE
AGUARDENTE DE SERIGUELA (*Spondias purpurea L.*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Rafael Pereira Nunes

Coorientador: Prof. Dr. Jean César Farias de Queiroz

**SUMÉ-PB
2018**

R175a Ramos, Bernadete de Farias.
Avaliação do processo fermentativo na produção de aguardente de seriguela (*Spondia purpúrea* L.). / Bernadete de Farias Ramos. - Sumé - PB: [s.n], 2018.

58 f.

Orientador: Professor Dr. Bruno Rafael Pereira Nunes.
Co-orientador: Professor Dr. Jean César Farias de Queiroz.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos.

1. Cinética de fermentação. 2. Processos de batelada. 3. Cachaça de seriguela. 4. *Spondias purpúrea* L. I. Título.

CDU: 60(043.1)

BERNADETE DE FARIAS RAMOS

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO FERMENTATIVO NA PRODUÇÃO DE
AGUARDENTE DE SERIGUELA (*Spondias purpurea L.*)**

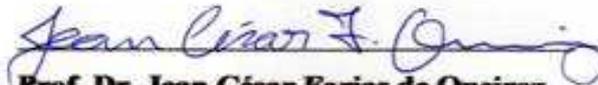
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos.

BANCA EXAMINADORA



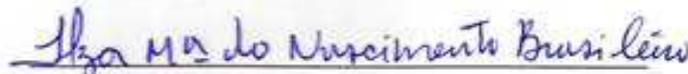
Nota (10,0)

Prof. Dr. Bruno Rafael Pereira Nunes
Orientador – UAEB/CDSA/UFCG



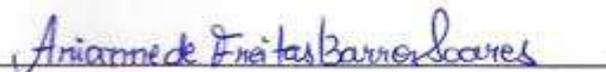
Nota (6,0)

Prof. Dr. Jean César Farias de Queiroz
Coorientador – UAEB/CDSA/UFCG



Nota (10,0)

Prof.ª Dr.ª Ilza Maria do Nascimento Brasileiro
Examinador I – UATEC/CDSA/UFCG



Nota (9,5)

Prof.ª Ms.ª Arianne de Freitas Barros Soares
Examinador II – UAEB/CDSA/UFCG

Nota Final (Média)

Nota (9,9)

Aprovado em 13 de julho de 2018

DEDICATÓRIA

Primeiramente, a **Deus**, meu Senhor e meu Guia.

Aos meus pais, **Inácio** e **Maria do Carmo**, por todo apoio e incentivo durante o período de graduação, acreditando e investindo no meu potencial.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por seu grande amor para comigo, me abençoando, protegendo, dando forças e coragem pra enfrentar todas as dificuldades ao longo do curso. Sei que nEle posso confiar.

Aos meus pais, Inácio e Maria do Carmo pelo incentivo e apoio incondicional em todos os momentos da minha vida, não medindo esforços para que eu concluísse essa etapa. Sem vocês nada seria possível!

Aos meus irmãos, Izaías, Izabel, Daniel, Moisés, Karolina, Ezequiel, Beatriz e Euflaudizia pelo companheirismo e carinho de sempre. Amo vocês!

Aos meus avós maternos Sebastião e Terezinha, e meus avós paternos, Manoel (in memoriam) e Adalzira (in memoriam), por todo apoio e torcida pelo sucesso em minha vida acadêmica.

Aos meus tios e tias por todas as palavras de incentivo durante todo o curso.

Aos meus padrinhos, Arlindo, Eugênia, Jocideia e Aline, por sempre estarem presentes em minha vida pessoal e profissional, apoiando e incentivando cada passo meu.

A toda minha família por todo suporte e apoio nos momentos difíceis, estando sempre dispostos a ajudar no que precisasse.

Ao meu orientador Prof. Dr. Bruno Rafael Pereira Nunes, pela oportunidade, apoio e contribuição para a realização desse trabalho. Meu muito obrigado!

Ao meu Coorientador, Prof. Dr. Jean César Farias de Queiroz, por todo auxílio e contribuição durante os experimentos laboratoriais.

Ao meu amigo Eder pela ajuda na realização dos experimentos.

A todos os professores que contribuíram durante toda a graduação, em especial agradeço a Jean, Glauciane, Ana Verônica, Franklin, Alex, Fabiana, Bruno, Michele, Ilza, Ranoel, Aldre, Janduy, Rafael, Eloy, Tatiana, Mérgia, Hugo, por todo conhecimento transmitido durante todo o curso.

Aos meus colegas de curso, por todos os momentos juntos no decorrer desses anos, compartilhando conhecimentos, trocando experiências e por todas as diversões ao longo desses anos.

Aos meus amigos/irmãos Laedson e Luana pelo companheirismo, amizade e pelos bons momentos compartilhados juntos como irmãos.

Aos todos amigos da republica Parariense, Daniel, William, Daiany, Luana, Laedson, Joaquim, João Paulo, Arlene e Roberto, por todos os momentos vivenciados juntos.

A todos os meus amigos de Parari e Sumé, que sempre estiveram presente em minha vida. Obrigada pelo carinho, amizade e risadas.

A todos os funcionários do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (CDSA), pelo auxílio e atenção, em especial agradeço a Cristiano, Joao, Sueli, Norma e Paloma.

Ao Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (CDSA) e a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

A todos que de forma diretamente ou indiretamente, contribuíram para realização desse trabalho.

*“Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo do céu”
Eclesiastes 3:1*

RESUMO

O desenvolvimento de bebidas fermentadas a base de frutos tropicais vem se apresentando como uma boa alternativa para a produção de derivados do fruto, possibilitando agregar novos valores e elevar o tempo de vida útil do fruto. A seriguela (*Spondias purpúrea*) é um fruto bastante difundido no Nordeste e apresenta um elevado teor de açúcar que é uma característica positiva para o desenvolvimento de um fermentado alcóolico a partir da conversão desses açúcares no produto final pela ação dos microrganismos. Assim, esse trabalho teve como objetivo de promover a fermentação do mosto de seriguela, comparando desenvolvimento de dois processos em batelada, sendo um operando em reator com agitação por meio de dois impelidores e o outro realizado em reator sem agitação. Também tivemos como objetivos realizar a análise cinética dos processos analisando a evolução dos parâmetros cinéticos: teor de sólidos solúveis, concentração de células e concentração de etanol ao longo de todo processo fermentativo; determinar o rendimento e a produtividade do fermentado alcóolico e em seguida realizar o processo de destilação para obtenção do destilado do fruto. Foi utilizada a levedura *Saccharomyces cerevisiae* para a realização dos dois processos de fermentação alcóolica (batelada com e sem agitação), pois é uma levedura que foi utilizada em diversos processos fermentativos de bebidas e apresentou um bom potencial para o desenvolvimento do fermentado. O processo fermentativo para o processo realizado em reator com agitação ocorreu por um período de 89 horas enquanto a fermentação em batelada sem agitação ocorreu por um período de 88 horas. Em ambos os processos foram feitos o acompanhamento do teor de sólidos solúveis totais expressos em graus Brix, pH e concentração de células, ao longo de toda fermentação. O produto final da fermentação em batelada com agitação obteve teor de sólidos solúveis de 6,00 °Brix, teor alcoólico 8,78 % ABV, pH de 4,15 e concentração de células de 20,90 g.L⁻¹. Para os processos realizados em batelada sem agitação os resultados foram de 6,00 °Brix de teor de sólidos solúveis; graduação alcoólica de 8,78 % ABV; pH de 4,15 e concentração de células 21,00 g.L⁻¹. A análise cinética do processo fermentativo mostrou que o fermentado obteve um rendimento de 78,72% em ambos os processos, enquanto que a produtividade foi de 3,46 g.L⁻¹.h para o processo descontínuo por meio de agitação e 2,88 g.L⁻¹.h para batelada sem agitação. Os fermentados de ambos os processos foram misturados e em seguida passou por um processo de destilação obtendo-se uma bebida fermento-destilado com uma graduação alcoólica final de 40% (v/v).

Palavras-chave: Processos em batelada. *Saccharomyces cerevisiae*. Cinética da fermentação. Destilação.

ABSTRACT

The development of fermented beverages based on tropical fruits has been presented as a good alternative for the production of fruit derivatives, making it possible to add new values and increase the shelf life of the fruit. The seriguela (*Spondias purpúrea*) is a very widespread fruit in the Northeast and presents a high sugar content that is a positive characteristic for the development of an alcoholic fermentation from the conversion of these sugars in the final product by the action of the microorganisms. Thus, this work had the objective of promoting the fermentation of the seriguela wort, comparing the development of two processes in batch, being one operand in a reactor with agitation by means of two impellers and the other one carried out in a reactor without agitation. We also aimed to perform the kinetic analysis of the processes by analyzing the evolution of the kinetic parameters: soluble solids content, cell concentration and ethanol concentration throughout the fermentation process; determine the yield and productivity of the alcoholic fermentation and then carry out the distillation process to obtain the distillate of the fruit. The yeast *Saccharomyces cerevisiae* was used to perform the two processes of alcoholic fermentation (batch with and without agitation), because it is a yeast that was used in several fermentative processes of beverages and presented a good potential for the development of the fermented. The fermentation process for the stirred reactor process occurred for a period of 89 hours while batch fermentation without agitation occurred for a period of 88 hours. In both processes, the total soluble solids content expressed in degrees Brix, pH and cell concentration were monitored throughout the fermentation. The final product of batch fermentation with stirring obtained soluble solids content of 6.00 ° Brix, alcoholic content 8.78% ABV, pH of 4.15 and cell concentration of 20.90 g / L. For batch processes without stirring the results were 6.00 ° Brix of soluble solids content; alcoholic strength of 8.78% ABV; pH of 4.15 and cell concentration 21.00 g / L. The kinetic analysis of the fermentation process showed that the fermentation obtained a yield of 78.72% in both processes, while the yield was 3.46 gL⁻¹.h for the discontinuous process by means of stirring and 2.88 gL⁻¹.h for batch without stirring. The ferments from both processes were mixed and then went through a distillation process to yield a yeast-distilled beverage with a final alcoholic strength of 40% (v / v).

Keywords: Batch processes. *Saccharomyces cerevisiae*. Kinetics of fermentation. Distillation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curvas de ajuste para um ideal processo fermentativo, onde X, P e S são respectivamente as concentrações de microrganismo, produto e substrato residual no meio em função do tempo de fermentação.....	9
Figura 2 - Frutos de seriguela (<i>Spondias purpurea</i>).	15
Figura 3 - Reator utilizado no processo fermentativo com agitação	19
Figura 4 - Reator operando com agitação de 350rpm	19
Figura 5 - Reator utilizado no processo fermentativo sem agitação.	20
Figura 6 - Destilação para obtenção da aguardente.....	21
Figura 7 - Fermentado do processo em batelada com agitação.....	25
Figura 8 - Fermentado do processo em batelada sem agitação	25
Figura 9 - Reator manual operando sem agitação	28
Figura 10 - Aguardente de seriguela com graduação alcoólica de 40% (v/v), obtida no processo de bidestilação	35
Gráfico 1 - Representação do perfil cinético da produção do fermentado em função do tempo no processo de fermentação alcoólica realizado no reator agitado por meio de dois impeditores.	26
Gráfico 2 - Perfil cinético da produção do fermentado em função do tempo no processo de fermentação alcoólica realizado no reator sem agitação	29
Gráfico 3 - Comportamento do pH durante o processo fermentativo do mosto de seriguela realizado em batelada, com e sem agitação.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Valores de concentração experimental e teórica de etanol, expressas em g.L^{-1} para os dois reatores.....	32
Tabela 2- Parâmetros cinéticos da fermentação alcoólica no reator agitado por meio de dois impedidores.....	32
Tabela 3- Parâmetros cinéticos da fermentação alcoólica no reator sem agitação.....	32

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1- Equação que representa o processo de conversão da glicose em álcool etílico e gás carbônico em processos fermentativos.....	5
Equação 2- Fator de conversão de substrato em célula.....	9
Equação 3- Fator de conversão de produtos em células.....	9
Equação 4- Fator de conversão de substrato em produto.....	9
Equação 5- Cálculo para determinação do crescimento celular em g.L^{-1}	22
Equação 6- Cálculo para determinação da sacarose em g.L^{-1}	22
Equação 7- Equilíbrio químico do processo fermentativo.....	23
Equação 8- Cálculo para determinação da concentração de etanol máxima teórica (Q_t).....	24
Equação 9- Cálculo para determinação da concentração de etanol experimental (Q_e).....	24
Equação 10- Cálculo para determinação do rendimento.....	24
Equação 11- Cálculo para determinação da produtividade.....	24

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABV	Álcool por volume
atm	Atmosfera
CDSA	Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido
CO₂	Dióxido de carbono
g.L⁻¹	Grama por litro
h	Horas
HPLC	Cromatografia líquida de alta eficiência
Kg	Kilograma
L	Litro
M	Molaridade
mL	Mililitro
NaOH	Hidróxido de sódio
pH	Potencial Hidrogeniônico
PET	Poli Tereftalato de Etila
P	Produtividade
P = P(t)	Concentração de produto
Q_e	Concentração de etanol experimental
Q_t	Concentração de etanol máxima teórica
R	Rendimento
S = S(t)	Concentração de substrato

t	Tempo
UFMG	Universidade Federal de Campina Grande
X = X(t)	Concentração de microrganismo
Y_{X/S}	Fator de conversão de substrato em concentração celular (g/g)
Y_{X/P}	Fator de conversão de concentração celular em produto (g/g)
Y_{P/S}	Fator de conversão de substrato em produto (g/g)
°C	Grau Celsius
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GERAL	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	4
3.1 PROCESSO FERMENTATIVO	4
3.2 MODOS DE CONDUÇÃO DOS PROCESSOS FERMENTATIVOS	6
3.2.1 <i>Processo descontínuo</i>	6
3.2.2 <i>Processo contínuo</i>	7
3.2.3 <i>Processo descontínuo alimentado</i>	8
3.3 AQUISIÇÃO DE DADOS CINÉTICOS	8
3.4 FERMENTADO DE FRUTAS.....	10
3.5 DESTILADO DE FRUTAS	12
3.6 SERIGUELA (<i>SPONDIAS PURPUREA L.</i>)	14
4. MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1 MATÉRIA-PRIMA	17
4.2 MICRORGANISMO.....	17
4.3 MOSTO: PREPARO E CORREÇÕES.....	17
4.3.1 <i>Preparo do mosto</i>	17
4.3.2 <i>Aquecimento e filtração</i>	17
4.3.3 <i>Correção da quantidade de açúcar (Chaptalização)</i>	18
4.3.4 <i>Correção do pH</i>	18
4.3.5 <i>Autoclavagem</i>	18
4.4 FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA	18
4.4.1 <i>Processo descontínuo com agitação</i>	18
4.4.2 <i>Processo descontínuo sem agitação</i>	20
4.4.3 <i>Centrifugação</i>	20
4.4.4 <i>Destilação</i>	21
4.5 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS CINÉTICOS DO PROCESSO FERMENTATIVO.....	21
4.5.1 <i>Crescimento celular</i>	22
4.5.2 <i>Consumo do substrato</i>	22
4.5.3 <i>Produção de Etanol</i>	22
4.6 ESTEQUIOMETRIA DA REAÇÃO E CÁLCULOS DO RENDIMENTO, PRODUTIVIDADE E DOS PARÂMETROS CINÉTICOS DA FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA.....	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25

5.1	CINÉTICA DO PROCESSO FERMENTATIVO EM BATELADA COM AGITAÇÃO	26
5.2	CINÉTICA DO PROCESSO FERMENTATIVO EM BATELADA SEM AGITAÇÃO	28
5.3	ANÁLISE DO pH DOS PROCESSOS FERMENTATIVOS	30
5.4	PARÂMETROS CINÉTICOS DOS PROCESSOS FERMENTATIVOS	32
5.5	DESTILADO	34
6.	CONCLUSÃO.....	36
	REFERÊNCIAS	37

1. INTRODUÇÃO

As regiões Norte e Nordeste possuem grande destaque no que diz respeito a frutas tropicais, apresentando potencial para o desenvolvimento de produtos com maior valor agregado derivados dessas frutas, que suportam as variações climáticas presentes nas regiões (PAULA, 2011).

Uma dessas frutas é a seriguela (*Spondias purpúrea*), que é originária da América central, também conhecida como ceriguela, ciriguela, entre outras denominações. É uma planta que pertence a família das Anacardiaceae. O gênero *Spondias*, apresenta um elevado destaque comercial, por produzirem frutas de sabor agradável, sendo encontradas no mercado principalmente na forma *in natura* ou como polpa. Difundiu-se por diversas regiões da América do Sul, sendo bastante encontrada nas regiões Norte e Nordeste do Brasil (ARAUJO, 2004).

A seriguela é rica em açúcar, onde essa quantidade vai aumentando de acordo com a maturidade da fruta. Dentre estes açúcares, glicose, frutose e sacarose são encontrados em maior quantidade (SOARES, 2011).

Os processos fermentativos vêm sendo usados desde muito tempo pelos egípcios, assírios e babilônicos. Desde 6.000 a.C. já se tem conhecimento da produção de bebidas alcoólicas fermentadas, e sua produção vem crescendo cada vez mais (VILLEN, 2009).

O desenvolvimento de bebidas fermentadas tendo como matéria prima frutos tropicais vem se tornando cada vez mais comum, apresentando diversos pontos positivos como a agregação de valor ao novo produto formado, além de diminuir as perdas pós-colheita e aumentar o seu tempo de vida útil (VIEIRA, 2012).

Segundo o decreto nº 6.871, de 04 de Junho de 2009, da Legislação Brasileira, bebidas desenvolvidas através da fermentação proveniente de uma fruta, devem conter um teor alcoólico de quatro a quatorze por cento em volume, a vinte graus Celsius. O fermentado é desenvolvido através da fermentação do mosto de fruta sã, frescas e maduras (BRASIL, 2009).

A fermentação alcoólica é um processo anaeróbico de transformação bioquímica capaz de transformar os açúcares presentes no mosto em álcool etílico (etanol) e gás carbônico

(CO₂) pela ação de leveduras (FERREIRA, 2007). As principais leveduras utilizadas em processos fermentativos pertencem ao gênero *Saccharomyces*, por apresentar um rápido processo fermentativo e uma elevada conversão dos açúcares em etanol (GAVA, 1984).

O processo fermentativo pode se desenvolver em reatores biológicos, onde a operação pode ocorrer de forma contínua, descontínua, semicontínua e descontínua alimentada e todos podem operar com ou sem recirculação do fermento (SCHIMIDELL e FACCIOTTI, 2001).

Quando o mosto, após o processo fermentativo, passa pelo processo de destilação têm-se como produtos bebidas destiladas, também conhecidas como aguardentes (SILVA et.al, 2011). A principal matéria-prima aplicada para a fabricação de aguardente é a cana-de-açúcar. Existe uma diversidade enorme de matérias primas que são utilizadas para a produção de bebidas destiladas. No Brasil, as matérias primas são selecionadas pela presença de açúcares ou amido, seja de origem animal ou vegetal, na qual essas substâncias por meio da ação das leveduras são quebradas e convertidas em etanol (LIMA; FILHO, 2011).

No Brasil, a aguardente de cana de açúcar é conhecida como cachaça, e possui graduação alcoólica variando de 38 a 54% a 20°C (Brasil, 2005). Já as aguardentes provenientes de frutos devem possuir um teor alcoólico de 36 a 54% a 20°C (BRASIL, 2009).

Assim, o objetivo desse trabalho foi desenvolver uma bebida fermentada utilizando como substrato a polpa da seriguela, por ser uma fruta que apresenta elevados teores de açúcar e durante o processo realizar a análise cinética da fermentação alcoólica, comparando os resultados obtidos quando se conduz o processo em dois tipos de reatores, um com agitação e outro sem agitação e em seguida realizar a destilação do fermentado para obtenção da aguardente, com o propósito de desenvolver um produto que apresente potencial para a comercialização.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma bebida fermento-destilada utilizando como substrato a polpa da seriguela.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar o processo fermentativo em batelada com e sem agitação, para verificar a influencia da agitação no processo;
- Analisar a evolução dos parâmetros cinéticos: teor de sólidos solúveis, concentração de células e concentração de etanol ao longo de todo processo fermentativo;
- Determinar o rendimento e a produtividade do fermentado alcoólico;
- Destilar o produto do processo fermentativo e analisar o destilado com relação ao teor alcoólico.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 PROCESSO FERMENTATIVO

Desde a antiguidade que a humanidade vem convivendo com processos fermentativos. Os egípcios, há mais de 4000 anos utilizavam os processos fermentativos na fabricação de pães e bebidas alcólicas a partir de cereais e frutas sem mesmo ter o embasamento científico de tal processo. Foi nos séculos XIV e XV que os processos fermentativos foram vistos como processos microbiológicos (MONGELO, 2012). Os estudos relativos a esse processo iniciaram no século dezessete, pelo pesquisador Antonie Van Leeuwenhock, por meio da visualização de gotas de cervejas no microscópio, onde ele descreve os microrganismos, que são organismos não visíveis a olho nu (AMORIM, 2005).

Derivado do latim *fervere* (ferver), o termo fermentação remete ao surgimento de bolhas que acontece normalmente durante o processo fermentativo devido à produção de dióxido de carbono pela ação de microrganismos, sejam bactérias ou fungos, sobre o material orgânico (VICENZI, 2011).

A palavra fermentação pode exprimir diversos significados, o sentido geral do termo significa qualquer processo que ocorre através da ação de microrganismos na presença ou ausência de oxigênio. O significado bioquímico da palavra consiste em um processo que ocorre em anaerobiose, onde a matéria orgânica é tanto doadora, como receptora de elétrons. (TORTORA et al., 2006). A fermentação no âmbito tecnológico é caracterizada por processos nos quais ocorre atuação de microrganismos, onde se obtém determinados produtos de interesse humano, desde bebidas fermentadas a vitaminas antibióticos, e outros produtos possíveis de serem obtidos. Os microrganismos vão atuar sobre os substratos por meio de suas enzimas (CUNHA, 2010).

Em escala industrial os principais processos fermentativos utilizados são: fermentação alcoólica, fermentação láctica e fermentação acética. Todos estes processos têm como princípio a quebra do substrato, (glicose, amido e outros) em piruvato, que em seguida será convertido em outro produto, como álcool etílico, lactose e ácido acético, entre outros (CUNHA, 2010).

A fermentação alcoólica ocorre através de leveduras, por meio da quebra dos açúcares como a glicose, frutose e sacarose presentes na matéria orgânica, obtendo como produto álcool etílico (etanol) e gás carbônico (CO₂) (CAETANO et al., 2011).

A seguinte equação demonstra, de forma resumida, a formação de álcool a partir da conversão da glicose por microrganismos:

Equação 1- Equação que representa o processo de conversão da glicose em álcool etílico e gás carbônico em processos fermentativos.



Quando a levedura entra em contato com o mosto tem início o processo fermentativo, o qual é dividido em três fases: pré-fermentação, onde ocorre o processo de adaptação das leveduras e multiplicação celular; fase da fermentação principal e tumultuosa, onde ocorre a liberação do gás carbônico e formação do etanol e fase de fermentação complementar ou pós-fermentação, caracterizada pela rápida diminuição da ação fermentativa (CLETON e MUTTON, 2004).

As principais leveduras utilizadas nos processos fermentativos são do gênero *Saccharomyces*. As leveduras utilizadas na fermentação devem apresentar algumas características que são determinantes para que ocorra um processo eficiente, como por exemplo, serem tolerantes a mudanças de temperatura, pH e a altas concentrações alcoólicas (SILVA, 2007).

A aplicação de processos fermentativos vem sendo realizada em diversas áreas, como no desenvolvimento de produtos químicos como solventes que são obtidos pela transformação de produtos simples em biomoléculas mais complexas; na indústria farmacêutica através da produção de antibióticos, vitaminas, aminoácidos, entre outros (CUNHA, 2010).

No ramo alimentício, a fermentação vem sendo utilizada com o objetivo de promover transformações bioquímicas, que tragam retornos positivos, obtendo novos produtos com maior valor agregado. Os novos produtos formados a partir da fermentação são mais nutritivos, tem um maior poder digestivo, além de preservar o alimento por mais tempo, aumentando sua vida útil, diminuindo o uso de refrigerações intensivas (MALAJOVICH, 2011).

3.2 MODOS DE CONDUÇÃO DOS PROCESSOS FERMENTATIVOS

As principais formas de condução dos processos fermentativos são as operações em batelada, de forma contínua e batelada alimentada (FERREIRA, 2005). A escolha do tipo de processo vai depender do microrganismo utilizado, do meio de cultivo e do objetivo que se deseja alcançar na obtenção do produto (SCHIMIDELL et al., 2001).

3.2.1 *Processo descontínuo*

A fermentação descontínua clássica também denominada por fermentação por batelada é utilizada desde a antiguidade e cada vez mais vem se tornando comum sua utilização para desenvolvimento de produtos fermentados (SCHIMIDELL et al., 2001).

Nesse tipo de processo fermentativo, inicialmente prepara-se o meio de cultura e coloca-o em um biorreator (fermentador), inocula-se o microrganismo que será responsável pelo processo fermentativo, retira-se o caldo fermentado e posteriormente realizam-se as operações necessárias para obtenção do produto final. O meio de cultura deve ser propício para a nutrição e para que ocorra o desenvolvimento do microrganismo e a formação do produto desejado nas quantidades adequadas (SCHIMIDELL et al., 2001). A quantidade de produto final que pode ser obtida em um processo descontínuo vai depender da concentração de substrato adicionado no início do processo e do microrganismo utilizado, cuja função é converter o substrato inicial em produto final (NEVES, 2003).

Os processos descontínuos ocorrem sem adição de nenhum nutriente durante todo processo, exceto oxigênio para processos aeróbios, adição de ácidos e bases para o controle de pH e antiespumante. É o sistema mais seguro com relação a não contaminação, pois ao término de cada processo o reator e o meio de cultura são esterilizados garantindo assim a manutenção da assepsia (SCHIMIDELL et al., 2001). Outro benefício é a possível utilização dos fermentadores para obtenção de diferentes produtos finais, apresentando uma maior flexibilidade quando comparado com os demais processos, além de ser possível ter um maior controle da estabilidade genética do microrganismo (CARVALHO e SATO, 2001). Entre as diversas vantagens dos processos descontínuos têm-se a capacidade de realização de fermentações no mesmo reator em fases sucessivas e a identificação dos materiais, quando está sendo metabolizado o produto final (SCHIMIDELL et al., 2001).

Como desvantagem, esse modo de condução pode levar a baixos rendimentos do produto final, se o substrato for adicionado no início do processo de uma única vez, exercendo efeitos de inibição, repressão ou podendo gerar mudança do metabolismo celular a produtos que não são de interesse (CARVALHO e SATO, 2001).

A condução em batelada é muito realizada para proporcionar o conhecimento da eficácia e rendimento do processo e assim permitir uma comparação com os demais modos de operação (SCHIMIDELL e FACCIOTTI, 2001). Esse tipo de processo geralmente é mais utilizado em escala laboratorial e em destilarias de pequeno porte (PACHECO, 2010).

Para se ter um conhecimento dos demais modos de condução dos processos fermentativos é necessário ter o conhecimento da cinética do processo do descontínuo (SCHIMIDELL et al., 2001).

3.2.2 *Processo contínuo*

Outra forma de condução de processo é o contínuo que apresenta uma constante adição de meio de cultura durante todo o processo a um volume constante, na qual esse volume permanece inalterado devido à remoção idêntica do meio fermentado. Esse processo opera por um período de tempo longo e em estado estacionário (SCHIMIDELL e FACCIOTTI, 2001).

Fatores como temperatura, pH, concentração de substrato, etanol, biomassa e outros são determinantes para que o processo aconteça de forma eficiente e obtenha uma boa produtividade, por isso é necessário um controle de todos esses fatores, além de se ter um elevado conhecimento do microrganismo que vai atuar no meio (ATALA et al., 2000).

A principal vantagem desse tipo de processo quando comparado com o processo descontínuo é a obtenção de maiores quantidades de produto final por operar em regime constante, em contrapartida como desvantagem tem-se uma maior possibilidade de contaminação, devido alimentação contínua de meio de cultura durante todo o processo (SCHIMIDELL e FACCIOTTI, 2001).

3.2.3 Processo descontínuo alimentado

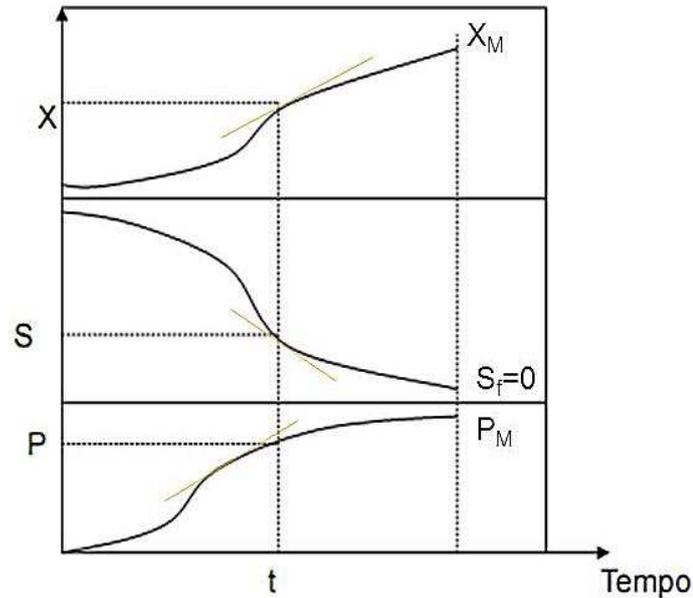
O processo fermentativo realizado em batelada alimentada, também denominada por fermentação descontínua alimentada é outro modo de processo fermentativo utilizado desde 1900 para regulação do crescimento da *Saccharomyces cerevisiae*. Esse processo refere-se à adição de nutriente ao reator ao longo de toda fermentação, sendo que estes permanecem até o final da operação, mas existem casos em que os nutrientes são adicionados gradualmente ao reator (SCHMIDELL e FACCIOTTI, 2001). A batelada alimentada é um processo que se baseia na fermentação contínua e descontínua, requerendo uma concentração correta dos componentes, assim como uma vazão de alimentação apropriada de alimentação. Uma das principais vantagens é a possibilidade de controlar o processo como o substrato adicionado durante a fermentação e o controle do produto final obtido (NEVIS, 2003).

3.3 AQUISIÇÃO DE DADOS CINÉTICOS

Através do estudo cinético dos processos fermentativos é possível determinar alguns parâmetros importantes como a velocidade em que um substrato é consumido, a formação do produto e no caso de processos que ocorrem por meio de leveduras é obtido o conhecimento da velocidade de crescimento celular e como a levedura pode influenciar o processo fermentativo (ANDRIETTA, 2007).

O estudo cinético fornece dados de concentração dos componentes do meio de cultivo que é composto pelos microrganismos, os metabólitos e os nutrientes em função do tempo de fermentação. Ao plotar os valores das concentrações que são dadas por (X, P e S) em função do tempo de fermentação obtêm-se as curvas de ajuste como mostra a Figura 1 e indicadas por $X = X(t)$, $P = P(t)$ e $S = S(t)$. O valor de X corresponde a concentração do microrganismo, P a concentração do produto e S a concentração de substrato disponível no meio (SCHMIDELL et al., 2001).

Figura 1-Curvas de ajuste para um ideal processo fermentativo, onde X, P e S são respectivamente as concentrações de microrganismo, produto e substrato residual no meio em função do tempo de fermentação.



Fonte: (SCHMIDELL et al., 2001).

Através dos fatores de conversão os valores dos componentes de cultivo, após um tempo de processo fermentativo podem ser relacionados entre si, obtendo-se os fatores de conversão de substrato em concentração celular ($Y_{X/S}$), concentração celular em produto ($Y_{X/P}$) e substrato em produto ($Y_{P/S}$), como mostrados respectivamente nas Equações 2, 3 e 4 (SCHMIDELL et al., 2001).

Equação 2- Fator de conversão de substrato em célula.

$$Y_{x/s} = \frac{X - X_0}{S_0 - S}$$

Equação 3- Fator de conversão de produtos em células.

$$Y_{X/P} = \frac{X - X_0}{P - P_0}$$

Equação 4- Fator de conversão de substrato em produto.

$$Y_{P/S} = \frac{P - P_0}{S_0 - S}$$

Industrialmente é essencial ter o conhecimento dos dados cinéticos de um processo fermentativo, pois é possível analisar os perigos, pontos críticos do processo e determinar o tempo de vida útil do produto final (RODRIGUES E SANTOS, 2011). A importância

também está no fato de que quando o processo é realizado em escala laboratorial é possível ampliá-lo para nível industrial, realizando através das variáveis do processo comparações quantitativas entre as duas escalas (SCHMIDELL et al., 2001).

3.4 FERMENTADO DE FRUTAS

De acordo a legislação brasileira, a fermentação alcoólica da uva madura e fresca ou suco de uva fresca produz uma bebida fermentada que é exclusivamente denominada por vinho. Quando a fermentação alcoólica é proveniente de outras frutas, as bebidas produzidas são classificadas como fermentados e estes devem ter em seu rótulo o nome da fruta que foi utilizada como matéria prima (BRASIL, 1997).

O fermentado de frutas deve apresentar um teor alcoólico de 4 a 14 % em volume, à 20°C, de acordo com o Decreto nº 6871, de 04 de junho de 2009 (BRASIL, 2009). O fermentado de frutas vem apresentando bastante destaque, por proporcionar uma inovação de sabor e qualidade ao novo produto, além de favorecer para a redução de perdas pós-colheita (DIAS et al., 2003).

O fermentado de uva é um dos mais comuns, sendo utilizado principalmente para a fabricação de vinhos. No entanto, com o intuito de obter bebidas que agradem o paladar dos consumidores, cada vez mais, estão sendo desenvolvidos fermentados a partir de diferentes frutas, que se destacam pelo sabor e regionalidade (DIAS et al., 2003).

As frutas que apresentam maiores teores de açúcares podem ser utilizadas para a produção de bebidas fermentadas, desde que contenha teores de sais, umidade e nutrientes adequados para o processo fermentativo (FAGUNDES et al, 2015). Frutas como morango, maracujá, laranja, entre outras, já foram utilizadas em processos fermentativos, por apresentarem tais características (DIAS et al., 2003).

A fermentação ocorre por meio de microrganismos, principalmente as leveduras e bactérias. As leveduras desempenham uma função essencial para o desenvolvimento de um fermentado de frutas (AIDOO et al., 2006). Tal microrganismo atua convertendo o açúcar da fruta em álcool etílico, anidro carbônico e outros elementos secundários que são formados durante o processo fermentativo em parcela variada e contribuem para a qualidade do fermentado (SANTOS et al., 2011).

Os vinhos ou fermentados de frutas são classificados com relação a quantidade de açúcares residuais. Com até 5 g.L⁻¹ de açúcar residual é caracterizado por vinho do tipo seco, entre 5 e 20 g.L⁻¹ são os do tipo meio seco e com mais de 20 g.L⁻¹ são denominados de vinhos suaves (RIZZON; ZANUZ; MANFREDINI, 1994).

Diversos fermentados de frutas tropicais vêm sendo produzidos cada dia mais, com metodologias variadas para cada processo (PAULA, 2011). Em 2015, Oliveira produziu e caracterizou uma bebida fermentada à base de jambolão e caldo de cana-de-açúcar em diferentes concentrações, sendo elas: (100% de jambolão, 70% de jambolão, 50% de jambolão e 30% de jambolão). A fermentação foi realizada em recipientes de vidro com capacidade para um litro. Foi realizada a caracterização da polpa de jambolão e da cana de açúcar e a análise sensorial da bebida fermentada. O teor alcoólico máximo dos fermentados foi de 8% ABV, pH médio de 3,5 e teor de sólidos solúveis médio de 5 °Brix. A análise sensorial foi realizada por meio de uma escala hedônica estruturada de 9 pontos e apresentou resultado satisfatório, com uma impressão global de 6 para todos os tratamentos. Sendo assim os fermentados alcoólicos mostraram-se viáveis, apresentando características próprias de fermentados de frutas, não apresentando diferença significativa quando comparadas à legislação existente para vinhos.

Del Bel (2016), estudou a obtenção do fermentado de pêssego, assim como a caracterização físico-química e sensorial do fermentado utilizando duas temperaturas de fermentação (18 e 25°C), por duas leveduras: *Saccharomyces cerevisiae* (fermento comercial) e Fermento Red Star Cote des Blancs. A fermentação foi realizada utilizando um sistema semi-fechado. Foi obtida a polpa do pêssego e realizado o processo fermentativo e os tratamentos finais dos fermentados, em seguida foi realizada a caracterização por análises de Brix; acidez total titulável; cinzas; açúcares redutores; pH; proteínas; análises microbiológica e sensorial. Os dois fermentos utilizados no processo apresentaram desempenho satisfatório na produção dos fermentados de pêssego. O fermentado de pêssego ficou dentro do padrão da legislação característica para o vinho de uva estabelecido pelo decreto N° 2.314. A análise sensorial do fermentado não apresentou resultado positivo, apresentando um nível de aceitação de apenas 5%.

Andrade et al., (2013), utilizaram o morango para obtenção do fermentado em escala laboratorial. O processo foi realizado em reator operando em batelada com agitação. Foi realizada a cinética fermentativa do processo e a determinação de características sensoriais do

fermentado. Utilizou-se a levedura *Saccharomyces cerevisiae* S-04 durante o processo. A bebida fermentada de morango apresentou parâmetros conforme estabelecido na legislação brasileira sobre bebidas, publicado no Artigo 72 da Seção 2 do Decreto nº 2.314, com um sabor agradável e suave, pH de 3,51, acidez total de 4,5 g.L⁻¹ e teor alcoólico de 9,62% ABV.

Fontan et al., (2011) produziram o fermentado de melancia em batelada durante 20 dias a uma temperatura de 28 ± 0,1°C. O fermentado correspondeu aos padrões definidos na legislação (decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009), com um pH de 4,1, acidez total de 4,45 g.L⁻¹, teor de sólidos solúveis de 6,0°Brix, teor alcoólico 10% ABV e 10% ABV de compostos fenólicos totais.

Belchior et al., (2013) elaborou a partir do suco extraído do abacaxi da variedade Pérola um fermentado alcoólico. O processo fermentativo foi realizado em sete dias utilizando a levedura a *Saccharomyces cerevisiae* da marca Fleishman. Algumas análises como: consumo de açúcares redutores, quantidade de células viáveis, grau brix entre outras foram realizadas ao longo do processo.

Dantas et al., (2017) estudaram o fermentado de umbu, sua cinética de fermentação e caracterização utilizando reatores em batelada. Foi preparado o mosto através da diluição da polpa do umbu em água na proporção de 1:1,5 e realizado todo processo fermentativo. O resultado obtido com relação a graduação alcoólica estava dentro dos padrões exigidos pela legislação brasileira de frutas (decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009), sendo obtido uma graduação alcoólica de 12,57% ABV, com relação a acidez total foi encontrado o resultado de 45,50 mEq.L⁻¹, valor abaixo do mínimo exigido pela legislação brasileira, que é de 50mEq/L.. O umbu se mostrou como uma alternativa para produção de fermentado alcoólico.

3.5 DESTILADO DE FRUTAS

A aguardente é um produto obtido através do mosto fermentado, caracterizado por possuir uma graduação alcóolica de 38 a 54% em volume (a 20°C) (BRASIL, 1997), sendo este elevado teor alcóolico um diferencial das bebidas fermento-destiladas com relação ao fermentado de fruto (JANZANTTI, 2004). As aguardentes de frutas são conhecidas como fermento-destiladas, tendo como principais componentes a água e o etanol (GARCIA-LLOBODANIN, 2008).

Através da destilação do mosto fermentado ou da destilação alcoólica simples do fruto é possível obter a aguardente de frutos tropicais com aspectos diferenciados e marcantes.

Características como sabor, aroma e todos os elementos formados durante o processo fermentativo devem ser preservados no produto final (LARA, 2007).

Os principais responsáveis pelas características marcantes são os compostos secundários que são formados durante o processo fermentativo do mosto. São esses compostos também denominados por congêneres que dão o diferencial das bebidas fermento-destiladas (JANZANTTI, 2004).

Alguns trabalhos sobre destilados de frutos são encontrados na literatura. Silva (2004), desenvolveu um aguardente de banana que obteve 43% de etanol e um rendimento de 17 L de destilado por 1000 kg de banana. A análise sensorial da aguardente obteve uma aceitação de 75%.

Cleton & Mutton (2004) estudaram o processo de fabricação da aguardente de cana, laranja e uva utilizando como metodologia a adição de lecitina aos mostos, e verificaram os resultados quanto ao rendimento em etanol e composição final da aguardente. Foi observado que na adição de lecitina aos mostos, o vinho formado após o processo de fermentação apresenta maior concentração de glicerol, já quando corre o processo de destilação a aguardente obtida apresentava maior concentração de isobutanol. Quanto ao rendimento foi visto que a adição de lecitina aos mostos proporcionava um decréscimo do rendimento final do produto.

Asquieri et al., (2004), desenvolveu uma aguardente obtida a partir da casca e borra da fabricação de fermentado de jabuticaba. Foi estudada a qualidade da aguardente por meio de análises físico-químicas e realizada uma análise comparativa dos resultados com os padrões de aguardente de frutas existentes na legislação brasileira. Os resultados obtidos mostraram que é viável a utilização da jabuticaba para a produção de aguardente.

Alves et al., (2008) produziram aguardente de goiaba, avaliando o rendimento e as características físico-químicas do produto. Os parâmetros se encontraram dentro das normas estabelecidas pela legislação, exceto para as características teores de cobre, alcoóis superiores e álcool metílico que obtiveram resultados superiores aos limites máximos exigidos pela legislação.

3.6 SERIGUELA (*Spondias purpurea* L.)

Pertencente ao gênero *Spondias*, a serigueleira é uma árvore que apresenta tamanho variado, podendo ser encontradas plantas de até sete metros de comprimento (SILVA, 2011). Sua propagação pode acontecer por meio da germinação de sementes (ARAÚJO, 2000). Também podendo ser germinado através da estaquia e a frutificação acontecendo três anos após o seu plantio. Entre os meses de setembro a novembro ocorre a frutificação e o tamanho do fruto é, em média, de 3,2 cm de comprimento e diâmetro de 2,4 cm. O desenvolvimento do fruto acontece desde a abertura da flor até o amadurecimento, que corresponde a um período médio de 124 dias (MARTINS et al., 2003).

Crescimento, maturação e senescência são as três fases de crescimento e desenvolvimento do fruto. O crescimento é a fase que se caracteriza pelo aumento físico do fruto, nessa fase acontece a divisão e alongamento celular. A maturação envolve o período em que o fruto começa a mudar de coloração, apresentando um sabor e aroma mais agradável, nessa fase também ocorre a mudança da textura do fruto (MARTINS et al., 2003). A senescência é a fase caracterizada pelos processos que ocorrem após a fase de maturação o que leva a morte dos tecidos (CAVALINI, 2008)

Originário da América Tropical, a seriguela (*Spondias purpurea* L) é caracterizada por ser um fruto de coloração vermelho-escuro quando está na forma madura, que apresenta sabor agradável, com um elevado nível de aceitação no mercado (SOUSA et al., 2000; DIAZ-PEREZ et al., 1998).

O fruto tem bastante valor nutritivo, por apresentar em sua composição 6,70% de açúcares redutores, 1% de amido, 70,22% de rendimento médio de polpa, 21,25 °Brix, 0,62% de acidez titulável (ácido cítrico), com índice de maturação de 34,32 e pH 3,44 (FILGUEIRAS et al., 1999; FILGUEIRAS et al., 2000). A seriguela apresenta em sua composição carboidratos, fósforo, ferro, vitaminas A, B e C, e metabólitos secundários, como os compostos fenólicos (SILVA et al., 2012; SILVA, 2011).

O seu consumo é *in natura*, utilizado também na forma de polpas aumentando o tempo de vida útil da fruta, podendo ser exportado e comercializado para outros continentes, também podendo ser encontrado na indústria de doces e sorvetes (SOUZA, 1998). É uma fruta rica em açúcares, sendo que em sua polpa são encontrados principalmente a glicose, que é um açúcar redutor, e a sacarose, açúcar não redutor. Esses açúcares são os responsáveis pelo sabor e doçura das frutas, além de influenciarem na textura e da cor (GOMES et al., 2002).

Figura 2-Frutos de seriguela (*Spondias purpurea*).



Fonte: Brasfrut..Disponível em: <http://www.brasfrut.com.br/produto/polpa-de-seriguela>.

Vários estudos relacionados à seriguela já foram desenvolvidos, objetivando aproveitar ao máximo o potencial da fruta e de seus resíduos na produção de novos produtos com um maior valor agregado.

Oliveira et al., (2014), utilizou a levedura *Saccharomyces cerevisiae* para elaboração de bebidas fermentadas de seriguela e cupuaçu agregando um maior valor ao produto e possibilitando uma maior vida útil da fruta. Foi utilizado um reator operando em batelada e sem agitação a uma temperatura de 28 °C. O fermentado foi desenvolvido a partir da polpa comercial. Verificou-se que as características do fermentado estava dentro dos padrões da legislação para vinhos de frutos obtendo uma boa aceitabilidade realizada através da análise sensorial do fermentado, principalmente para o fermentado de cupuaçu.

Com o objetivo de produzir biscoitos, Albuquerque et al., (2016), utilizou a polpa e a farinha de resíduos da seriguela e realizou a caracterização e o processamento. A matéria-prima em diferentes concentrações foi analisada quanto a acidez, pH entre outras. Após o processamento foi avaliado a qualidade nutricional e microbiológica do biscoito, e foi realizada a avaliação sensorial com 100 consumidores. Com uma escala de 9 pontos da análise sensorial os biscoitos receberam notas que variaram entre 6 e 7 e quanto a qualidade nutricional o biscoito apresentou 12,82% de fibras, 71,77% de carboidratos, 313,21 Kcal/100 g de valor calórico e 57,99 mg/100 g de vitamina C. A utilização dos resíduos da seriguela para produção de biscoitos se apresenta como uma opção consideravelmente positiva, tendo em vista que o custo de produção é baixo.

Lima e Meleiro (2012), produziram a geleia e doce de corte a partir da polpa da seriguela desenvolvida a partir de diferentes concentrações de sacarose, objetivando desenvolver um novo produto comercializável de sabor agradável. Com um percentual de 92% para geleia e 82% para o doce de corte realizado na análise sensorial, mostrou-se como uma alternativa promissora a utilização da seriguela na produção de novos produtos e inseri-los no mercado.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Biotecnologia do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da UFCG, no período de dezembro de 2017 a abril de 2018.

4.1 MATÉRIA-PRIMA

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados, aproximadamente, 4,0 kg de polpa de seriguela congelada, adquiridos em estabelecimento comercial situado no município de Campina Grande/PB, devido a dificuldade da aquisição do fruto *in natura* no período de desenvolvimento da pesquisa. As polpas ficaram armazenadas em congelador até o início do processo.

4.2 MICRORGANISMO

O microrganismo utilizado na etapa de fermentação foi a levedura *Saccharomyces cerevisiae* – fermento biológico, responsável por metabolizar os açúcares anaerobicamente.

4.3 MOSTO: PREPARO E CORREÇÕES

4.3.1 Preparo do mosto

A polpa do fruto foi triturada em um liquidificador doméstico (marca Arno), utilizando 750 mL de água mineral para cada kg de polpa, obtendo-se em torno de 7,8 L de mosto para os 4kg de polpa.

4.3.2 Aquecimento e filtração

O volume total do mosto passou por um processo de aquecimento até que ocorresse a fervura, seguido de uma filtração em filtro de pano, para remoção das partículas sólidas de tamanhos maiores.

4.3.3 Correção da quantidade de açúcar (Chaptalização)

A chaptalização é um processo utilizado para correção da quantidade de açúcar presente no mosto por meio da adição de sacarose, quando o açúcar contido no fruto não se encontra na quantidade adequada para atingir a graduação alcóolica mínima desejada para o fermentado (BRUCH, 2012). Foi realizada a análise do brix inicial do mosto por meio do refratômetro ABBE de bancada modelo Q767B da marca Quimis, foi verificado um teor de sólidos solúveis de 6 °Brix inicial no mosto, em seguida foi realizada a chaptalização, adicionando-se 850 g de açúcar cristal ao volume total de mosto, alcançando-se um teor de sólidos solúveis totais de 16 °Brix.

4.3.4 Correção do pH

Com auxílio do pHmetro digital PH 2600 da marca Instrutherm foi realizada a verificação do pH do mosto de seriguela já chaptalizado. O pH do mosto estava em 2,95. Utilizou-se a solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,2M para regular o pH do mosto alcançando-se o valor de 5,30, sendo esta etapa necessária para que a levedura pudesse encontrar condições favoráveis para gerar o metabólito, proporcionando a obtenção do fermentado nas características desejáveis.

4.3.5 Autoclavagem

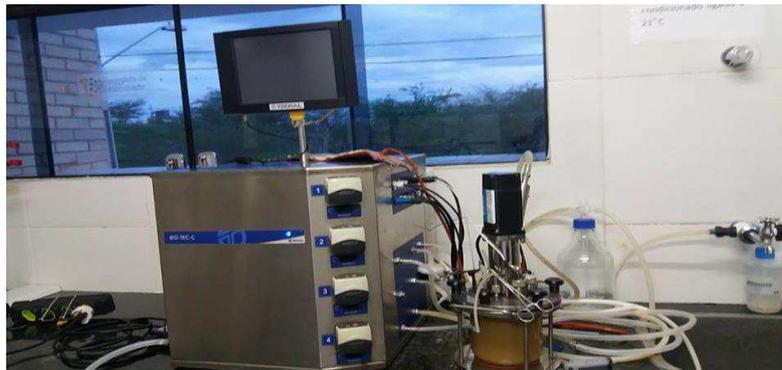
Após as etapas de correção, o volume final do mosto foi de 7,2 L. O mosto foi autoclavado à 121°C e 1 atm, por 30 minutos, em Erlenmeyers e no reator de bancada, para garantir a assepsia do processo.

4.4 FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA

4.4.1 Processo descontínuo com agitação

Para a fermentação com agitação utilizou-se o reator de bancada com capacidade de 1,2 L, da marca TECNAL modelo Biotec-C (Figura 3).

Figura 3 - Reator utilizado no processo fermentativo com agitação

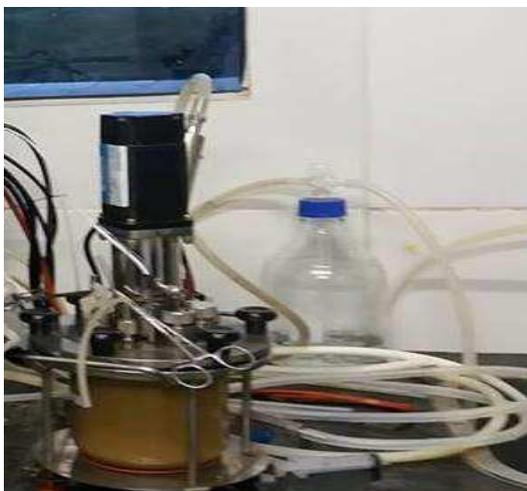


Fonte: Aatoria própria, 2018.

O processo fermentativo realizado em modo descontínuo com agitação ocorreu no reator agitado por meio de dois impelidores, onde foi inoculado 1200 mL do mosto com 6 g da levedura (5 g.L^{-1}). O inóculo foi realizado em câmara de fluxo laminar, mantendo toda a assepsia do processo. Após o término do inóculo, o reator foi ligado para dar início ao processo fermentativo. Um frasco de vidro contendo água com solvente, sendo esta solução coletada de análises realizadas por HPLC, foi conectado ao reator, por meio de uma mangueira, para impedir a contaminação e a entrada de ar durante a liberação de gás carbônico que ocorre no processo fermentativo (Figura 4).

A fermentação ocorreu sob uma agitação de 350 rpm. A cada 2 horas 10 mL do mosto eram retirados em uma seringa para determinação da concentração celular, do °Brix e do pH do mosto por um período de 24 horas. Após as 24 horas as amostras eram retiradas 1 vez ao dia, de 12 em 12 horas, até o término do processo.

Figura 4- Reator operando com agitação de 350rpm



Fonte: Aatoria própria, 2018.

4.4.2 Processo descontínuo sem agitação

Para o processo em batelada sem agitação utilizou-se como reator uma garrafa PET, com capacidade de 10 L (Figura 5).

Figura 5-Reator utilizado no processo fermentativo sem agitação.



Fonte: Autoria própria, 2018.

O inóculo foi feito em câmara de fluxo laminar, adicionando um volume de 6 L do mosto com 30 g da levedura (5 g.L^{-1}).

No reator estava acoplada uma mangueira ligada a um becker contendo água com solvente, proveniente das análises de processos cromatográficos realizados em HPLC, sendo esta solução coletada de análises realizadas por HPLC. Este arranjo foi utilizado para garantir que o processo ocorresse em anaerobiose e para que ocorra a liberação de gás carbônico (CO_2).

Foi verificada a concentração de células, de sólidos totais em °Brix e pH, retirando-se uma alíquota de 10 mL do mosto, através de uma torneira acoplada ao reator. As amostras eram coletadas a cada 2 horas, por 24 horas. No restante dos dias de fermentação foram retiradas uma alíquota a cada dia.

4.4.3 Centrifugação

Com o término dos processos fermentativos, realizou-se a centrifugação do fermentado, utilizando a centrífuga da marca Logen Scintific. Essa etapa foi realizada para acelerar o processo de decantação das partículas grosseiras, como as leveduras restantes no

mosto fermentado, obtendo um produto isento de impurezas. Em seguida o fermentado foi armazenado em erlenmeyer e colocado na geladeira.

4.4.4 Destilação

O processo de destilação foi realizado utilizando um destilador artesanal composto por: sistema de aquecimento (chapa aquecedora da marca Logen), uma panela de pressão de 4,5 L, um balde de resfriamento com uma mangueira acoplada a torneira e uma serpentina de condensação construída com tubo de cobre, um Becker, para coleta do destilado, e um densímetro alcoômetro (Alcoolômetro Gay-Lussac-Incoterm) para determinação do teor alcoólico, como mostra a Figura 6.

Figura 6-Destilação para obtenção da aguardente



Fonte: Autoria própria, 2018.

4.5 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS CINÉTICOS DO PROCESSO FERMETATIVO

Para obtenção dos parâmetros cinéticos do processo fermentativo, amostras de 10 mL foram retiradas periodicamente em ambos os reatores. Foram retiradas 12 amostras em um intervalo de 2 horas nas primeiras 24 horas dos processos fermentativos e, posteriormente, coletando-se amostras uma vez por dia, até o término do processo.

4.5.1 Crescimento celular

A concentração de células foi determinada a partir da filtração a vácuo das amostras em papel filtro, sendo os papéis previamente submetidos a secagem e gravimetria em estufa a 50°C por 24 horas para determinação da sua massa, (M_1). O papel filtro contendo as células retidas passou por um processo de secagem em estufa a 50°C por 24 horas. Após a secagem realizada a gravimetria dos papéis filtro contendo as células em balança analítica, determinando-se a massa do conjunto (papel + células), (M_2). Os cálculos para obter a massa celular em gramas por litro para cada amostra filtrada foram realizados através da equação abaixo, utilizada por Neves (2003).

Equação 5- Cálculo para determinação do crescimento celular em $g.L^{-1}$.

$$X \left(\frac{g}{L} \right) = (M_2 - M_1) \times 100$$

4.5.2 Consumo do substrato

Para determinação do teor de sólidos solúveis (TSS), expressos em °Brix, foi utilizado o refratômetro de bancada (Abbe EEQ90006B), previamente calibrado. A partir dos dados de TSS, calculou-se a concentração de sacarose do mosto expressa em $g.L^{-1}$ com base na equação abaixo utilizada por (TORRES NETO *et al.*, 2006):

Equação 6- Cálculo para determinação da sacarose em $g.L^{-1}$.

$$sacarose (g.L^{-1}) \equiv 10,13 \times TSS + 1,445$$

4.5.3 Produção de Etanol

A determinação do teor de etanol do fermentado foi realizada utilizando-se dados coletados com o refratômetro, que mede o °Brix. A partir desta medida foi estimada a concentração de álcool etílico por meio da conversão do valor em °Brix, apresentado pelo refratômetro, para %ABV (ml de álcool por 100 ml de solução), utilizando-se a ferramenta disponível em <<http://onebeer.net/refractometer.shtml>>.

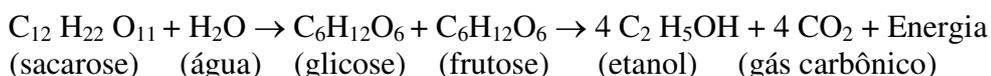
O cálculo se baseia na relação entre a quantidade de sólidos solúveis, presentes no início (16 ° brix) e ao término do processo (6 °brix) e a densidade do meio. Para um menor

teor de sólidos solúveis, a solução apresenta uma menor densidade, o que indica um maior teor de etanol.

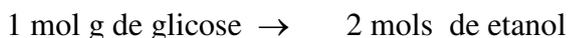
4.6 ESTEQUIOMETRIA DA REAÇÃO E CÁLCULOS DO RENDIMENTO, PRODUTIVIDADE E DOS PARÂMETROS CINÉTICOS DA FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA

A fermentação alcoólica pode ser representada pela equação química abaixo:

Equação 7- Equilíbrio químico do processo fermentativo.



Observando-se a reação global do processo fermentativo, e conhecendo as massas moleculares da sacarose (342,5 g/mol), da glicose (180,156 g/mol), do etanol (46,07 g/mol) e a densidade do etanol (0,788 g/ml), são realizados os cálculos estequiométricos. Ou seja:



Logo, para 1 g de glicose, temos 0,511 gramas de etanol por grama de glicose. Para determinar a quantidade de etanol em mL temos que:

$$0,511 \text{ g de etanol/g de glicose} \times 1 \text{ mL}/0,7895 \text{ g de etanol}$$

Logo 1 g de glicose equivale a 0,647 mL de etanol.

Para sacarose temos que: 1g gera 0,682 mL de etanol.

A partir da estequiometria da reação, e conhecendo-se a densidade do etanol, é possível determinar a concentração de etanol máxima teórica (Q_t). Com os dados coletados durante o processo, pode-se determinar a concentração de etanol experimental (Q_e). Os resultados, expressos em ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), foram encontrados por meio da utilização das Equações 8 e 9.

Equação 8- Cálculo para determinação da concentração de etanol máxima teórica (Q_t).

$$Q_t = \text{sacarose} \frac{\text{g de sacarose}}{\text{L de mosto}} \times 0,682 \frac{\text{mL de etanol}}{\text{g de sacarose}} \times 0,789 \frac{\text{g de etanol}}{\text{mL de etanol}}$$

Equação 9- Cálculo para determinação da concentração de etanol experimental (Q_e).

$$Q_e = \text{etanol} \frac{\text{mL de etanol}}{100 \text{ mL de mosto}} \times 0,789 \frac{\text{g de etanol}}{\text{mL de etanol}} \times \frac{1000 \text{ mL de mosto}}{1 \text{ L de mosto}}$$

Para determinar o rendimento (R) e a produtividade (P) foram utilizadas as Equações 10 e 11, respectivamente. O rendimento é expresso em (%) e a produtividade em ($\text{g.L}^{-1} \cdot \text{h}$)

Equação 10- Cálculo para determinação do rendimento.

$$R = \frac{Q_e}{Q_t} \times 100$$

Equação 11- Cálculo para determinação da produtividade.

$$P = \frac{Q_e}{t}$$

Onde:

Q_e = concentração (g.L^{-1}) de etanol experimental,

Q_t = concentração (g.L^{-1}) de etanol máxima teórica (estequiométrica), e

t = tempo de fermentação (h).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo fermentativo utilizando polpa de seriguela como substrato foi conduzido em reatores batelada, com e sem agitação. O fermentado obtido quando o processo foi realizado com agitação apresentou uma cor mais escura com a presença de turbidez, como se observa na Figura 7, por outro lado o produto obtido no reator em batelada sem agitação apresentou uma cor mais clara e uma aparência menos turva (Figura 8).

Essa cor turva geralmente surge pela presença de proteínas, também conhecida como “nuvem proteica”. Essas proteínas vão sendo desnaturadas e formando agregados proteicos insolúveis durante todo o processo fermentativo o que pode gerar a turbidez presente na amostra (POCOCK, SALAZAR e WATERS, 2011).

Figura 7-Fermentado do processo em batelada com agitação



Fonte: Autoria própria, 2018.

Figura 8-Fermentado do processo em batelada sem agitação



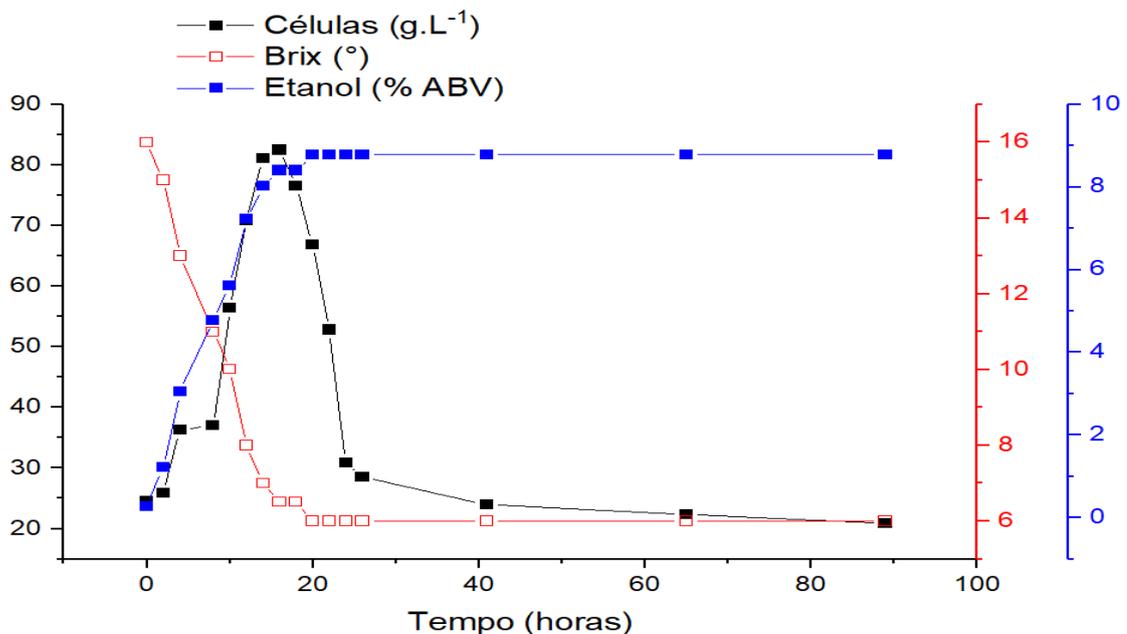
Fonte: Autoria própria, 2018.

Por meio do estudo cinético de um processo fermentativo é possível a construção das curvas de cinética e a aquisição dos parâmetros que permitem avaliar o desempenho do processo. Além disso, foi possível observar a velocidade em que o substrato está sendo consumido e a formação do produto em função do tempo, bem como o crescimento celular e a influência da levedura utilizada no processo (ANDRIETTA, 2007). Nas Figuras 9 e 11 são apresentadas as cinéticas dos processos fermentativos, utilizando os dois tipos de reatores.

5.1 CINÉTICA DO PROCESSO FERMENTATIVO EM BATELADA COM AGITAÇÃO

No Gráfico 1 são apresentados os perfis de crescimento celular (g.L^{-1}), consumo de substrato ($^{\circ}\text{Brix}$) e produção de etanol ($\% \text{ABV}$) em função do tempo de fermentação, para o processo de fermentação alcoólica realizado com agitação por meio de dois impelidores. O mosto permaneceu por 89 horas no reator.

Gráfico 1- Representação do perfil cinético da produção do fermentado em função do tempo no processo de fermentação alcoólica realizado no reator agitado por meio de dois impelidores.



Fonte: Construído com dados da pesquisa.

Verifica-se durante o processo fermentativo que a fase de adaptação celular ocorreu até a oitava hora de fermentação, onde o crescimento celular é mais lento, sendo que durante esse período a concentração celular variou de 24,5 a 37,0 g.L⁻¹. A fase de transição, onde ocorre o início da reprodução seguiu até às 16 horas de processo fermentativo havendo um aumento gradual do crescimento, sendo alcançada uma concentração de 82,5 g.L⁻¹. O elevado crescimento celular dessa fase ocorre devido à grande quantidade de substrato presente no meio e a ausência de inibidores (FILHO, 2015). Em seguida, ocorreu o declínio e morte celular, onde se obteve uma concentração de 20,9 g.L⁻¹ como valor final. A fase de declínio indica a perda da capacidade de divisão celular, o que leva a uma elevada taxa de morte da levedura (LOPES, 2015)

Lopes (2015), estudando a fermentação do mosto de cagaita verificou em seu trabalho a fase Lag entre o período de início do processo até a 5ª hora, onde ocorre o período de adaptação do microrganismo. A segunda fase, caracterizada pela transição e início do crescimento celular, ocorreu entre a 5ª e a 12ª hora e a fase exponencial (log) situou-se entre as 12 horas.

O consumo do substrato ocorreu de forma rápida até às 16 horas de fermentação, o que permite afirmar que a levedura utilizada no processo adaptou-se ao meio. Em seguida o substrato apresentou tendência a atingir uma concentração constante, verificando-se um decaimento mais lento, em razão da concentração de etanol presente no meio, o que inibe a atuação do microrganismo. No final do processo o fermentado atingiu um valor de 6,0 ° Brix, equivalente a 62,225 g.L⁻¹ de sacarose, esse resultado foi obtido através da conversão do teor de sólidos solúveis para sacarose como expresso na equação 6. Esse rápido decaimento do teor de sólidos solúveis no início do processo indica que no mosto estão presentes altas quantidades de açúcares fermentáveis, que favorecem o processo fermentativo (MUNIZ et. al 2002). É importante a verificação da velocidade em que o substrato está sendo consumido, pois através desses valores é possível analisar e controlar a qualidade e eficiência do processo (MELO, et al 2014).

Muniz et.al., (2002) encontrou os valores em torno de 5,0 °Brix para o fermentado de ata (fruto também conhecido como pinha), e entre 5,4 e 6,5 °Brix para a fermentação do mosto de mangaba, sendo estes valores próximos aos apresentados no presente estudo. A fermentação de ambos processos foram conduzidas em vasilhames de aço inox, sob temperaturas de 18 a 21°C, pelo período de 21 dias.

Com base no monitoramento cinético, a produção de etanol foi verificada e o teor de etanol, expresso em %ABV, foi aumentando gradativamente em função do tempo de fermentação, até a estabilização a partir do tempo de 20 horas de fermentação, apresentando como valor final, um teor de 8,78 %ABV. Valores próximos foram encontrados em estudos de outros fermentados de frutos. Oliveira (2015), encontrou um teor alcoólico médio, para cinco tratamentos, de 8 %ABV, na obtenção do fermentado à base de jambolão e caldo de cana-de-açúcar, a fermentação foi realizada em recipientes de vidro com capacidade para um litro, adaptados com batoque hidráulico. Em outros estudos, foram encontrados para o fermentado de jabuticaba o valor de 12 %ABV (ASQUIERI et al., 2004), sendo o mesmo valor obtido para o fermentado de cajá (DIAS, SCHWAN e LIMA, 2003), realizado em uma dorna de inox com cobertura de lâmina. Essas diferenças ocorrem em função das quantidades, inicial e final, de açúcar presentes em cada processo fermentativo (OLIVEIRA, 2015).

5.2 CINÉTICA DO PROCESSO FERMENTATIVO EM BATELADA SEM AGITAÇÃO

O mosto do processo fermentativo realizado em reator sem agitação permaneceu 88 horas no reator, em temperatura ambiente (Figura 9).

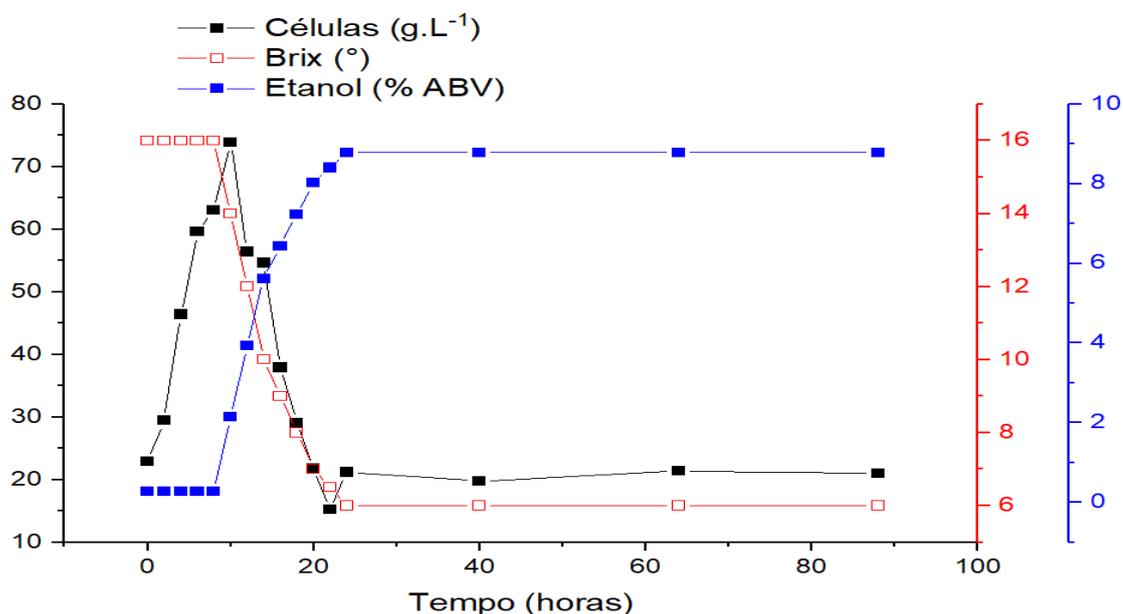
Figura 9-Reator manual operando sem agitação



Fonte: Autoria própria, 2018.

No Gráfico 2 é possível verificar o comportamento cinético do crescimento celular (g.L^{-1}), consumo de substrato ($^{\circ}\text{Brix}$) e produção de etanol (%ABV) em função do tempo de fermentação, para o processo em batelada sem agitação.

Gráfico 2- Perfil cinético da produção do fermentado em função do tempo no processo de fermentação alcoólica realizado no reator sem agitação



Fonte: Construído com dados da pesquisa.

O crescimento celular para o processo em batelada sem agitação ocorreu de forma exponencial até às 12 horas de fermentação, após este tempo houve um decaimento do crescimento celular, em função da morte das células presentes do meio.

Das 22 às 24 horas do processo houve um aumento de concentração celular. Segundo Brito (2015), isso pode ter sido ocasionado devido ao consumo de algumas frações de células em fase de morte celular, por algumas células vivas ainda presentes no mosto, sendo assim utilizadas para multiplicação.

A diminuição do teor de açúcares presentes no mosto ocorre em função da atuação do microrganismo inoculado no meio, convertendo este substrato em etanol e dióxido de carbono. As análises de teor de sólidos solúveis expressos em °Brix para o processo realizado sem agitação mostraram que os valores permaneceram estáveis até às 8 horas de fermentação, e isso pode ter ocorrido provavelmente em decorrência da falta de homogeneização do sistema. A partir da décima hora foi ocorrendo um decréscimo em função do tempo de fermentação, onde foi observado um elevado desprendimento de gás carbônico no sistema do reator e, conseqüentemente, maior formação do produto. O processo fermentativo foi finalizado quando o mosto apresentou um valor constante de 6 °Brix, decorridas 88 horas de fermentação.

O teor alcoólico para o processo sem agitação apresentou-se constante até as 8 horas de processo fermentativo, possivelmente, porque durante esse período o consumo de substrato do meio serviu para multiplicação celular, e, conseqüentemente, não ocorreu geração de produto em quantidades que se pudesse medir. A produção de etanol iniciou na décima hora de fermentação, seguida de um acréscimo constante até o valor estabilizar em 8,78 % ABV, no tempo de 24 horas.

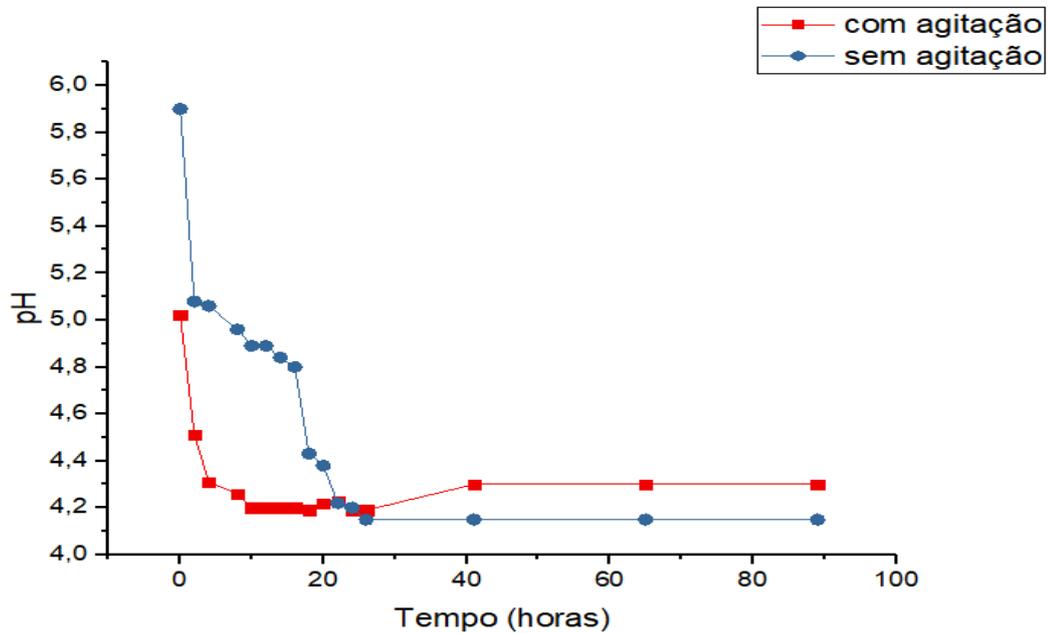
Comparando-se os dois processos, representados nos Gráficos 1 e 2, podemos verificar que ao operar sem agitação o consumo de substrato levou mais tempo para iniciar e, conseqüentemente, a formação do produto (etanol) também, diferenciando-se do processo ocorrido com agitação onde nas primeiras horas o substrato já estava sendo consumido e gerando o produto, mantendo-se constante ao longo do processo. Com relação ao crescimento celular foi visto que no processo que ocorreu com agitação foi necessário um maior tempo até alcançar o ponto de máxima concentração de células (16 horas), diferenciando-se do processo ocorrido sem agitação onde o pico ocorreu com 10 horas de processo.

Essas diferenças no tempo em que ocorrem o consumo de substrato, a formação de produto e o crescimento celular podem estar relacionadas a diferentes fatores como o modo como o processo está sendo conduzido, a levedura utilizada o processo, o modo de preparo do mosto fermentativo entre outras causas. Como nesse trabalho foram utilizados o mesmo mosto com as mesmas características para os dois processos fermentativos, bem como a mesma levedura, fica evidenciado que a diferença ocorre pelo modo em que o processo foi conduzido, notando-se que o processo ocorrido com agitação apresentou um melhor desempenho, com relação ao tempo gasto para geração do produto.

5.3 ANÁLISE DO pH DOS PROCESSOS FERMENTATIVOS

Para processos fermentativos de frutas, valores de pH entre 3 e 5 são considerados bons para a qualidade do fermentado, e a faixa ótima onde ocorre maior produção de etanol está entre 4,5 e 5 (MUNIZ et al., 2002; ARRUDA et al., 2007). No Gráfico 3 são apresentados os valores de pH, por tempo de fermentação, para os dois modos de operação.

Gráfico 3-Comportamento do pH durante o processo fermentativo do mosto de seriguela realizado em batelada, com e sem agitação.



Fonte: Construído com dados da pesquisa.

Avaliando o Gráfico 3, verifica-se que houve um decréscimo do pH seguida de uma estabilização dos valores em ambos os processos. Os valores de pH, ao final da fermentação, foram de 4,30 e 4,15 para os processos com agitação e sem agitação, respectivamente, sendo que estes valores se encontram dentro da faixa de pH considerados bons para desenvolvimento do processo. Esses valores foram similares aos encontrados em outros trabalhos. Muniz et al., (2002) encontraram resultados semelhantes aos desse trabalho, encontrando um pH final variando de 4,07 a 4,19, em fermentado de ata(fruto conhecido como pinha), em reator de vasilhames de aço inox.

Podemos observar que mesmo a faixa de pH do mosto estando fora do valor considerado ótimo para o crescimento da levedura, não ocorreu inibição do crescimento celular nos dois processos. Isso pode ter ocorrido devido a levedura utilizada no processo apresentar tolerâncias a valores de pH fora da faixa, ou pode estar associado a existência de leveduras já presentes no mosto antes da inoculação (LOPES, 2015).

5.4 PARÂMETROS CINÉTICOS DOS PROCESSOS FERMENTATIVOS

Nas Tabelas 1, 2 e 3 são apresentados os resultados obtidos com relação a concentração de etanol experimental (Q_e), concentração de etanol máxima teórica (Q_t), rendimento, produtividade e fator de conversão de substrato em produto ($Y_{P/S}$) para os dois tipos de reatores utilizados no processo fermentativo.

Tabela 1- Valores de concentração experimental e teórica de etanol, expressas em $g.L^{-1}$ para os dois reatores.

Concentração de etanol experimental (Q_e) - ($g.L^{-1}$)	Concentração de etanol máxima teórica (Q_t) - ($g.L^{-1}$)
69,27	87,99

Fonte: Construída com dados da pesquisa

Tabela 2- Parâmetros cinéticos da fermentação alcoólica no reator agitado por meio de dois impedidores

Rendimento (%)	Produtividade ($g.L^{-1}.h$)	$Y_{P/S}$
78,72	3,46	0,66

Fonte: Construída com dados da pesquisa.

Tabela 3- Parâmetros cinéticos da fermentação alcoólica no reator sem agitação

Rendimento (%)	Produtividade ($g.L^{-1}.h$)	$Y_{P/S}$
78,72	2,88	0,66

Fonte: Construída com dados da pesquisa.

Os valores de rendimento em produto observados para os processos de fermentação alcoólica de seriguela foram iguais para os dois reatores, sendo obtidos 78,72% de rendimento. Os rendimentos apresentados apresentaram bom potencial, visto que quase 80% da sacarose disponível nos processos foram transformados em álcool etílico.

Já a produtividade, que expressa a quantidade de etanol produzidos por hora, apresentou valores diferentes, de acordo com o modo de condução. No processo em batelada com agitação a produtividade foi maior, sendo de $3,46 g.L^{-1}.h$, enquanto que na batelada sem agitação o valor foi de $2,88 g.L^{-1}.h$. Um valor elevado para este parâmetro indica uma maior

produção de etanol em um tempo menor, o que é vantajoso, visto que o processo pode ser encerrado mais rapidamente. Nesse estudo foi observado que quanto maior o tempo de processo, menor será a produtividade.

Fontan et al., (2011), quando estudaram a elaboração de um fermentado de melancia em um processo realizado em batelada, encontraram um rendimento de 94% e produtividade de 1,65 g.L⁻¹.h. Andrade et al. (2013), produziram fermentado de morango em reator operando em batelada com agitação e obtiveram produtividade de 0,1336 g.L⁻¹.h.

Essas variações nos valores dos parâmetros cinéticos podem ser decorrentes de vários fatores, como: levedura utilizada no processo, modo de operação do reator, temperatura, tempo de operação e substrato utilizado (ALMEIDA et al., 2006).

O rendimento em produto ($Y_{P/S}$), encontrado na fermentação de polpa de seriguela, foi igual a 0,66. Esse resultado pode ser explicado pela provável produção de outras substâncias como álcoois superiores, acetaldeídos e ésteres, também pela inibição das leveduras por causa do alto teor de etanol final do vinho e devido ao crescimento das leveduras, que consomem boa parte da sacarose existente no mosto.

O resultado obtido foi semelhante ao encontrado por Fontan et al., (2011), quando estudou o fermentado de melancia em reator operando em batelada, onde obteve um rendimento em produto de 0,65. Já os resultados encontrados por Almeida (2006), quando estudou a elaboração do fermentado do fruto de mandacaru, foram um pouco inferiores ao desse trabalho, sendo obtido um rendimento em produto de 0,461.

Analisando os dados apresentados nas Tabelas 2 e 3, podemos afirmar que o processo de fermentação alcoólica que ocorreu de forma descontínua com agitação apresentou melhor desempenho em comparação ao processo que ocorreu no reator descontínuo sem agitação, visto que, sua produtividade (g.L⁻¹.h) foi superior. Esse resultado foi alcançado devido a duração do processo, onde foi necessário menor tempo de operação, 20 horas, para produzir 8,78 %ABV de etanol, enquanto que no processo descontínuo sem agitação a duração foi de 24 horas, para produzir a mesma quantidade de etanol. Do ponto de vista econômico, levando em consideração a energia necessária para o funcionamento do reator com agitação, pode-se avaliar a possibilidade de escolher a utilização do processo em reator sem agitação em escala laboratorial, uma vez que o fermentado apresentou as mesmas características, sendo que a diferença de tempo necessário para isto foi de apenas 4 horas.

5.5 DESTILADO

Os produtos, de ambos os processos fermentativos apresentados anteriormente, foram misturados e o volume total foi utilizado para realização de um processo de bidestilação para obtenção da aguardente de seriguela. A bidestilação consiste em fazer duas destilações sucessivas para obtenção de um produto com maior qualidade e teor alcoólico desejado (ROCHA, 2008).

No início do processo, o fermentado com o teor alcoólico de 8,78% (v/v) e um volume de 3,20 L passou pela primeira destilação obtendo-se um volume de 1 L de destilado com uma graduação alcoólica de 25% em volume. Nessa primeira destilação o teor alcoólico apresentou valores abaixo dos exigidos pela legislação brasileira vigente publicadas no decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009 (BRASIL, 2009), e apresentou uma cor azulada. Essa cor azulada é possivelmente ocasionada pela presença de cobre, material de construção da tubulação por onde o condensado é coletado, que é um dos compostos que mais desqualifica a bebida (ROCHA, 2008).

Foi realizada uma segunda destilação do volume de 1,0 L pra melhorar a qualidade da aguardente, separando-se as frações cabeça, coração e cauda. Foram coletados 10% iniciais, correspondente a cabeça da destilação, equivalente a 50,00 mL. A fração coração foi coletada até a obtenção da graduação alcoólica desejada do destilado, sendo escolhido o teor de 41%, obtendo-se um volume de 520,00 mL. O restante corresponde a fração cauda do destilado. O destilado passou por um processo de filtração a vácuo para remoção de algumas partículas sólidas. Após a filtração, a aguardente obteve uma graduação alcoólica final de 40% (v/v) e apresentou a cor transparente (Figura 10).

Figura 10-Aguardente de seriguela com graduação alcoólica de 40% (v/v), obtida no processo de bidestilação



Fonte: Aatoria própria, 2018.

Os resultados apresentados mostraram que a aguardente produzida apresentou teor alcóolico dentro dos parâmetros exigidos pela legislação brasileira de bebidas (BRASIL, 2009). Valores semelhantes foram encontrados em outros trabalhos de fermentação alcoólica de frutos seguida da destilação. Silva et al., (2014), desenvolveu aguardente a partir de algaroba e obteve graduação alcoólica de 40 %ABV, mesmo valor obtido nesse estudo. Estudando a destilação do fermentado do abacaxi, Nunes et al. (2007), alcançou uma concentração alcóolica de 43 %ABV, utilizado um volume de fermentado de 13,5 L e uma graduação alcoólica inicial do fermentado de 9,6 %ABV. O valor de 45 %ABV foi encontrado para o destilado de carambola por Moreira et al., (2016). Estes resultados evidenciam a possibilidade de aplicar os processos de fermentação e destilação para obtenção de produtos com valor agregado.

6. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, podemos concluir que:

- O fermentado de seriguela, obtido utilizando os dois diferentes reatores, batelada com e sem agitação, apresentou o mesmo teor alcoólico, sendo igual a 8,78 %ABV.
- Os rendimentos alcançados nos processos em batelada também foram iguais, sendo o valor obtido igual a 78,72%. Entretanto, as produtividades foram diferentes sendo obtido os valores de 3,36 g.L⁻¹.h e 2,88 g.L⁻¹.h, quando se utilizou o processo com e sem agitação, respectivamente.
- A levedura *Saccharomyces cerevisiae* utilizada apresentou um bom potencial no processo de fermentação alcoólica do mosto de seriguela.
- A bidestilação do fermentado de seriguela proporcionou a produção da aguardente de seriguela que apresentou 40% de graduação alcoólica, sendo que este valor se encontra dentro dos limites exigidos pela legislação vigente publicadas no decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009).

REFERÊNCIAS

- AIDOO, K. E.; ROB NOUT, M. J.; SARKAR, P. K. **Occurrence and function of yeasts in Asian indigenous fermented foods**. FEMS Yeast research, Malden, USA, v. 6, p. 30-39, 2006.
- ALBUQUERQUE, J.G.; DUARTE, A.M.M; CONCEIÇÃO, M.L.; ALQUINO, J.S. Integral utilization of seriguela fruit (*Spondias purpurea* L.) in the production of cookies. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal – SP, v.38, no 3: e-229,2016.
- ALVES, J.G.F.; TAVARES, L.S.; ADRADE, C.J.; PEREIRA, G.G.; DUARTE, F.C.; CARNEIRO, J.D.S. Desenvolvimento, avaliação qualitativa, rendimento e custo de produção de aguardente de goiaba. **Brazilian Journal of Food Technology**. Vol.11, p.64-88,2008.
- ALMEIDA, M.M.; TAVARES, D.P.S.A.; ROCHA, A.S.; OLIVEIRA, L.S.C.; SILVA, F.L.H.; MOTA, J.C. Cinética da produção do fermentado do fruto do mandacaru. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 35-42, 2006.
- AMORIM, Henrique V. *Fermentação Alcoólica: ciência e tecnologia*. Piracicaba: Fermentec, 2005.
- ANDRADE, M.B., Perim, G.A., Santos, T.R.T., Marques, R.G. 2013. Fermentação Alcoólica e Caracterização de Fermentado de Morango. *BBR- Biochemistry and Biotechnology Reports*, 2, 265-268.
- ANDRIETTA, S.R. **Apostila do Curso de Engenharia de Fermentação**. p. 71; 99, 2007.
- ARAÚJO, F. P. Potencialidades de fruteiras da caatinga. In: XXVII REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA. Petrolina - PE, 2004, p.57-61.
- ARAÚJO, F. P.. Avaliação do índice de pegamento de enxertos de espécies de *Spondias* em plantas adultas de umbuzeiro. **Revista EMBRAPA Semi-Árido**, Petrolina – PE, nº 100, p.1-4, jul/2000.
- ARRUDA, A.R; CASIMIRO, A. R.S; GARRUTI, D. S; ABREU, F. A. P. **Caracterização físico-química e avaliação sensorial de bebida fermentada alcoólica de banana**. *Revista ciência agrônômica*, Ceará, v. 38, n. 4 , p. 377-384, 2007.
- ASQUIERI, E. R., DAMIANE, C., CANDIDO, M.A., ASSIS, E. M., *Vino de jaboticaba (Myrciaria clauriflora Berg) : Estudio de las características físico-químicas y sensoriales de los vinos tinto seco y dulce, fabricado con la fruta integral*. *Alimentaria*, n. 355, p.111-122, 2004.
- ATALA, D.I.P.; COSTA, A.C.; MACIEL FILHO, R.; MAUGERI FILHO, F. Fermentação alcoólica com alta densidade celular: modelagem cinética e convalidação de parâmetros. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA. Resumos, 2000.

BELCHIOR, D. C. V.; TEIXEIRA, W. P. A.; MONTEIRO, W. J.; SARAIVA, A. S. ; SANTOS, C. C. A. A. Produção de fermentado alcoólico a partir de abacaxi (*Ananas Comosus* L.) In: 9º Seminário de IC. Pamas, 2013.

BRASIL. Decreto n.6871 de 4 de junho de 2009. Regulamenta a lei n.8918 de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a padronização e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, p.20, 5 de jun. 2009.

BRASIL (2005). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 13, de 29 de junho de 2005. Aprova o regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade da aguardente de cana e para cachaça. **Diário Oficial da União, Poder Executivo**, Brasília, DF, 30 jun. 2005. Seção 1.

BRASIL, Decreto nº2314, 4 set. 1997, **Diário Oficial da União**, Brasília, 05 de set., 1997.

BRITO, A. F. S. **Análise cinética e estudo dos parâmetros fermentativos para a produção de hidromel**. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos), Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido – Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, PB, 2015.

BRUCH, Kelly Lissandra. Nem tudo que fermenta vira VINHO. Bento Goncalves: IBRAVIN, 2012. Disponível em: <http://www.ibravin.org.br/downloads/1377636234.pdf>. Acesso em 29 de fevereiro de 2018.

CAETANO, A.C.G., MADALENO, L.L., **Controle de contaminantes bacterianos na fermentação alcoólica com a aplicação de biocidas naturais**, *Ciência & Tecnologia: FATEC-JB, Jaboticabal*, Vol. 2, n.1, 27-37, 2011.

CARVALHO, L.C.M.; SATO, S. **Fermentação Descontínua Alimentada**. In: Schmidell, Willibaldo *et al.* (Coord). *Biotecnologia Industrial: Engenharia Bioquímica*. São Paulo: Edgar Blücher, p 205-222 (Biotecnologia Industrial; v.2), 2001.

CARDOSO, M. G. Análises físico-químicas de aguardentes. In: _____. *CARDOSO, M. G. Produção de Aguardente de Cana de Açúcar*. 2ª Edição, Lavras, UFLA, 2006.

CAVALINI, F.C. Fisiologia do amadurecimento, senescência e comportamento respiratório de goiabas ‘Kumagai’ e ‘Pedro Sato’. 2008. 90f. Tese (Doutorado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) – Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

CLETO, F. V. G., MUTTON, M. J. R. Rendimento e Composição das aguardentes de cana, laranja e uva com utilização de lecitina no processo fermentativo. *Cienc. Agrotec.*, Lavras, v.28, n. 3, p. 577-584, 2004.

CUNHA, Mário A. A. *Tecnologia das Fermentações*. Apostila (Curso de Graduação em Química). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2010.

DANTAS, C.E.E.; SILVA, J.L.A. Fermentado de Umbu: Produção, cinética de fermentação e caracterização físico-química. (2017). *Holos*, Vol 02. Ano 32, p.108-118.

DEL BEL, Vanessa de Cássia Mendes. Obtenção e caracterização físico-química e sensorial de fermentado de pêssego. 2016. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.

DIAS, D. R., SCHWAN, R. F.; LIMA, L. C. Metodologia para elaboração de fermentado de cajá (*Spondias mombin* L.). *Cienc. Tecnol. Aliment*, Campinas, v. 23, n. 3, p 342-350, 2003.

DÍAZ-PÉREZ, J. C.; ZAVALA, R.; BAUTISTA, S.; SEBASTIÁN, V. Cambios físico-químico de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) cosechada en dos diferentes estados de madurez. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, Cidade do México, v.1, n.1, p.20-25, 1998.

FAGUNDES, D.T.O.; SILVEIRA, M.L.R.; SANTOS, C.O.; SAUTTER, C.K. ;PENNA, N.G. FERMENTADO ALCOÓLICO DE FRUTA: UMA REVISÃO. 5º *Simpósio de Segurança alimentar Alimentação e Saúde*. Rio Grande do Sul, p 2-3, 26 a 29 de maio de 2015.

FERREIRA, E. Contribuição para o estudo da otimização da fermentação alcoólica operando em batelada-alimentada. 2005. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia Química – UNICAMP, Campinas, 2005.

FERREIRA, J. **Fermentação**. Salvador, BA, 2007. Disponível em: <<http://julia3mcesb.blogspot.com/>>. Acesso em: 23 out. 2017.

FILGUEIRAS, H.A.C.; ALVES R.E.; MOURA, C.F.H.; OLIVEIRA, A.C.; ARAÚJO, N.C.C. Calidad de frutas nativas de latinoamerica para procesamiento: ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.). In: REUNION ANUAL DE LA SOCIEDAD INTERAMERICANA DE HORTICULTURA TROPICAL, 45., 1999, Lima. Anais... Lima: ISHS, 1999. p. 52.

FILGUEIRAS, H.A.C.; MOURA, C.F.H.; ALVES, R.E. Cirigüela (*Spondias purpurea* L.). In: DONADIO, L.C. (ed.). Caracterização de frutas nativas da América Latina. Jaboticabal: Funep, 2000. Cap. 7, p. 27.

FILHO, M. T.L.; PERREIRA, E.M.; FLORENTINO, E.R.; Mata, M.E.R.M.; Pereira, B. B.M. Comportamento cinético do fermentado alcoólico de banana prata (*musa ssp*) frente a diferentes parâmetros Cínetic behavior of fermented alcoholic silver banana. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. VOL. 10. , Nº 4 , p. 26 - 29, out-dez, 2015

FONTAN, R. C. I. Cinética Da Fermentação Alcoólica Na Elaboração De Vinho de Melancia. *CEPPA* , v. 29, n. 2, p. 203-210, jul./dez. 2011 Área temática: Engenharia e Tecnologia de Alimentos 6INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do IAL: Métodos químicos e físicos para análise de Alimentos. 3. ed: São Paulo, 2008.

GARCIA-LLOBODANIN, L. Potential of Blanquilla pear variety to produce pear spirits: Influence of the fermentation and distillation conditions in the final quality. Tese de Doutorado. Universitat Rovira i Virgili Spain, 2008. 187 p.

GAVA, A. J. Princípios de tecnologia de alimentos. 7. ed. São Paulo: Nobel, 1984. 284 p.

GOMES, P. M. de A.; FIGUÊREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. de M. Caracterização e isotermas de adsorção de umidade da polpa de acerola em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande - PB, v.4, n.2, p.157-165, 2002.

JANZANTTI, N. S. Compostos voláteis e qualidade de sabor de cachaça. Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas. 2004. 179 p. (Tese, Doutorado em Ciência de Alimentos).

LARA, Carla Alves. **Produção de Aguardente de Banana com utilização de Enzimas Pectinolíticas**. Faculdade de Farmácia UFMG. Belo Horizonte, MG, 2007.

LIMA ICGS & Meleiro CHA (2012) Desenvolvimento, avaliação físico-química e sensorial de geleia e doce de corte de ciriguela (*Spondias purpurea* L.) visando o crescimento da cadeia produtiva do fruto. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 30:221-232.

LIMA, L. L. A.; FILHO, A. B. M. Técnico em alimentos: tecnologia de bebidas. 2011. EDUFRPE, 2011. 126 p. ISBN 978-85-7946-089-0

LOPES, A. C. A.; PINTO, I. O.; SOUZA, C.M.; CANGUSSU, A.S.R.; OLVEIRA, M.E.S. Cinética de crescimento de levedura em mosto de cagaita para produção de bebida fermentada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 10, n.3, p 06 - 10, jul-set, 2015.

MALAJOVICH, M. A. **Biotecnologia**: ensino e divulgação. Rio de Janeiro, [2011]. Disponível em: <<http://www.bteduc.bio.br/guias.asp>>. Acesso em: 24 out. 2017.

MARTINS, L. P.; SILVA, S. M.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C. Desenvolvimento de frutos de ciriguela (*Spondias purpurea* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v.25, n.1, p. 11-14, abr. 2003.

MELO, J. R.M.; BUENO, M. R.; CAVALCANTI, A. D. D.; MARQUES, R.G. Estudo Cinético e Caracterização da Fermentação Alcoólica de Uvas dos Cultivares Niágara. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, (2014).

MONGELO, A.I. **Validação de Método Baseado em Visão computacional para Automação da Contagem de Viabilidade de Leveduras em Indústrias Alcooleiras** – Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, MG., 2012.

MOREIRA, T.L.; AGUIAR-OLIVEIRA, ELIZAMA; KAMIMURA, ELIANA SETSUKO; MALDONADO, R. R.. Produção de Aguardente de Carambola. In: 7o. Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP, 2016, Matão. Anais do 7o., Congresso de Iniciação Científica, 2016.

MUNIZ, C. R.; BORGES, M. F.; ABREU, F. A. P.; NASSU, R. T.; FREITAS, C. A. S. **Bebidas fermentadas a partir de frutos tropicais**. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos (CEPPA)*, Curitiba (PR), v. 20, n. 2, p. 309-322, 2002.

NEVES, L.C.M. **Obtenção da enzima glicose-6-fosfato desidrogenase utilizando *Saccharomyces cerevisiae* W303-181**. São Paulo, 2003.284p. Dissertação de Mestrado-Faculdade de Ciências Farmacêuticas-Universidade de São Paulo.

NUNES, B. R. P. Estudos da produção de aguardente de abacaxi. Trabalho de Iniciação Científica da Unidade Acadêmica de Engenharia Química. Universidade Federal de Campina Grande PIBIC/CNPQ, 2007.

OLIVEIRA, E. R. Desenvolvimento de bebida alcóolica fermentada à base de jambolão e caldo de cana-de-açúcar. 2015.146 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

OLIVEIRA, L. P. S.; CAMPELO, D. C. L. A.; CRUZ FILHO, I. J. ; MARQUES, O. M.; "DESENVOLVIMENTO DE BEBIDAS FERMENTADAS DE CIRIGUELA E CUPUAÇU: ESTUDO CINÉTICO, ANÁLISES CROMATOGRÁFICA E SENSORIAL.", p. 1201-1207 . In: **Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química - COBEQ 2014**

PAULA, BRENO DE. *PRODUÇÃO DE FERMENTADO DE UMBU (Spondias tuberosa Arr. Cam.)*. 2011.87F. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) -Faculdade de Farmácia, Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2011.

PACHECO, T. F. (2010), Fermentação alcoólica com leveduras de características floculantes em reator tipo torre com escoamento ascendente. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

POCOCK, K. F.; SALAZAR, F. N.; WATERS, E. J. **The effect of bentonite fining at different stages of white winemaking on protein stability**. Australian journal of grape and wine research, Adelaide, SA, v. 17, n. 2, p. 280-284, 2011.

RIZZON, L. A.; Zanuz, M. C.; Manfredini, S.; *Como Elaborar Vinho de Qualidade na Pequena Propriedade*, 3ª ed., Embrapa: Bento Gonçalves, 1994.

ROCHA, A.S. **PRODUÇÃO E AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA AGUARDENTE DO FRUTODA PALMA FORRAGEIRA (*Opuntia ficus – indica* Mill).**2008.76f. Dissertação (Mestre em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2008.

SANTOS, A. C. M. D.; MATOS, C. R. L. de; NETO, J. G.; SANTOS, L. R. dos. **Produção de vinhos**. Relatório. Belém, PA: UFPA, 2011.

SCHMIDELL, W. LIMA, U. A. AQUARONE, E. BORZANI, W. Biotecnologia industrial: volume 2: engenharia bioquímica. Editora Edgard Blücher LTDA. São Paulo-SP, 2001.

SCHMIDELL, W., FACCIOTTI , M. C. R. Biorreatores e Processos Fermentativos. In: Schmidell, Willibaldo et al. (Coord.). Biotecnologia Industrial: Engenharia Bioquímica. São Paulo: Edgard Blücher, p. 179-192. (Biotecnologia Industrial; v.2), 2001.

SILVA JS, Jesus. JC, Couto SM. Noções sobre Fermentação e Produção de Álcool na Fazenda. In: Produção de Álcool Combustível na Fazenda e em Sistema Cooperativo. Viçosa; 2007.

SILVA, D.P.D., de SOUZA, J.P., CAVALCANTI, R.M.F., da COSTA CLEMENTINO, L., de SOUZA, B.R.S., de SOUZA BRITO, A.F., de QUEIROZ, J. C. F. Produção artesanal de aguardente a partir de algaroba (*Prosopis juliflora*) e sua aceitação por consumidores. Revista Saúde & Ciência Online, v.3, n.3, p.329-339, 2014

SILVA, M. C.; AZEVEDO, L. C. de; CARVALHO, M. M. de; SÁ, A. G.B. de; LIMA, M. S. Produção e avaliação de aguardente de manga envelhecida com chips de carvalho francês e umburana de cheiro. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 5, 2011, Maceió. Anais. Maceió: Centro de convenções, 2011.

SILVA, E. F. (2004). Obtenção de Aguardente de Banana em Micro -Escala: Caracterização do Processo e do Produto. Dissertação, Mestrado em Ciência de Alimentos, Federal University of Paraíba, 112p.

SILVA, Q. J. et al. Compostos fenólicos e atividade antioxidante de genótipos de ciriguela (*Spondias purpurea* L.). **Alimentos e Nutrição**. Araraquara, v. 23, n. 1, p. h73-80, jan./mar. 2012.

SILVA, Q. J. **Caracterização de frutos de genótipos de ciriguela (*Spondias purpurea* L.** 2011, 107p. Dissertação (Mestrado) - Programa de pós-graduação em ciências e tecnologia dos alimentos, Universidade Estadual Rural de Pernambuco, Recife. 2011.

SOARES, A.A.J. *Avaliação Físico-Química e Bromatológica da Polpa de Spondias purpurea L(ciriguela) na Região do Semiárido Central Paraibano*. 2011.65F. Disertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Centro de Saúde e Tecnologia Rural. Universidade Federal de Campina Grande, 2011.

SOUZA, R. P.; FILGUEIRAS, H. A. C.; COSTA, J. T. A.; ALVES, R. E. A.; OLIVEIRA, A. C. Armazenamento da ciriguela (*Spondias purpurea* L.) sob atmosfera modificada e refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 22, n.3, p.334-338, 2000.

SOUZA, F. X. *Spondias agroindustriais e os seus métodos de propagação*. Fortaleza: Embrapa – CNPAT/SEBRAE/CE, 1998. 28p. (Embrapa – CNPAT. Documentos, 27).

VIEIRA, C. R. Dossiê Técnico- Produção de fermentados a partir de frutas. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais CETEC, 2012.

VICENZI, R. **Biotecnologia de alimentos**. Ijuí, [20--?]. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/6703108/Apostila-Biotecnologia-de-Alimentos>>. Acesso em: 26 out. 2017.

VILLEN, R. A. Mauá: Biotecnologia – Histórico e Tendências. Escola de Engenharia de Mauá. Apostila, 2009.

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, maio/jun. 2006.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, A. L. Microbiologia. 8ª Ed. Porto Alegre: Artmed. 2006