



**INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA**

**DIVISÃO DA AGRICULTURA**

**CURSO DE ENGENHARIA DE PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS**

**Monografia científica**

**Produção e Caracterização Físico-Química do Destilado a Base de Batata-Doce (*Ipomoea Batatas*) de Polpa Alaranjada**

Monografia a ser apresentada e defendida como requisito para a obtenção do grau de  
Licenciatura em Engenharia de Processamento de Alimentos

**Autora:** Ana Belmiro Nhampule

**Tutor:** Enoque Moiane

Lionde, Outubro de 2023

## ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS .....	v
ÍNDICE DE EQUAÇÕES.....	v
ÍNDICE DE APÊNDICE .....	v
LISTA DE ABREVIATURAS .....	vi
DECLARAÇÃO.....	vii
DEDICATÓRIA.....	viii
AGRADECIMENTOS .....	ix
RESUMO .....	x
ABRASCT .....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Problema e justificativa.....	2
1.2. Objectivos.....	3
1.2.1. Objectivo Geral.....	3
1.2.2. Objectivos Específicos .....	3
1.3. Hipóteses .....	3
1.3.1. Hipótese nula .....	3
1.3.2. Hipótese alternativa .....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.1. Batata-doce ( <i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam) .....	4
2.1.1. Origem da batata-doce ( <i>Ipomoea batatas</i> ) .....	4
2.1.2. Taxonomia e morfologia .....	5
2.1.3. Características nutricionais e química da batata-doce.....	6
2.1.4. Importância da batata-doce.....	7
2.2. Derivados de batata-doce.....	7

2.2.1.	Farinha de batata-doce .....	7
2.2.2.	Chips.....	8
2.2.3.	Biscoitos de Batata-doce .....	8
2.3.	Historial de destilados .....	8
2.3.1.	Matéria-prima para produção de destilado .....	9
2.3.1.1.	Água.....	9
2.3.1.2.	Açúcares.....	10
2.3.1.3.	Leveduras .....	10
2.3.2.	Processo produtivo de bebidas destiladas.....	11
2.3.2.1.	Descrição do processo de destilado de batata-doce .....	12
2.3.2.1.1.	Lavagem da batata-doce .....	12
2.3.2.1.2.	Moagem da batata-doce .....	13
2.3.2.2.	Prepara do mosto.....	13
2.3.2.1.3.	Fermentação .....	13
2.3.2.1.4.	Destilação e rectificação .....	13
2.3.2.1.5.	Filtração e purificação.....	14
2.3.2.1.6.	Envasamento .....	14
2.3.2.1.7.	Armazenamento .....	14
2.4.	Limites máximos permitidos de componentes volatins de destilados .....	14
2.5.	Análises físico-químicas .....	15
2.5.2.	Sólidos solúveis totais (Brix).....	15
2.5.3.	Teores de pH .....	15
2.5.4.	Acidez total titulavel.....	16
2.5.5.	Teor alcoólico .....	16
2.5.6.	Rendimento alcoólico.....	16

2.6.	Cinética fermentativa .....	16
3.	MATERIAIS E MÉTODOS .....	18
3.3.	Local de estudo.....	18
3.4.	Materiais.....	19
3.5.	Métodos.....	20
3.5.2.	Formulações.....	20
3.5.3.	Fluxograma do processo produtivo de destilado de batata-doce .....	20
3.5.3.1.	Descrição do processo produtivo .....	21
3.5.3.1.2.	Aquisição da matéria-prima .....	21
3.5.3.1.3.	Pré-limpeza .....	21
3.5.3.1.4.	Seleção .....	21
3.5.3.1.5.	Pesagem .....	21
3.5.3.1.6.	Descascamento e corte .....	21
3.5.3.1.7.	Segunda lavagem .....	22
3.5.3.1.8.	Cozimento e resfriamento .....	22
3.5.3.1.9.	Trituração .....	22
3.5.3.1.11.	Fermentação .....	22
3.5.3.1.12.	Destilação .....	23
3.5.3.1.13.	Armazenamento .....	23
3.5.4.	Análises físico-químicas.....	23
3.5.4.1.	Determinação Potencial de hidrogénio (pH).....	23
3.5.4.2.	Determinação de Acidez Total Titulável .....	23
3.5.4.3.	Determinação de Grau alcoólico.....	24
3.5.4.4.	Rendimento alcoólico .....	24
3.5.5.	Análise estatística .....	24

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.1. Composição físico-química de mosto de batata-doce .....	26
4.1.1. Sólidos solúveis Totais de mosto.....	26
4.1.2. pH .....	27
4.1.3. Acidez Total Titulável .....	27
4.2. Cinética de fermentação do fermentado de batata-doce.....	28
4.2.1. Sólidos solúveis Totais em função do tempo de fermentação .....	28
4.2.2. Comportamento de pH ao longo processo fermentativo .....	29
4.2.3. Variação de Acidez Total Titulável.....	30
4.2.4. Teor de etanol .....	32
4.3. Composição físico-química de destilado de batata-doce .....	33
4.3.1. pH .....	33
4.3.2. Acidez Total Titulável .....	34
4.3.3. Grau alcoólico.....	34
4.3.4. Rendimento alcoólico .....	35
5. CONCLUSÃO .....	36
6. RECOMENDAÇÕES .....	37
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
APÊNDICES.....	43

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1-</b> Composição centesimal da batata-doce. ....	6
<b>Tabela 2-</b> Teores máximos permitidos pela norma moçambicana de cada componente volátil na aguardente. ....	14
<b>Tabela 3 -</b> Relação das matérias necessárias para a realização do estudo. ....	19
<b>Tabela 4-</b> Formulações do destilado de batata-doce ( <i>Ipomea batata</i> ) ....	20
<b>Tabela 5-</b> Composição físico-químicas de mosto de batata-doce ....	26
<b>Tabela 6-</b> Composição físico-química de destilado de batata-doce ....	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de produção de destilado.....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
Figura 2-Mapa do local de estudo.....	18
Figura 3- Fluxograma de produção de destilado de banana .....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
Figura 4- Desenho experimental do ensaio.....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
Figura 5-Sólidos solúveis Totais em função do tempo de fermentação. ....	28
Figura 6- Comportamento de Potencial de hidrogénio em função do tempo. ....	29
Figura 7- Comportamento de Acidez Total Titulável em função de tempo. ....	31
Figura 8-Teores de etanol (% v/v) ao longo da fermentação.....	32

## ÍNDICE DE EQUAÇÕES

<b>Equação 1-</b> Calculo de acidez total titulavel.....	24
<b>Equação 2-</b> Calculo de rendimento alcoolico .....	24

## ÍNDICE DE APÊNDICE

<b>Apêndice 1-</b> Processo de lavagem de matéria-prima (batata-doce). ....	44
<b>Apêndice 2-</b> Cortes em cubos de batata-doce. ....	44
<b>Apêndice 3-</b> Processo de fermentação de mosto em birreactores de PET a temperatura ( $\pm 25$ )... ..	45
<b>Apêndice 4-</b> Processo de destilação de mosto.....	45

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

**ANOVA** - Análise de variância

**BDPA** - batata-doce de polpa alaranjada

**°Brix**- grau brix

**CO<sub>2</sub>** - Dióxido de carbono

**DIC** – Delineamento Inteiramente Casualizado

**DVA** - Deficiência de vitamina A

**g** - grama

**°C**- Grau Celsius

**ISPG** - Instituto Superior Politécnico de Gaza

**Kg**- quilogramas

**pH** - Potencial de hidrogénio

**%**- Percentagem

**ml**- mililitros



## **INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA**

### **DECLARAÇÃO**

Declaro por minha honra que este Trabalho de Culminação de curso é resultado da minha investigação pessoal e das orientações do (s) meu (s) tutor (es), o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para propósito semelhante ou obtenção de qualquer grau académico.

Lionde, aos \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2023

---

(Ana Belmiro Nhampule)

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho ao mestre dos mestres.

Ao meu pai Belmiro Nhampule pelo todo apoio, incentivo, dedicação, esforço e por possibilitar que eu tivesse a oportunidade de estudar.

A minha mãe Celeste Manhiça que se estivesse na terra, estaria muito orgulhosa.

## **AGRADECIMENTOS**

Quero agradecer primeiramente à Deus pelo dom da vida e por ter me dado força e sabedoria e permitir que esse momento chegasse. Agradeço ainda, por manter a minha fé e não deixar que eu desistisse do curso, apesar das dificuldades entre conciliar estudo e trabalho.

Realmente não foi fácil, mas sou imensamente grata a Ele por ter tido a chance de vivenciar essa experiência acadêmica.

Aos meus pais, Belmiro Nhampule e Celeste Manhiça, a minha avó Helena Uamusse e aos meus irmãos em especial meu querido irmão Hermenegildo Nhampule pelo incondicional apoio e incentivo mesmo distantes, mas acreditem eu conseguia sentir vossa presença.

Agradeço ao meu orientador Enoque Moiane pela oportunidade, leveza, dedicação e paciência, sempre disponível a ajudar na etapa teórica e principalmente na prática.

Aos meus amigos de turma em especial (Castíssima, Rosaria, Marta, Odeisse e Absalão), agradeço pelo companheirismo, pelos momentos felizes e também desesperadores que passamos juntos na faculdade, levarei essas lembranças por toda a vida.

Em especial, agradeço ao meu namorado Lourenço Eduardo Soto por todo amor, carinho e apoio incondicional, além de me inspirar a realizar esse trabalho.

A todos os docentes e profissionais da área de processamento de alimentos que de alguma forma contribuíram para que eu alcançasse a realização do curso.

## RESUMO

A batata-doce (*Ipomoea batatas L.*) é uma espécie dicotiledónea pertencente à família botânica Convolvulaceae, com forte potencial para produção de hidrolisados sacarificados pois contém um alto teor de carboidratos na forma de amido polissacarídeo possibilitando a produção de etanol. O presente estudo teve como objectivo produzir destilado à base de batata-doce e determinar os parâmetros físicos-químicos. A pesquisa foi realizada no laboratório do campus do ISPG na secção de Agro-processamento de alimentos, onde produziu três formulações de destilado (F1- primeira formulação com 40% de batata-doce  $\pm$ , 6% açúcar, 1% Levedura, e 53% de água; F2- Segunda formulação com 45% de batata-doce  $\pm$ , 6% açúcar, 1% Levedura, e 48% de água; e F3- Terceira formulação 50% de batata-doce  $\pm$ , 6% açúcar, 1% Levedura, e 43% de água). Realizou-se análises físico-químicas: Sólidos Solúveis Totais por método de refractometria, potencial de hidrogénio pelo potenciómetro, Acidez Total Titulável pelo método titulação, Grau alcoólico por alcoolímetro e Rendimento alcoólico foiefectuado pela diferença de mosto e o volume de álcool. Os dados foram analisados usando pacote estatístico Minitab versão 18.1 em DIC com três tratamentos e três repetições a 5% de significância no teste de Tukey. Resultados encontrados de análise físico-química de mosto de batata-doce mostraram-se óptimos para promover o processo de fermentação tendo os valores de sólidos solúveis totais de 13,86 á 14,14 que por sua vez foram corrigidos para 15°Brix, pH 4,28-4,39, acidez total foi de 9,55 a 10,96. A cinética fermentativa durou 5 dias onde todos parâmetros estabilizaram a partir do quarto para o quinto dia de fermentação. Contudo a batata-doce mostrou-se como óptimo substrato para produção de álcool pois os resultados encontrados são permitidos pela legislação, tendo-se encontrado grau alcoólico de 52 á 55,67v/v% e pelo alto consumo dos açúcares pelas leveduras observado durante a fermentação.

**Palavras-Chaves:** Destilado, batata-doce de polpa alaranjada, cinética fermentativa e qualidade físico-química.

## ABRASCT

Sweet potato (*Ipomoea potatoes L.*) is a dicotyledonous species belonging to the botanical family Convolvulaceae, with strong potential for the production of saccharified hydrolysates as it contains a high content of carbohydrates in the form of starch polysaccharide, enabling the production of ethanol. The present study aimed to produce sweet potato-based distillate and determine the physical-chemical parameters. The research was carried out in the ISPG campus laboratory in the Agro-food processing section, where three distillate formulations were produced (F1 - first formulation with 40% sweet potato  $\pm$ , 6% sugar, 1% Yeast, and 53% of water; F2- Second formulation with 45% sweet potato  $\pm$ , 6% sugar, 1% Yeast, and 48% water; and F3- Third formulation 50% sweet potato  $\pm$ , 6% sugar, 1% Yeast, and 43% water). Physicochemical analyzes were carried out: Total Soluble Solids by refractometry method, hydrogen potential by the potentiometer, Total Titratable Acidity by the titration method, Alcoholic degree by alcohol meter and Alcoholic yield was carried out by the difference in must and alcohol volume. Data were analyzed using Minitab statistical package version 18.1 in DIC with three treatments and three replications at 5% significance in the Tukey test. Results found from the physical-chemical analysis of sweet potato must proved to be excellent for promoting the fermentation process, with total soluble solids values ranging from 13.86 to 14.14, which in turn were corrected to 15°Brix, pH 4, 28-4.39, total acidity was 9.55 to 10.96. The fermentation kinetics lasted 5 days where all parameters stabilized from the fourth to the fifth day of fermentation. However, sweet potatoes proved to be an excellent substrate for alcohol production as the results found are permitted by legislation, with an alcohol content of 52 to 55.67v/v% and due to the high consumption of sugars by yeasts observed during fermentation.

**Keywords:** Sweet potato distillate, Fermentative kinetics and physical-chemical quality.

## 1. INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) é uma espécie eudicotiledónea pertencente à família botânica Convolvulaceae, originária das Américas Central e do Sul havendo registros e evidências arqueológicas de seu uso datados de mais de dez mil anos esta planta possui dois tipos de raiz a de reserva ou tuberosa que constitui a principal parte de interesse comercial e a raiz absorvente responsável pela absorção de água e nutrientes do solo (ROESLER *et al.*, 2008).

Entretanto, as raízes tuberosas também chamadas de batatas são revestidas por uma pele fina formada por poucas camadas de células uma camada de aproximadamente 2 mm denominada de casca e a parte central denominada de polpa. Tanto a pele quanto a casca e a polpa da batata-doce podem apresentar coloração variável de roxo, salmão, amarelo, creme ou branco, a batata-doce (*Ipomoea batatas*) é um tubérculo comestível, originado dos Andes, que ocupa o sétimo lugar na cultura alimentar mundial e o quarto em países tropicais (FAO, 2004).

Contudo, a batata-doce é uma matéria-prima com forte potencial para produção de hidrolisados sacarificados pois contém um alto teor de carboidratos na forma de amido polissacarídeo facilmente hidrolisável da batata-doce depois de hidrolisado à glicose juntamente com outros açúcares redutores presentes na célula vegetal em quantidades menores pode ser fermentado para a produção de etanol (RIZZOLO *et al.*, 2012).

Portanto, o processo de fermentação alcoólica é onde ocorre a transformação dos açúcares em etanol com liberação de gás carbônico na presença de microrganismos fermentativos (em condições ideais para o microrganismo fermentador). As leveduras são os microrganismos utilizados em escala mundial na indústria, dentre as quais, a espécie *Saccharomyces cerevisiae* que é a mais utilizada. É um organismo eucarionte unicelular pertencente ao Reino Fungi, com capacidade de crescimento sob condição anaeróbia. É usado como fermento biológico por liberar dióxido de carbono, possibilitando o crescimento e possui grande participação na indústria de bebidas para a produção de cerveja e vinho (RISSO, 2014).

A produção de bebidas alcoólicas a partir da batata, com ou sem a adição de compostos aromáticos, é algo bem difundida na Escandinávia, sendo a matéria-prima base de bebidas como Akvavit ou Aquavit. A bebida é consumida pelos nórdicos há mais de 400 anos, com base na batata-doce temos também a produção de etanol, com um rendimento anual chegando a ser 2

vezes maior que a quantidade de etanol extraída da cana-de-açúcar, o etanol de origem agrícola é um produto fundamental na produção de bebidas destilado-retificadas, como a vodka (MENEZES, 2014). As bebidas alcoólicas contêm etanol em sua composição, produzindo pela fermentação de açúcares contidos em frutas, grãos ou raízes tubérculos como batata-doce (CAMPINAS, 2017). Este trabalho teve como objectivo, produzir destilado à base de batata-doce e determinar os parâmetros físicos-químicos.

### **1.1. Problema e justificativa**

A batata-doce é um tubérculo ou raiz que tem óptima quantidade de energia, pois apresenta alto teor de carboidratos em forma de amido e ainda é rica em fibra, vitaminas do complexo B, vitamina A, vitamina C e outros que auxiliam na absorção de outros nutrientes e minerais (potássio e o magnésio) pois ajudam na prevenção de doenças (TATIANA ZANIN, 2022). Portanto, este tubérculo é utilizado principalmente para alimentação humana em forma cozida ou assada, assim como é utilizada como matéria-prima na obtenção de doces, néctar, purés, farinhas, flocos, féculas e chips (MAZUZE *et al.*, 2004).

Entretanto é observado a baixa aplicabilidade de batata-doce no ramo de bebidas alcoólicas sendo que busca por nova matéria-prima de alta qualidade na tecnologia para produção de etanol.

Contudo, esta tecnologia de produção de destilado apresenta-se como uma das formas de variar o consumo de batata-doce através de elaboração de destilado a base deste tubérculo, pois este é uma matéria-prima com forte potencial para produção de etanol, devido ao alto teor de carboidratos na forma de amido, que depois de hidrolisado à glicose, juntamente com outros açúcares redutores presentes na planta em quantidades menores, podem ser fermentados para a produção de etanol (RIZZOLO *et al.*, 2012). Diante deste dilema, surge a necessidade de se produzir uma bebida destilada a partir da batata-doce, por ser constituída basicamente de amido e biomassa, que esse pode ser processado, mediante sua sacarificação e posterior fermentação para se obter tal produto, fomentando a sua cadeia produtiva, pela agregação de valor por intermédio da industrialização da bebida.

## **1.2.Objectivos**

### **1.2.1. Objectivo Geral**

- Elaborar e caracterizar os parâmetros físicos-químicos de destilado de batata-doce (*Ipomoea batatas*).

### **1.2.2. Objectivos Específicos**

- Produzir destilado à base de batata-doce;
- Monitorar a cinética fermentativa do mosto de batata-doce;
- Determinar os parâmetros físicos-químicos e o rendimento alcoólico de destilado de batata-doce.

## **1.3.Hipóteses**

### **1.3.1. Hipótese nula**

- A utilização de batata-doce como substrato não é uma alternativa tecnicamente viável para obtenção ou produção destilados.

### **1.3.2. Hipótese alternativa**

- A utilização de batata-doce como substrato é uma alternativa tecnicamente viável para obtenção ou produção destilados.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Neste capítulo serão alistados todas informações relacionados com batata-doce, sua origem, importância, composição nutricional e sobre bebidas destiladas, matéria-prima usada para produção, tipos de bebidas destiladas.

### **2.1. Batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam)**

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) é uma planta dicotiledónea, membro da família convolvulaceae, na qual há mais de 400 espécies ipomoea distribuídas ao longo dos trópicos. Embora algumas dessas espécies tenham raízes frescas, geralmente são impalatáveis e a *Ipomoea batatas* é a única de importância económica (ROSSEL *et al.*, 2008).

A batata-doce é uma planta que produz raízes de reserva doces e suculentas. É uma herbácea de caule rastejante que alcança 2-3 m de comprimento, com rama de coloração verde ou rosada e pecíolos longos. O cultivares difere umas das outras pela cor da epiderme radicular (branca, creme, amarela, vermelha), na cor da polpa das raízes, no tamanho e forma das raízes, período de maturação, resistência a pragas e doenças e textura das raízes. A flor é complexa, axilar, solitária, com a corola normalmente branca e com o bordo rosado ou púrpuro (ROSSEL *et al.*, 2008)

A batata-doce (*Ipomoea batatas*) é a sétima cultura alimentar mais importante no mundo e, é cultivada com o principal objectivo de fornecer tubérculos e folhas ao homem. Em Moçambique, a batata-doce é a terceira cultura alimentar mais importante pois a mesma vem a ser usada para o consumo humano e produção de etanol (CLARK *et al.*, 2012). Existem várias variedades de batata-doce de polpa alaranjada (BDPA) cultivadas em Moçambique concorrem no mercado com variedades de batata-branca (BDPB) e de polpa amarela. Produzir variedades de BDPA como cultura de segurança alimentar é uma das formas de aliviar a deficiência em vitamina A (LOW *et al.*, 2013).

#### **2.1.1. Origem da batata-doce (*Ipomoea batatas*)**

É originária na América Central e do Sul, desde a Península de Yucatam, no México, até a Colômbia. A cultura da batata-doce é muito popular, e cultivada em todas as regiões do país, embora seja utilizada pouca tecnologia nesta cultura, seus índices de produtividade tem aumentado, principalmente por ser uma cultura muito simples e de fácil manuseio na pós-

colheita. Este aliado do conhecimento do processo de hidrólise enzimática dos amidos em açúcares fermentescíveis, permiti obter um processo seguro e acessível, propiciando a transformação desta matéria-prima numa bebida destilada. Entretanto em Moçambique está entre os países com maiores problemas de saúde que as mulheres e crianças enfrentam. Crianças com Deficiência de vitamina A também tem deficiência noutros micronutrientes como ferro e zinco, tem um crescimento retardado, correm mais risco de mortalidade infantil por causa de infecções comuns e tornar-se cego devido a extrema DVA (BIROL *etal.*, 2015). A batata-doce é uma cultura pouco exigente em termos de fertilidade do solo, de fácil adaptação, muito tolerante a seca e baixo custo de produção, requer pouca atenção durante o período de crescimento e os custos de produção são baixos quando comparados com outras culturas (LEBOT, 2009).

O facto de muitos produtores moçambicanos não possuírem rendimento suficiente que os permita comprar insumos agrícolas, faz com que a batata-doce seja uma cultura essencial no sistema de produção, dado que esta cultura possui capacidade de produzir altos rendimentos em solos marginais e sem grandes investimentos (MULATU *et al.*,2004). Ainda de acordo com os mesmos autores, a batata-doce tem um papel importante na dieta da população, sendo esta usada para substituir o milho quando há escassez deste produto (MAZUZE, 2004).

### **2.1.2. Taxonomia e morfologia**

De acordo com BERNI, (2014)A batata-doce pertence à ordem das Convolvulaceae, géneroIpomoea e espécie Ipoma batatas. É uma planta perene, mas cultivada como anual, sendo uma cultura considerada rústica, por apresentar uma grande resistência a pragas e pouca resposta à aplicação de fertilizantes. O caule da planta da batata-doce é cilíndrico e o seu comprimento varia consoante o tipo de crescimento da variedade e a disponibilidade de água no solo. Em cultivares erectas o caule pode atingir cerca de 1 m de altura e nas variedades prostradas pode atingir mais de 5 m de comprimento. Existem também variedades que podem apresentar caules com características combinadas. A cor do caule também difere consoante a variedade, podendo variar entre verde a vermelho-arroxeados em função da quantidade de antocianinas (MAGALHÃES, 2012).

Segundo LORENZI, (2008) As folhas da cultura de batata-doce são simples, alternadas e largas, com formato, cor e recortes variáveis. O formato pode variar entre arredondada, reniforme, cordiforme, deltóide ou hastada. O recorte pode variar entre superficial e muito lobado, podendo

ter entre 3 a 7 lóbulos. A cor da folha pode variar entre o verde amarelado, verde ou com pigmentação roxa em parte ou completa, existindo variedades cujas folhas são inicialmente roxas e, com a maturação, ficam verdes

### 2.1.3. Características nutricionais e química da batata-doce

A batata-doce é considerada boa fonte de carboidratos, fibras, minerais (cálcio, ferro, magnésio e potássio), vitaminas (B1, B2, C e E) e antioxidantes. A grande importância deste alimento no contexto humano se torna claro quando consideramos nossa exigência nutricional (a qual deve ser atendida diariamente a fim de se evitar doenças relacionadas à falta de nutrientes essenciais) e a conveniência na utilização da batata-doce como suplemento nutricional na dieta de povos carentes (CARDOSO *et al.*, 2011).

Para o auxílio de populações que apresentam problemas relacionados à desnutrição, principalmente entre as mulheres gestantes e crianças, há países e instituições internacionais que desenvolvem políticas sociais e projectos locais de modo a intervir e promover uma melhoria na alimentação por meio do incentivo ao consumo de alimentos que possam garantir um efeito positivo na saúde do consumidor. (WUEHLER *et al.*, 2011).

Os compostos apresentados na batata-doce (ver tabela 1) podem actuar em diversas reacções bioquímicas do organismo, contribuindo para a manutenção da saúde do consumidor. Além da utilização das raízes para consumo humano, tanto as ramas como as folhas de batata-doce apresentam ainda teores nutricionais e energéticos, contando com perfil fermentativo adequado para ser empregado na produção de silagem, podendo ser ainda aproveitado para alimentação animal. (VIANA *et al.*, 2011).

**Tabela 1-** Composição centesimal da batata-doce.

Componentes	Teor em base húmida (%)
Humidade	69,5
Proteína	1,3
Lipídeos	0,1
Carboidratos	28,2
Fibras alimentares	2,6

---

**Fonte:** UNICAMP (2011).

#### **2.1.4. Importância da batata-doce**

Segundo SILVA *etal.* (2002), a importância da batata-doce é muito dependente do desenvolvimento tecnológico do país, pois este determina não só as exigências do mercado consumidor como também a qualidade dos sistemas de produção. Isto é ao decorrer da pequena produção individual, os produtores ainda tendem a cultivar a batata-doce como cultura marginal com o raciocínio de que, gastando-se o mínimo, qualquer que seja a produção da cultura constitui ganho extra. Deste modo, o produto obtido é de baixa qualidade e sofre restrições na comercialização, tanto por parte dos atacadistas que tendem a reduzir o preço quanto por parte do consumidor, que refuga parte do produto exposta à venda (UNICAMP, 2011).

A batata-doce é uma matéria-prima com forte potencial para produção de hidrolisados sacarificados, pois este tubérculo contém um alto teor de carboidratos na forma de amido. O amido, polissacarídeo facilmente hidrolisável da batata-doce, depois de hidrolisado à glicose, juntamente com outros açúcares redutores presentes na célula vegetal em quantidades menores, pode ser fermentado para a produção de etanol (RIZZOLO *etal.*, 2012).

#### **2.2. Derivados de batata-doce**

A batata-doce é uma raiz apropriada para uso industrial devido a sua facilidade de cultivo sua ampla adaptação em diferentes tipos de clima e solo sua tolerância à seca bem como ao seu baixo custo de produção ela é comumente consumida cozida ou assada, mas também pode ser utilizada como matéria-prima na obtenção de doces, farinhas, flocos, féculas, bebidas não alcoólicas e bebidas alcoólicas (OLIVEIRA ROESLER *etal.*, 2008).

##### **2.2.1. Farinha de batata-doce**

O ROSSEL *etal.*, (2008) define farinha como o produto obtido das raízes de tubérculos submetidas a processos tecnológicos adequados de fabricação e beneficiamento, classificando-a em grupo, subgrupo, classe, e tipo, de acordo com o processo tecnológico de fabricação utilizado, sua granulometria, sua coloração e sua qualidade respectivamente.

A farinha de batata-doce pode substituir, em determinadas proporções, a farinha de trigo em produtos alimentícios processados, como biscoitos, bolos, molhos brancos, pães achatados,

macarrão, salgadinhos. Especialmente para os produtores desses dois últimos produtos citados, a farinha de batata-doce poderia ser comercializada como alternativa de baixo custo para a farinha de trigo importada (SRIVASTAVA *et al.*, 2012).

### **2.2.2. Chips**

Os chips de batata-doce são produzidos a partir da batata cortada em fatias finas, frita ou cozida no forno, em óleo vegetal e salgada, podendo conter condimentos que, atribuem aromas característicos no final do processo e que, são usadas como fonte de refeição do dia, visando obter energias necessárias para realização das actividades (SILVA *et al.*, 2002).

### **2.2.3. Biscoitos de Batata-doce**

Produto obtido pelo processo de amassamento e cozedura da massa preparada com farinhas, amidos, açúcares podendo ser fermentada ou não apresentando uma taxa muito baixa de humidade, com moldagens em pequenas unidades, crocantes e com um período de vida alongado devido a redução da actividade de água (FAGUNDES *et al.*, 2017).

## **2.3. Historial de destilados**

De acordo com RUSSELL *et al.*, (2003) O facto de diversas civilizações, muito cedo na história, terem elaborado algum tipo de bebida alcoólica é atribuído à ampla difusão de dois elementos essenciais para fermentação alcoólica: açúcares e leveduras. Na sequência, terá surgido a produção de bebidas espirituosas, como a aguardente vínica, cujo cerne é a operação de destilação. A origem da destilação alcoólica é objecto de controvérsia. Alguns historiadores defendem que é conhecida desde a Antiguidade tanto na região Mediterrânica como no Extremo, a prática da destilação terá começado na China, onde o seu segredo se manteve até ao início da Era Cristã.

As usinas de açúcar e álcool surgiram no final do século XIX, ameaçando a hegemonia dos engenhos que, até o início da década de 30, respondiam por dois terços do álcool e por quase todo o açúcar, cachaça e rapadura produzidos no Estado de Minas Gerais. Nas regiões de menor dinamismo económico do Estado, o deslocamento da actividade canavieira para as usinas fez com que os engenhos se voltassem para a produção de rapadura e aguardente de cana. Poressa

razão, o maior número de alambiques está situado nas regiões mais pobres desse Estado (CAMPELO, 2002).

### **2.3.1. Matéria-prima para produção de destilado**

Segundo PENHA *etal.*, (2003) para produção de aguardente são utilizadas ingredientes que promovem o processo fermentativo, contudo o substrato deve ser composto por açúcares, leveduras, água, produtos ricos em carboidratos (cereais, batata-doce, laranjas).

A batata-doce é uma matéria-prima com forte potencial para produção de hidrolisados sacarificados, pois este tubérculo contém um alto teor de carboidratos na forma de amido. O amido, polissacarídeo facilmente hidrolisável da batata-doce, depois de hidrolisado à glicose, juntamente com outros açúcares redutores presentes na célula vegetal em quantidades menores, pode ser fermentado para a produção de etanol (RIZZOLO *etal.*, 2012).

A batata-doce, cujo nome científico é *Ipomoea batatas* é uma hortaliça tuberosa originária da América do Sul, sendo que 90% da produção é obtida na Ásia. A cultura adapta-se melhor em áreas tropicais onde vive a maior proporção de populações pobres. Nessas regiões, além de constituir alimento básico humano de bom conteúdo nutricional, principalmente como fonte de energia e de proteínas, a batata-doce tem grande importância na alimentação animal e na produção industrial de farinha, amido e álcool. É considerada uma cultura rústica, pois apresenta grande resistência a pragas, pouca resposta à aplicação de fertilizantes, e cresce em solos pobres e degradados (SILVA *etal.*, 2002).

#### **2.3.1.1. Água**

A aguardente é destinada ao consumo humano e por isso a água usada para ser processo produtivo deve ser de excelente qualidade, deve ser água potável, filtrada ou destilada. As águas duras devem ser evitadas, pois estas provocam a turvação da aguardente (ALCOHOLIC *etal.*, 2003).

À água deve ser potável, ter grau higrométrico muito baixo (baixa dureza), não conter contaminação microbiana, particularmente patogênica, não ter odores e nem sabor. Em resumo deve ser potável e isenta de produtos que possam transmitir a contaminação do produto. Quando a água é dura com presença de sais de cálcio e de magnésio, deve ser submetida a precipitação dos sais em solução (VENTURINI FILHO *etal.*, 2010).

### **2.3.1.2.Açúcares**

A fonte de açúcares pode ser o açúcar branco comercial ou um xarope de açúcar obtido pela simples fervura do açúcar com água até completar a dissolução, procedimento este, que facilita a homogeneização com a solução hidro-alcoólica. A sacarose como edulcorante melhora a qualidade da aguardente, ou desenvolve circunstâncias de qualidade, para o tipo de bebida desejada, mas é necessário evitar a turvação ou coloração do xarope, com precipitação de impurezas dissolvidas ou em suspensão. O processo é realizado pela fervura com albumina de ovo seguida de retirada do precipitado ou uso de carvão activo animal ou vegetal (PENHA *etal.*, 2003).

De acordo com GUIMARÃES (2003) Os açúcares redutores serão convertidos através da fermentação, de modo que na fermentação os açúcares são convertidos em álcool e dióxido de carbono, este processo ocorre na ausência de oxigénio. A princípio, todas as fermentações alcoólicas são semelhantes, podendo ser de mosto de cana-de-açúcar, de uva, de banana, de batata-doce ou de qualquer outra matéria-prima que possua açúcares em sua constituição, directamente fermentescíveis ou não, sendo necessário, neste caso, o procedimento de quebra de moléculas maiores, como exemplo, o amido, por meio de métodos diversos (químicos, enzimáticos, ou sob calor e pressão).

### **2.3.1.3.Leveduras**

A microbiologia industrial utiliza microrganismos, geralmente cultivados em larga escala, para a síntese de produtos comerciais ou para a realização de importantes transformações químicas, para aplicação industrial, espera-se que os microrganismos apresentem as seguintes características gerais: elevada eficiência na conversão do substrato em produto (MADIGAN *etal.*, 2010).

As leveduras são fungos de interesse industrial pertencentes à classe dos Ascomicetos, sendo a espécie mais importante a *Saccharomyces cerevisiae*. As leveduras de espécie (*S. cerevisiae*), quando crescem anaerobiamente em meio com glicose, convertem piruvato em acetaldeído, e então reduzem o acetaldeído em etanol (NELSON *etal.*, 2014). Os produtos finais da metabolização do açúcar irão depender das condições ambientais em que a levedura se encontra. Porém, uma porção do açúcar é transformada em biomassa, CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O em aerobiose, a maior

parte é convertida em etanol e CO<sub>2</sub> em anaerobiose, processo denominado fermentação alcoólica (BORZANI *etal.*, 2001).

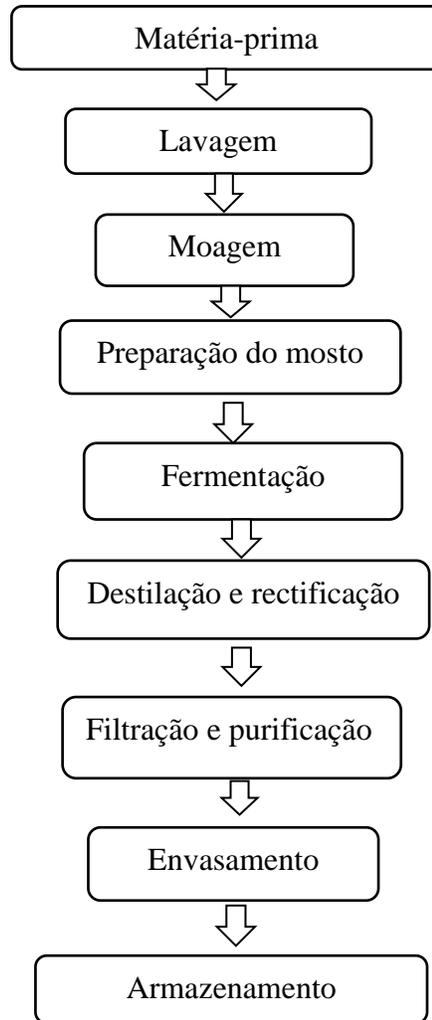
Pode-se afirmar que diferenças entre vinhos obtidos a partir de um mesmo mosto, fermentados por leveduras distintas, em condições idênticas, devem ser atribuídas aos produtos secundários formados durante a fermentação. Entre esses produtos, os álcoois superiores e ésteres desempenham um papel preponderante. As leveduras mais alcoogênicas, principalmente da espécie *S. cerevisiae*, produzem os teores mais elevados de tais produtos (CARDOSO; *etal.*, 2011).

As leveduras são os microrganismos mais utilizados para a produção de etanol. As linhagens devem possuir certos requisitos como velocidade de fermentação, resistência ao etanol, eficiência de conversão do açúcar em etanol, resistência ao pH e anti-sépticos e estabilidade genética (PACHECO, 2010).

### **2.3.2. Processo produtivo de bebidas destiladas**

A produção de bebidas alcoólicas baseia-se na transformação dos açúcares contidos em certos produtos, sobretudo frutas e cereais, em álcool etílico e dióxido de carbono, devido a acção de determinadas leveduras que catalisam a reacção bioquímica, o produto final pode ser consumido após o tratamento mais simplificado de separação, como é o caso de vinho, cervejas, cidras e outros, ou por processo de destilação onde são obtidos, por exemplo, a aguardente, uísque, vodca e outras bebidas fermentos destiladas (ABUJAMRA *etal.*, 2009).

As Bebidas alcoólicas devem ser feitas a partir de produtos maduros, pois estes apresentam teores de açúcares que facilitam a fermentação alcoólica, em média de uma tonelada de tubérculo (batata-doce) produz 70 litros de etanol podem ser feito vinhos, licores e aguardentes (ALVARENGA, 2011).A figura 1 a seguir apresenta abaixo as etapas que compõem o processo produtivo do destilado de batata-doce.



**Figura1** - Fluxograma de produção de destilado.

**Fonte:** AMPAQ, (2010).

### **2.3.2.1.Descrição do processo de destilado de batata-doce**

Na produção típica da aguardente há uma grande complexidade em todas as suas etapas, as quais vão envolver muitos tipos de ingredientes para a sua fabricação. Podemos descrever estas etapas como: moagem da matéria-prima, preparo do mosto, fermentação, destilação e rectificação, filtragem e purificação, aromatização e envasamento (COELHO, 2012).

#### **2.3.2.1.1. Lavagem da batata-doce**

O processo de lavagem ocorre em sala isolada, através de água corrente, a fim de retirar as impurezas ali presentes seguindo todos os procedimentos da Resolução da Diretoria Colegiada

(RDC) 275. As batatas são imersas em água limpa e em seguida em uma solução de água clorada a fim de promover a sua sanitização, por último são mergulhadas em água para remoção do cloro residual. A lavagem consiste na exposição da superfície do produto a duches de água (no interior das bacias), utilizando água a pressão elevada (COELHO, 2012).

#### **2.3.2.1.2. Moagem da batata-doce**

Neste processo as batatas são seleccionadas para que possam passar pela moagem. É muito importante que o processo de higienização que ocorre anteriormente seja rigoroso, pois a batata entrará com a casca e assim tendo a obtenção de um produto final com alta qualidade. Nesse processo, a extracção da polpa é feita por pressão mecânica nos rolos da moenda. Para se evitar contaminações e deteriorações, a batata deve ser moída em um prazo máximo de 24 a 36 horas após a colheita. Para a obtenção de um produto de maior qualidade, é recomendada a lavagem da matéria-prima e a assepsia dos equipamentos antes da moagem. Esta prática reduz os riscos de contaminação que podem aumentar a acidez no produto final (MONÇÃO, 2007).

#### **2.3.2.2.Prepara do mosto**

De acordo com AMPAQ, (2010) Após o processo mencionado acima, a batata-doce moída é adicionada à água, para que seja gerado o mosto, uma mistura açucarada.

#### **2.3.2.1.3. Fermentação**

Nesta etapa do processo de fabricação da bebida, o mosto é colocado em um tanque hermeticamente fechado e sem a presença de oxigénio, onde será adicionado leveduras *saccharomyces cerevisiae* para acelerar o processo fermentativo, degradando o açúcar presente na batata-doce produzindo o etanol. Microrganismos como bactérias e fungos, aos quais consumirão os açúcares presentes e também produzirão o álcool, que será destilado logo em seguida (COELHO, 2012).

#### **2.3.2.1.4. Destilação e rectificação**

Os processos de destilação e de rectificação são importantes para a produção da bebida alcoólica, porem, os componentes de misturas de álcool são separados e alcançam o grau de concentração e também pureza desejados para o etanol. No processo de destilação ocorre o aumento da concentração alcoólica presente no mosto, devido à água e ao álcool terem sua evaporação nas temperaturas 100 e 76°C. Como as temperaturas são próximas, podem ocorrer mais operações de

destilação para que haja uma obtenção de concentrado maior do álcool, o que pode levar a duas ou mais operações de destilações. Mesmo após este processo, a bebida apresenta uma grande quantidade de resíduos, devido a isto é usado a rectificação a fim de haver remoção significativa das impurezas (ANDRE, 2018).

#### 2.3.2.1.5. Filtração e purificação

A filtração passando por um filtro de carvão activado, logo em seguida por uma filtragem fina, com a finalidade de remoção das partículas de impurezas ainda presentes no destilado, de seguida e a última etapa, onde a bebida ira passar por um filtro de cartucho com uma malha mais eficiente, capaz de remover os resíduos que estarão aderidos no destilado. Esse processo ira durar em torno de oito horas com o objectivo de obter uma vodka cristalina (LOPEZ *etal.*, 2003).

#### 2.3.2.1.6. Envasamento

No envasamento a produto é feito armazenado em embalagens de vidro de 200 ml em barris, garrafas ou até mesmo latas. O produto será comercializado em embalagens de vidro de 1L (ALVARENGA, 2011).

#### 2.3.2.1.7. Armazenamento

O armazenamento a temperatura ambiente sem a incidência do sol com o objectivo de preservar as características originas do produto evitando a Ao fim do processo, a bebida é levada ao depósito para ser guardada e preservada nas condições necessárias, mantendo longe do sol, pois isso pode gerar alterações no sabor e na graduação alcoólica (ALCARDE *etal.*, 2009).

### 2.4. Limites máximos permitidos de componentes volatins de destilados

A tabela 2 a seguir apresenta os níveis máximos de componentes voláteis conforme o decreto nº453:2013 Ed1 da norma moçambicana nos destilados.

**Tabela 2-**Teores máximos permitidos pela norma moçambicana de cada componente volátil na aguardente.

Componente	%v/v	Teor máximo permitido (mg/100mL de álcool anidro)
Grau alcoólico	38-54	-
Acidez volátil em ácido acético	-	150,0

Ésteres em acetato de etila	-	200,0
Sólidos solúveis (no mosto)		15 – 18
pH		4 - 4,5
Aldeídos em aldeído acético	-	30,0
Furfural	-	5,0
Álcoois superiores	-	360,0

**Fonte:** BRASIL *etal.*, (2005).

## 2.5. Análises físico-químicas

As análises físico-químicas são muito importantes do segmento alimentício, pois ela actua em várias etapas do controle de qualidade, do processamento e do armazenamento dos alimentos processados. Os objectivos de análises físico-químicas se resumem em determinar um componente específico do alimento, ou vários componentes (LOPEZ *etal.*, 2003).

### 2.5.2. Sólidos solúveis totais (Brix)

O Brix é uma escala numérica que mede a quantidade de sólidos solúveis em uma solução de sacarose. A escala Brix é utilizada na indústria de alimentos com o objectivo de medir a quantidade aproximada de açúcares em sucos de frutas, bebidas destiladas e na indústria de açúcar (OLIVEIRA, 2009).

O teor de Brix se refere a percentagem de sólidos solúveis neste caso os açúcares e sais, contidos em uma solução de açúcares e sais. Pode ser determinado pelo densímetro ou refractómetro, essa análise utiliza o princípio de que soluções açucaradas possuem a mesma densidade na mesma concentração, mesmo que açúcar seja diferente (CTC, 2011).

### 2.5.3. Teores de pH

O Potencial de hidrogénio é determinado em pHmetro (AOAC, 2006) A avaliação de pH, onde é realizada mediante o uso de pHmetro digital, calibrado previamente com soluções tampões padrão com valor de pH=4 e pH=7, esses valores são indicados pelo fabricante. Corresponde ao potencial de hidrogénio de uma solução. Ele é determinado pela concentração de iões de hidrogénio e serve para medir o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade de determinada solução (SKUPIEN *etal.*, 2009).

#### 2.5.4. Acidez total titulavel

A técnica utilizada é titulometria volumétrica, baseada na neutralização da amostra com solução padronizada de NaOH 0,1N, utilizando um indicador, fenoftaleína (INSTITUTO ADOLFO LUTZ *et al.*, 2008). Este método baseia-se na titulação de neutralização do hidróxido de sódio, com o uso de indicador fenolftaleína ou com o pHmetro até o ponto de equivalência. A acidez total representa o teor de dióxido de carbono livre, os quais na hidrólise produzem iões de hidrogénio para a solução (MISAU, 2006).

#### 2.5.5. Teor alcoólico

Determinado por uso de alcoolímetro manual com a temperatura de 20°C de acordo com (AOAC, 2010). Mergulhando o equipamento na amostra com auxílio de uma proveta de 500mL. A medida do teor de álcool em bebidas é determinada satisfatoriamente usando densímetro ou alcoolímetro, pois apresentam resultados rápidos e práticos. Essa determinação pode ser realizada através dos cálculos e diagramas de fase, sem, contudo proporcionar vantagens analíticas (CTC, 2011).

#### 2.5.6. Rendimento alcoólico

O rendimento alcoólico é medido através de diferença de volume total de mosto antes de fermentação e pelo volume álcool encontrado depois de destilação, o rendimento alcoólico é calculado com equação 2 abaixo.

$$\%Rendimento\ alcoolico = \frac{V.alcool}{V.mosto} \times 100 \quad [Equação\ 1]$$

Onde:

- V.álcool-Volume de álcool encontrado depois destilação;
- V.mosto - Volume do mosto ou fermentado antes do processo de fermentação.

### 2.6. Cinética fermentativa

O estudo cinético de um processo de biotransformação é importante, pois, permite a aquisição de conhecimento básico do processo. A cinética de biotransformação está relacionada com a velocidade de consumo de substrato e de aparecimento de produto e no caso mais específico de processos de fermentação utilizando leveduras, também com a velocidade de crescimento celular

e o efeito que estas sofrem por influência das condições do meio em processo (ANDRIETTA, 2007).

A velocidade de absorção de substrato e de surgimento de produto específico de fermentação empregando leveduras esta associada a cinética de biotransformação e correlacionado também com a velocidade de crescimento celular, e o resultado que estas sofrem por indução das condições do meio (COSTA *et. Al.*, 2017).

### **2.6.2. Análise estatística**

A análise de variância (ANOVA) é realizada para testar a significância dos parâmetros físicos-químicos do modelo ajustado para dados do planejamento e dos efeitos da suplementação do meio do controle de pH sobre a eficiência da fermentação. Para tanto, é usado como referência o coeficiente  $p$  do teste de hipótese com intervalo de confiança de 95%. Para valores de  $p$  inferiores a 0,05, a hipótese nula é rejeitada e a variável é considerada estatisticamente significativa ou mesmo não significativa (MONTGOMERY, 2001)

O delineamento experimental utilizado na etapa de fermentação, é o delineamento inteiramente casualizado (DIC). Os resultados obtidos são analisados por análise de variância pelo programa SILVAR 5.3 e para efeito de médias, foi utilizado o teste de Tukey de 5% de significância (FERREIRA, 2010).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.3. Local de estudo

O estudo foi conduzido no laboratório do Campus ISPG na secção de Agro-processamento de alimentos localizado no distrito de Chókwè (ver figura 2 abaixo), Sul da província de Gaza, no curso médio do rio Limpopo, tendo como limites a Norte o rio Limpopo que o separa dos distritos de Massingir, Mabalane e Guijá, a Sul o distrito de Bilene e o rio Mazimuchope por distrito de Bilene, Chibuto e Xai-Xai, há Este confina com os distritos de Bilene e Chibuto e a Oeste com os distritos de Magude e de Massingir. A superfície do distrito é de 2.450 km<sup>2</sup> e a sua população está estimada em 197 mil habitantes à data de 1/7/2012. Com uma densidade populacional aproximada de 80,3 hab/km<sup>2</sup> (Ministério da administração estatal, 2014)

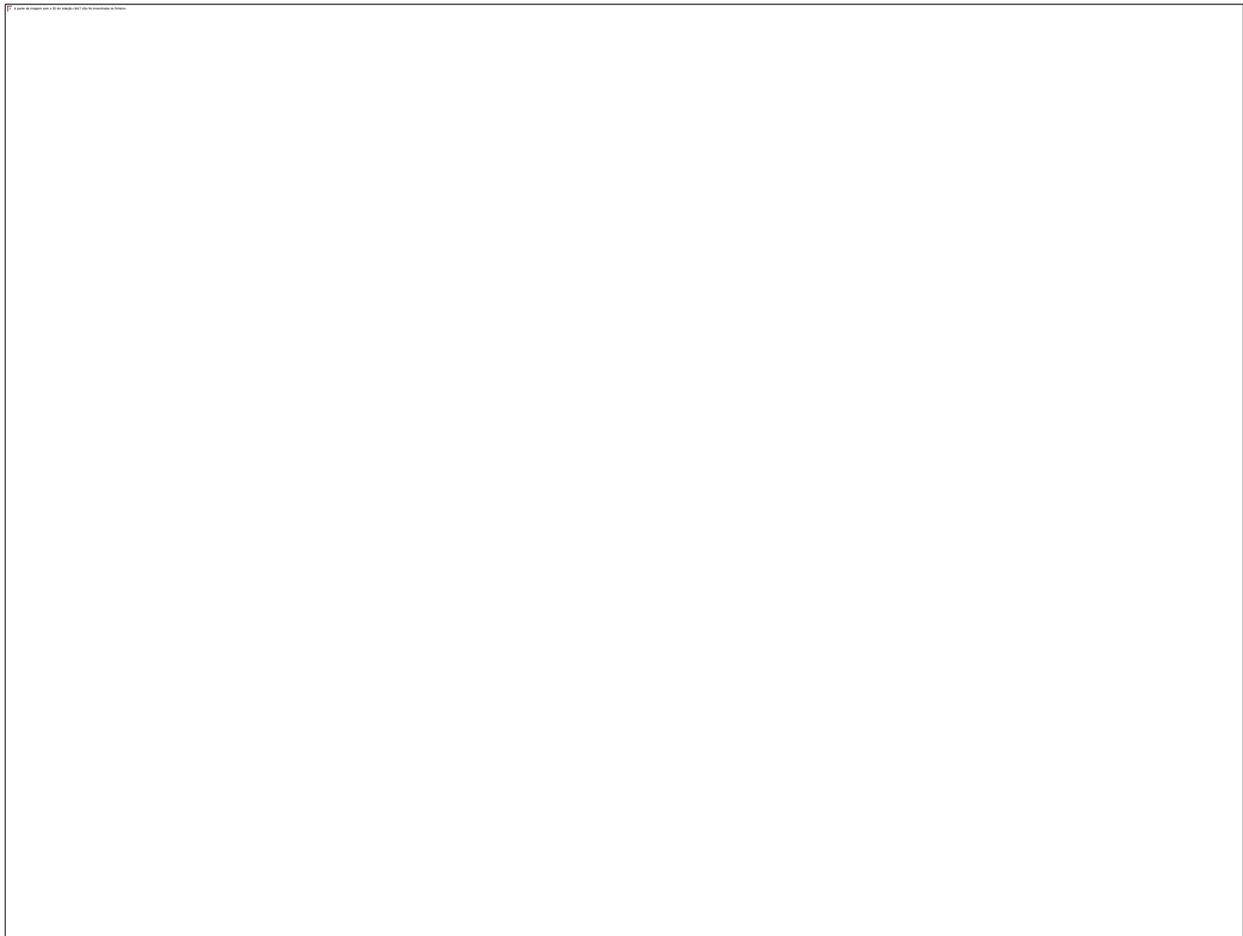


Figura 2-Mapa do local de estudo

Fonte: Instituto Nacional de Estatística (2014).

### 3.4. Materiais

A tabela 3 apresenta a relação dos materiais e equipamentos utilizados para implementação do estudo no laboratório dos campus do ISPG.

**Tabela 3** - Relação das matérias necessárias para a realização do estudo.

<b>Matéria-prima, Equipamentos e utensílios</b>	<b>Aplicação</b>
Batata-doce	Principal matéria-prima
Açúcar	Constituinte do mosto
Leveduras	Constituinte do mosto
Facas	Divisão das batatas
Panela	Cozimento das batatas
Água destilada	Lavagem dos equipamentos
Água potável	Lavagem da batata
Fogão	Aquecimento do xarope
Triturador de vegetais	Refinamento da polpa
Baldes	Acondicionamento das batatas
Bacias	Lavagem da batata
Pipeta	Análises físico-químicas
Elernmeyer	Análises físico-químicas
Refratômetro	Leitura do brix
Balança analítica	Pesagem da matéria-prima
Phmetro	Leitura do pH
Hidróxido de Sódio	Titulação
Fenolftaleína	Indicador

**Fonte:** Autora (2023).

### 3.5. Métodos

Neste subcapítulo serão alistados os métodos aplicados para produção de destilado de batata-doce e bem como os aplicados para avaliação físico-química.

#### 3.5.2. Formulações

A tabela 4 ilustra as formulações elaboradas para produção de destilado de batata-doce adaptada.

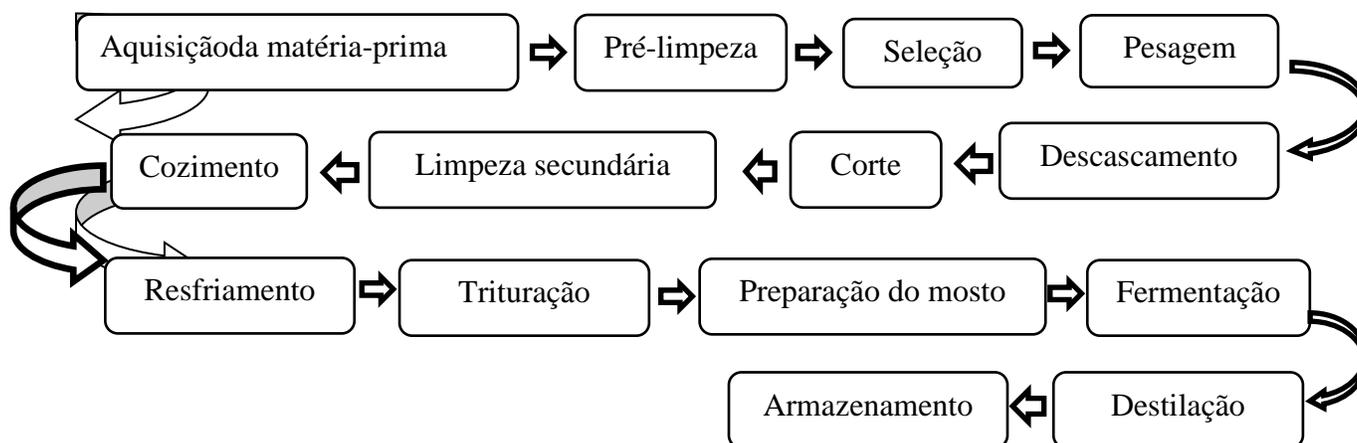
**Tabela 4-** Formulações do destilado de batata-doce (*Ipomea batata*)

Ingredientes	Formulações em %		
	F1	F2	F3
Batata-doce	40%	45%	50%
Açúcar	6%	6%	6%
Levedura	1%	1%	1%
Água	53%	48%	43%

F1-Primeira formulação com 40% de batata-doce; F2- Segunda formulação com 45% batata-doce e F3- Terceira formulação com 50% de batata-doce. Autora (2023).

#### 3.5.3. Fluxograma do processo produtivo de destilado de batata-doce

O desenvolvimento de destilado de batata-doce procedeu com a seguinte linha de produção exposta na figura 3 abaixo.



**Figura 3-** Fluxograma de produção de destilado de banana

**Fonte:** Autora (2023).

### **3.5.3.1. Descrição do processo produtivo**

Neste subcapítulo serão alistadas as etapas seguidas para produção de destilado de batata-doce e bem como para avaliação físico-química.

#### **3.5.3.1.2. Aquisição da matéria-prima**

Foram adquiridas 15kg de batata-doce de polpa alaranjada no mercado Ntomeni da cidade de Chókwé onde fez-se o controle qualidade da matéria-prima, observando-se as características extrínsecas como lesões mecânicas, a presença de podridões, intensidade da cor, injúrias, de seguida as batatas foram acondicionadas num saco plástico e levadas até o local de estudo. Por sua vez adquiriu-se 1kg de açúcar, 150g de fermento biológico (*Saccharomyces cerevisiae*) de marca ACHOR, no Supermercado de Chókwè.

#### **3.5.3.1.3. Pré-limpeza**

Nesta etapa com auxílio de bacias a matéria-prima (batata-doce) submetida a uma lavagem (ver o apêndice 1) com objectivo de remover todas as impurezas grosseiras providas do campo, garantindo assim assepsia do produto final.

#### **3.5.3.1.4. Selecção**

Após o processo de pré-lavagem as batatas foram seleccionadas de acordo com o tamanho e a dureza retirando as que apresentavam injúrias e deixando apenas os tubérculos médios e sadios para processamento.

#### **3.5.3.1.5. Pesagem**

Nesta etapa através da balança analítica de marca Adam Nimbus efectuou-se a pesagem de tubérculos para obter-se a quantidade ideal para produção destilado.

#### **3.5.3.1.6. Descascamento e corte**

Após a pesagem da batata-doce, foi usada uma bacia onde com auxílio de faca previamente higienizada procedeu-se com descascamento dos tubérculos e posteriormente fez-se corte em cubos (ver o apêndice 2), com objectivo de reduzir tamanho para facilitar os processos subsequentes.

#### **3.5.3.1.7. Segunda lavagem**

Asegunda lavagem foi realizada em uma bacia com água, a fim de remover os materiais contaminantes garantindo as condições adequadas do produto final.

#### **3.5.3.1.8. Cozimento e resfriamento**

Nesta etapa com auxílio de fogão a gás os tubérculos já descascado e cortados em cubos foram submetidas ao processo de cozimento por imersão em uma panela á uma temperatura de  $\pm 100^{\circ}\text{C}$  durante 30 minutos, proporcionando a gelatinização do amido de batata-doce através de acção de calor e água e facilitando o processo de formação de biomassa ou substrato. De seguida os tubérculos foram deixados arrefecer a temperatura ambiente ( $\pm 25^{\circ}\text{C}$ ) durante 1 hora de tempo.

#### **3.5.3.1.9. Trituração**

Após o processo de cocção, a polpa foi submetida ao processo diminuição de tamanho com auxílio de triturador de vegetais durante 10 minutos, formando assim o substrato para a composição do mosto.

#### **3.5.3.1.10. Preparação do mosto**

Nesta etapa foi utilizado como biorreactor um balde de 20 litros (ver apêndice 3), para mistura de todos componentes para formação do mosto, de acordo com as formulações descrita na tabela 4, onde numa primeira fase adicionou-se substrato, água e 6% de açúcar e procedeu-se com o processo avaliação de pH que esteve na faixa de 4,28-4,39, considerado ideal para óptimo desenvolvimento das leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*). Em seguida a concentração de sólidos solúveis totais foi de 13,86-14,13°Brix que foi acertada para 15°Brix com açúcar e posteriormente procedeu-se com a inoculação onde adicionou-se 1% de fermento biológico, neste caso, *saccharomyces cerevisiae*.

#### **3.5.3.1.11. Fermentação**

Após a preparação do mosto, a fermentação foi realizada utilizando um sistema semi-fechado, constituído por baldes com capacidade de 20 litros, com um sistema de liberação de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e para tirada de amostra e acopladas mangueiras de borrachas (ver apêndice 3) e por sua vez foram mantidas em local escuro durante 5 dias a uma temperatura ambiente ( $\pm 25$ ) para proporcionar o processo de fermentação através do consumo dos açúcares presentes no substrato por microorganismos (leveduras) liberando o dióxido de carbono e produzindo álcool.

Durante o processo fermentativo fez-se a cinética, monitorando-se os nutrientes do substrato que compõe o meio de cultura (açúcares) e nível alcoólico produzido a cada dia de fermentação.

#### **3.5.3.1.12. Destilação**

Após estabilização dos componentes presentes no mosto, procedeu-se com o processo de destilação do fermentado, onde esta sucedeu-se através da fervura do mosto num destilador produzindo vapores a temperatura de  $\pm 70^{\circ}\text{C}$  e posteriormente condensados por arrefecimento num recipiente plástico de polipropileno com água fria e promovendo-se assim o esgotamento do álcool etílico em um recipiente de plástico (ver apêndice 4).

#### **3.5.3.1.13. Armazenamento**

O álcool etílico obtido no processo de destilação foi acondicionado em embalagens de vidro e armazenado num local sem incidência de luz solar para posteriores análises físico-químicas do destilado de batata-doce obtido.

### **3.5.4. Análises físico-químicas**

Para mensuração dos parâmetros físico-químicos de destilado de batata-doce foram adoptados de acordo com a metodologia padronizada pelas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008), onde por sua vez foram avaliados em triplicatas os seguintes parâmetros: Sólidos solúveis totais, pH, Acidez total titulável, Grau alcoólico e rendimento alcoólico.

#### **3.5.4.1. Determinação Potencial de hidrogénio (pH)**

Para determinação de pH usou-se o método potenciómetro, onde em *erlermeyer* mediu-se 5ml de destilado de batata-doce para 50ml de água destilada e de seguida ligou-se o pHmetro digital da marca HANNA e introduziu-se o eléctrodo na amostra de destilado preparada depois fez-se a leitura do pH em triplica.

#### **3.5.4.2. Determinação de Acidez Total Titulável**

A acidez total titulável do destilado de batata-doce foi mensurada através do método de titulação volumétrica potenciométrica. O procedimento consistiu em medir 10ml de amostra para titulação em 50ml de água destilada, de seguida adicionou-se 3 gotas de indicador fenolftaleína a 1% e procedeu-se com titulação com hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N até atingir ponto de viragem ou aparecimento da cor rósea e anotou-se o volume gasto para cálculo de acidez do destilado de batata-doce através de equação (1) abaixo.

$$\text{Acidez total titulavel} = \frac{V \times N \times \text{Meq}}{p} \quad [\text{Equação 2}]$$

**Onde:**

- V = Volume, em mL de NaOHgasto na titulação;
- N = Normalidade do NaOH (0,1 M);
- Meq = Miliequivalente do ácido, 0,064 para o ácido cítrico;
- P = Peso da amostra, em ml.

### 3.5.4.3. Determinação de Grau alcoólico

Para a determinação do grau alcoólico, foi realizado com auxílio de um alcoodecmetro. Em tubo de ensaio foi introduzido o Icoterm e a seguir colocou-se cuidadosamente a amostra do destilado de batata-doce no tubo de ensaio até que o alcoolímetro começa-se a flutuar, estando a flutuar, fez-se a leitura directa do teor alcoólico na escala do alcoolímetro em °GL.

### 3.5.4.4. Rendimento alcoólico

O rendimento alcoólico foi mensurado através de diferença de volume total de mosto antes de fermentação e pelo volume álcool encontrado depois de destilação, o rendimento alcoólico foi calculado com equação 2 abaixo.

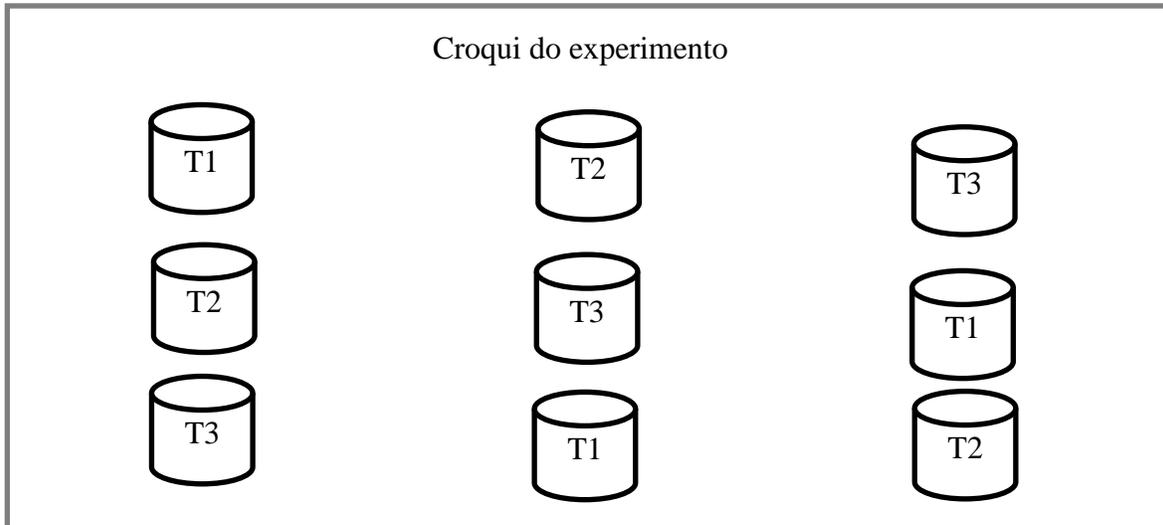
$$\% \text{Rendimento alcoolico} = \frac{V.\text{alcool}}{V.\text{mosto}} \times 100 \quad [\text{Equação 3}]$$

**Onde:**

- V.álcool-Volume de álcool encontrado depois destilação;
- V.mosto - Volume do mosto ou fermentado antes do processo de fermentação.

### 3.5.5. Análise estatística

O experimento foi assente ao Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) com três tratamentos (3) e três (3) repetições totalizando 9 unidades experimentais (3x3): T1 (Formulação com 40% de batata-doce); T2 (formulação com 45% de batata-doce); T3 (Formulação com 50% de batata-doce) conforme a figura 3 abaixo ilustra. Os efeitos dos tratamentos foram submetidos á análise de variância (ANOVA) e a comparação das médias foi realizado por teste de TUKEY á nível significância de 5%, usando o pacote estatístico Minitab versão 18.1.



**Figura4-** Desenho experimental do ensaio. **Legenda:** F1- Primeira formulação com 40% de polpa de batata-doce; F2- segunda formulação com 45% de polpa de batata-doce; F3- terceira formulação com 50% de polpa de batata-doce. **Fonte:** Autora (2023) adaptada na metodologia de Adolfo Lutz (2008).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados resultados referentes aos parâmetros físicos-químicos para correção do mosto da batata-doce; a cinética fermentativa e de análises físico-químicas do destilado de batata-doce.

### 4.1. Composição físico-química de mosto de batata-doce

Na tabela 5 são apresentados resultados obtidos de parâmetros físicos-químicos de mosto de batata-doce, que estes foram determinados com intuito de ajustar os factores determinantes para promover o processo fermentativo, os quais, sólidos solúveis totais, Acidez Total Titulável e potencial de hidrogénio (pH).

**Tabela 5-** Composição físico-químicas de mosto de batata-doce

Parâmetros	Tratamentos		
	F1	F2	F3
Sólidos Solúveis Totais	14,0±0,95 <sup>a</sup>	13,86±0,51 <sup>a</sup>	14,13±0,63 <sup>a</sup>
pH	4,39±0,13 <sup>a</sup>	4,28±0,19 <sup>a</sup>	4,33±0,18 <sup>a</sup>
Acidez Total Titulavel	10,28±0,32 <sup>a</sup>	9,55±1,02 <sup>a</sup>	10,96±0,89 <sup>a</sup>

Media (±) Desvio padrão; Letras diferentes na mesma linha indicam que não houve diferenças mínimas significativas entre as formulações a 5% de significância de teste de Tukey; F1- Primeira formulação com 40% de polpa de batata-doce; F2- segunda formulação com 45% de polpa de batata-doce; F3- terceira formulação com 50% de polpa de batata-doce.

#### 4.1.1. Sólidos solúveis Totais de mosto

De acordo com resultados obtidos nesta pesquisa (ver tabela 4) pode-se verificar que todas as formulações (F1, F2 e F3) de fermentado de batata-doce não apresentaram diferenças mínimas significativas ( $p < 0,05$ ), tendo obtido as médias de 14,0±0,95; 13,86±0,51 e 14,13±0,63 respectivamente. O teor de sólidos solúveis totais encontrados nesta pesquisa (ver tabela 5) esteve acima comparado os encontrados por RODRIGUES *et al.*, (2008) na pesquisa sobre caracterização físico-química de Bebida proteica elaborada com extracto de soja e polpa de pêssigo, onde obtiveram 10,30°Brix. Isso pode ser justificado pelo alto valor de carboidratos apresentado por batata-doce.

Segundo MENDES (2016) Em seu estudo sobre obtenção e caracterização físico-química e sensorial de fermentado de pêssigo obteve 13,33°Brix, estando um pouco abaixo dos resultados nesta pesquisa tendo-se encontrado 14,0±0,95; 13,86±0,51 e 14,13±0,63 respectivamente.

De acordo com NOGUEIRA, (2013) Em seu estudo na produção de aguardente de batata-doce mostrou os resultados de sólidos solúveis de 13,01°Brix, estando um pouco abaixo dos resultados obtidos nesta pesquisa.

De acordo com o Decreto nº453: 2013 Ed.1 da norma moçambicana estabelece limites das percentagens de concentração de açúcar em °brix aceitável para mostos na qual deve variar de 15 a 18%.

#### **4.1.2. pH**

Quanto ao potencial de hidrogénio pode observar-se (ver tabela 5) que as formulações produzidas não diferiram-se estatisticamente ( $p < 0,05$ ). De acordo com LOPES *etal.*, (2006) dita que o pH ideal para conduzir uma boa fermentação do substrato deve estar na faixa de 4 á 4,5. Respectivamente. Contudo pode verificar-se o pH encontrando nesta pesquisa esteve dentro da faixa preconizada pelo autor acima citado tendo apresentado  $4,39 \pm 0,13$ ;  $4,28 \pm 0,19$  e  $4,33 \pm 0,18$  respectivamente. Comparando com os resultados encontrados por CARVALHO *etal.* (2008) onde o fermentado de cana-de-açúcar apresentou um pH de 5,3 que é superior aos resultados obtidos nesta pesquisa.

Segundo (SILVEIRA *et al.*, 2008) no estudo de produção e caracterização físico-química de destilado de batata-doce apresentou um pH de 4,5 do mosto de batata-doce, comparando com os resultados desta pesquisa indica que foram semelhantes aos resultados obtidos.

#### **4.1.3. Acidez Total Titulável**

Conforme os resultados nesta pesquisa observa-se (ver tabela 5) que todas as formulações (F1, F2 e F3), não apresentaram diferenças mínimas significativas ( $P > 0,05$ ). Valores superiores a este estudo (ver tabela 5) são obtidos por OLIVEIRA *etal.*, (2015), no estudo de fermentado de laranja tendo encontrado acidez total titulável de 12,92 respectivamente. Apesar dessa divergência dos valores não observou-se problemas no decorrer do processo de fermentação.

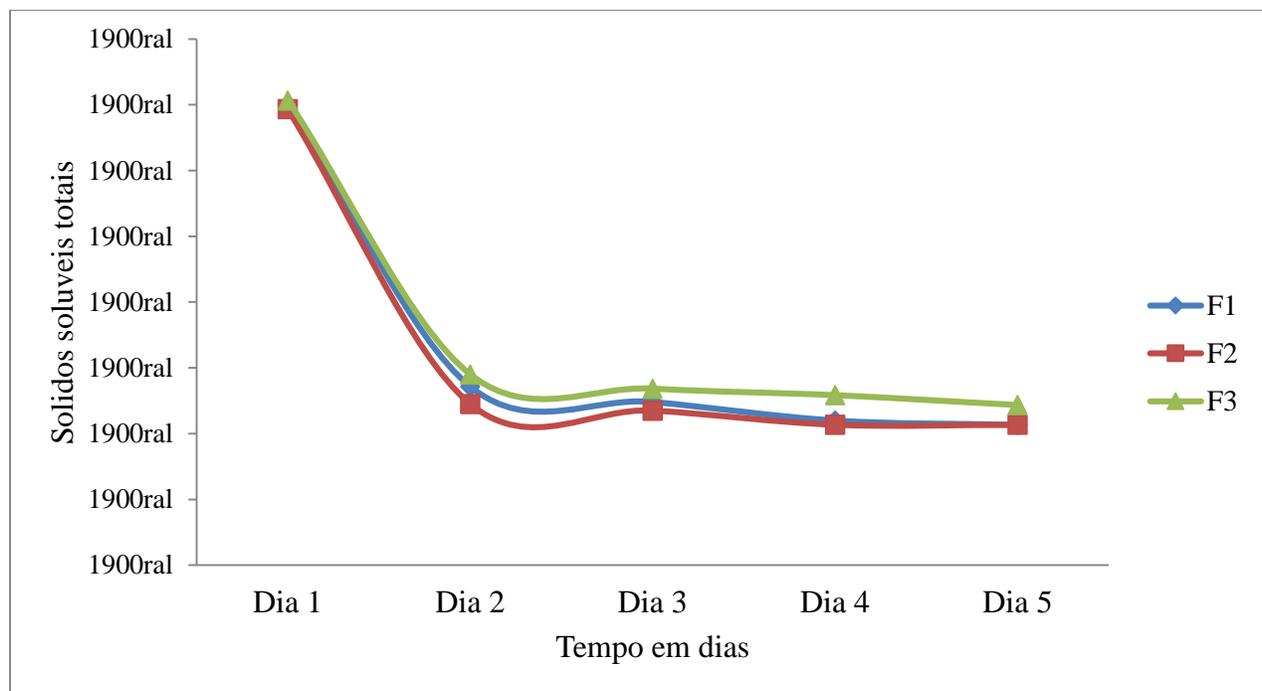
Comparando também os resultados obtidos nesta pesquisa constatou-se que foram inferiores aos encontrados por RODRIGUES *etal.*, (2008), No estudo de caracterização físico-química de bebida polpa de pêssgo tendo verificado um valor de 4,03 de acidez. Este cenário pode ser justificado pela acidez baixa de batata-doce.

## 4.2. Cinética de fermentação do fermentado de batata-doce

No que diz respeito a cinética da fermentação do mosto, os dados referentes ao decaimento dos sólidos solúveis, comportamento do pH e Acidez Total Titulável e produção de etanol e, todos em função do tempo (5 dias), podem ser observados nas Figura 5, 6,7 e 8 abaixo do presente trabalho.

### 4.2.1. Sólidos solúveis Totais em função do tempo de fermentação

A figura 5 ilustra o consumo dos açúcares do substrato pelo microorganismos (*Saccharomyces cerevisiae*) em função do tempo (5 dias), em diferentes formulações produzidas (F1 com 40% de batata-doce; F2 com 45% de batata-doce e F3 com 50% de batata-doce).



**Figura 5-**Sólidos solúveis Totais em função do tempo de fermentação.

**Legenda:**F1- Primeira formulação com 40% de polpa de batata-doce; F2- segunda formulação com 45% de polpa de batata-doce; F3- terceira formulação com 50% de polpa de batata-doce. **Fonte:** Autora (2023).

De acordo figura 5, pode verificar-se consumo acentuado ou brusco dos açúcares presentes mosto ou do fermentado de batata-doce durante os primeiros dias (dia 1 á 3) fermentação em todas formulações (F1, F2 e F3) através de acção leveduras do género *Saccharomyces cerevisiae* promovendo o seu crescimento, multiplicação e produção do álcool.

Nas três amostras no 3-4 dia, os teores de Sólidos solúveis Totais apresentaram decréscimo moderado já que a levedura estava adaptada às condições do mosto. Após esse período houve um

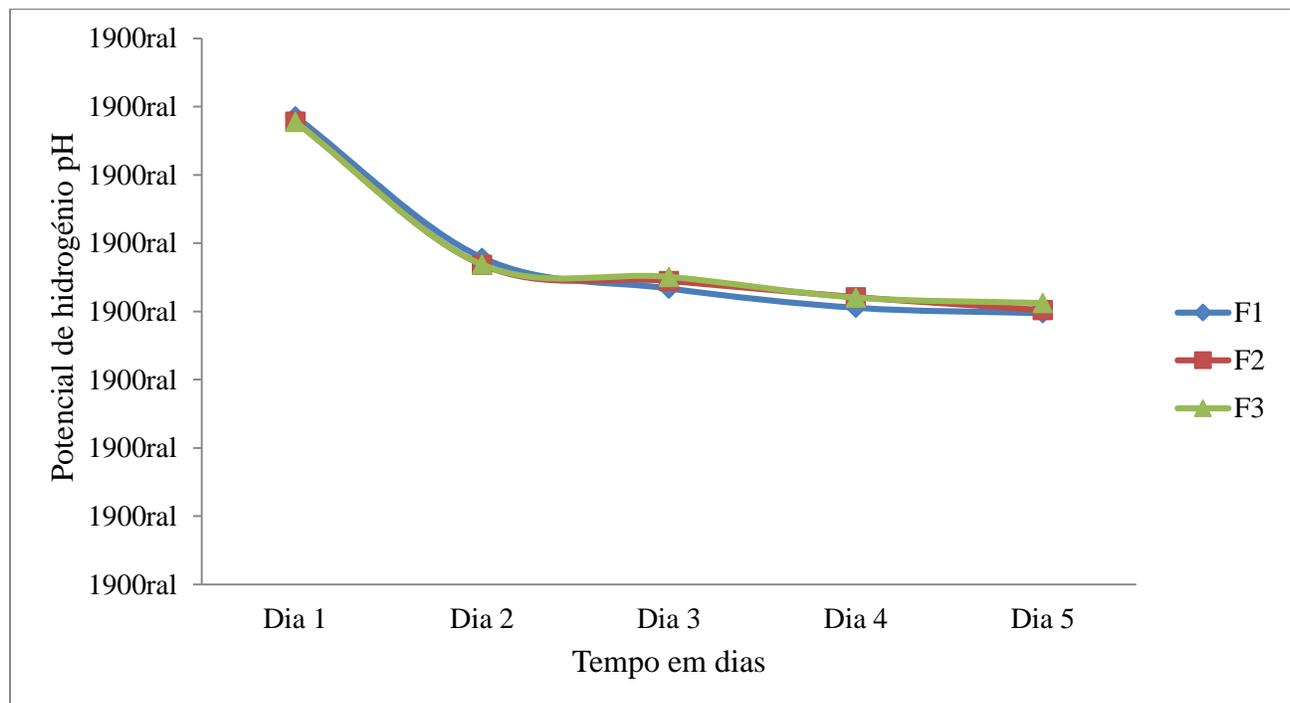
decréscimo muito lento até a estabilização do Brix em torno de 4,0 para três fermentados num período de quarto e quinto dia. Este cenário deve-se provavelmente pela presença dos açúcares não fermentáveis no substrato de batata-doce.

Resultados semelhantes a este estudo (ver figura 5), pode ser observado na pesquisa de ADOLFO LUTZ, (2008) em estudo de fermentado de batata-doce ao longo do período de fermentação foi possível observar uma queda de concentração, devido as leveduras que estiveram a consumir o açúcar presente no fermentado em álcool, e neste estudo devido ao curto período de fermentação que foi em cinco (5) dias não foi possível estabilizar o °Brix.

(BRAZILIAN, 2021) Neste estudo o teor de sólidos solúveis totais no fermentado de batata-doce para produção de aguardente teve uma diminuição no valor de 18 para 11,5 no segundo dia da fermentação, tudo indica que houve um grande consumo de açúcares pelas leveduras. Essa diferenciação de resultados pode ser explicada pelo período de adaptação da levedura ocasionada provavelmente pela elevada concentração do mosto.

#### 4.2.2. Comportamento de pH ao longo processo fermentativo

A variação de pH durante o processo de fermentação de fermentado de batata-doce das três formulações é ilustrada na figura 6.



**Figura6-** Comportamento de Potencial de hidrogénio em função do tempo.

**Legenda:** F1- Primeira formulação com 40% de polpa de batata-doce; F2- segunda formulação com 45% de polpa de batata-doce; F3- terceira formulação com 50% de polpa de batata-doce. **Fonte:** Autora (2023).

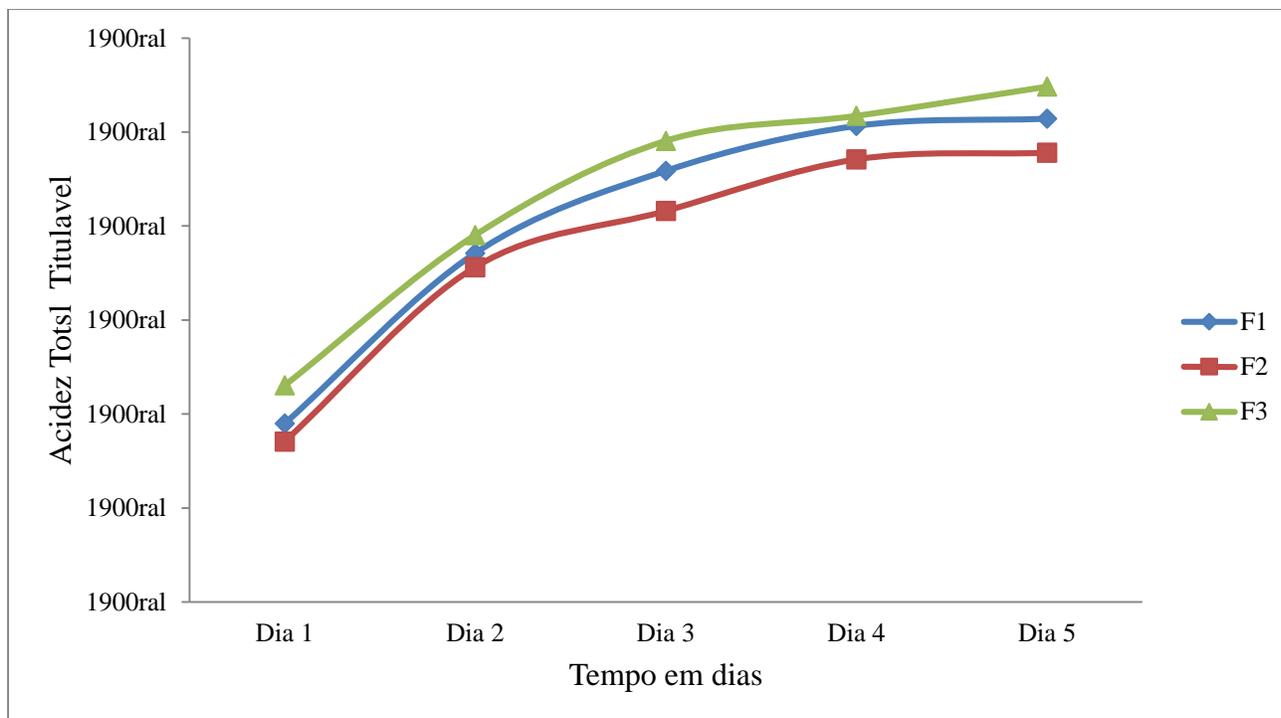
Na figura 6 pode observar-se uma queda ligeiramente brusca de potencial de hidrogénio a partir primeiro á segundo dia em todas formulações do mosto de batata-doce que este coincide com a maior actividade da levedura quanto ao consumo do açúcar e conseqüentemente a produção de álcool.

Observando no período de terceiro ao quarto (ver figura 6) verificou-se a pouca variação de pH até o término do processo fermentativo no período de quarto á quinto dia houve a estabilização do decréscimo pH. Esse declínio gradual até estabilização pode ser justificado pelo consumo de açúcares do mosto que proporciona a produção de etanol que este por sua vez contribui para redução de pH, o mesmo acontecimento observado por VENTURINI FILHO (2010) no seu estudo.

Resultados similares a este estudo de análise da variação do pH durante o processo fermentativo do mosto de batata-doce pela levedura *Saccharomyces cerevisiae*, são encontrados por STECKELBERG, (2001) onde no terceiro dia observou-se o desenvolvimento da massa e declínio de pH é inversamente proporcional ao crescimento microbiano. Isso acontece provavelmente por compostos produzidos por álcool que ocasionada a redução de pH do meio.

#### **4.2.3. Variação de Acidez Total Titulável**

Na figura 7, é mostrada o comportamento de Acidez Total Titulavel das formulações durante de fermentação por período de tempo de 5 dias.



**Figura 7-** Comportamento de Acidez Total Titulável em função de tempo.

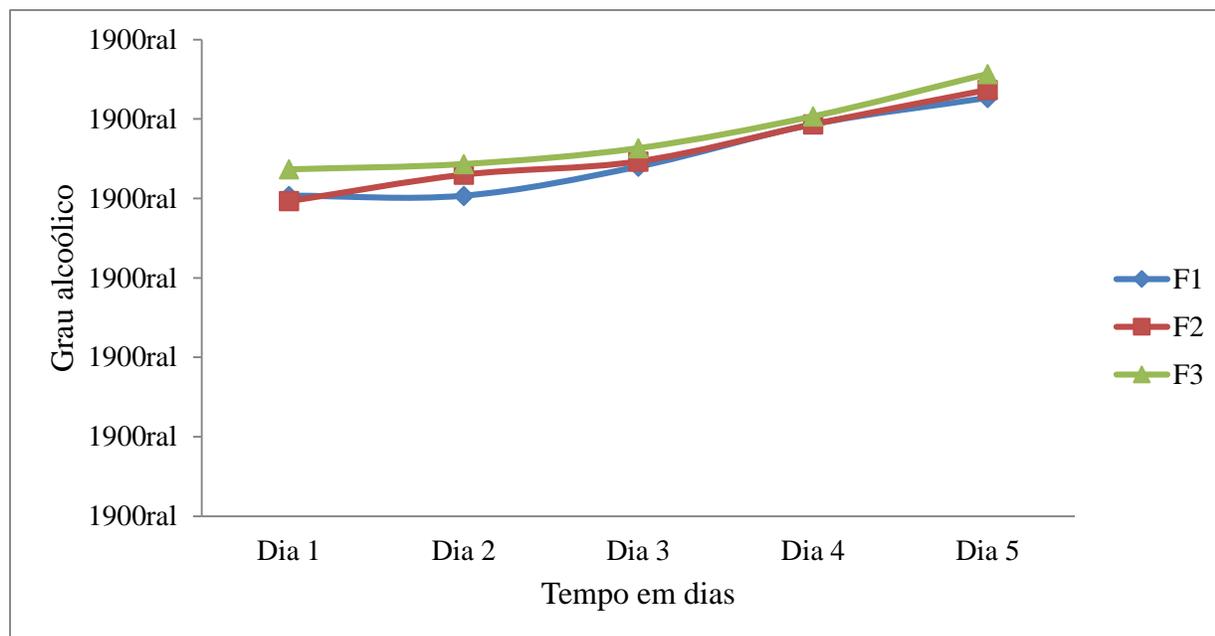
**Legenda:**F1- Primeira formulação com 40% de polpa de batata-doce; F2- segunda formulação com 45% de polpa de batata-doce; F3- terceira formulação com 50% de polpa de batata-doce.**Fonte:** Autora (2023).

Analisando a acidez total (ver figura 7) no período de primeiro e segundo dia de fermentação houve subida gradual de acidez. De segundo a terceiro dia verificou-se mais aumento de acidez para todas amostras de fermentado de batata-doce. Isso possivelmente deveu-se ao maior consumo dos açúcares de substrato pela levedura produzindo álcool. Posteriormente no decorrer de terceiro á quarto dia houve acréscimo moderado e permaneceu constante com pequenas oscilações para formulações (F1, F2 e F3) e foi estabilizando-se no intervalo de quarto e quinto dia. O que pode ter favorecido a maior velocidade de fermentação.

Olhando os resultados encontrados por BRUNELLI (2015) em seu trabalho sobre caracterização físico-química de batata-doce, observou decréscimo acidez nas primeiras 8 horas de fermentação, por sua vez comparando com os valores encontrados nesta pesquisa (ver figura 7) pode observar-se que foram diferentes. Ainda comparando com dados obtidos NIEMES *etal.* (2008) que observou pequenas oscilações de acidez e constante no término de processo fermentativo, o mesmo acontecimento é verificado nesta pesquisa (ver figura) a partir 4 á 5 dia de fermentação para formulações estudadas.

#### 4.2.4. Teor de etanol

A figura 8 ilustra o teor de álcool produzido ao longo do tempo de processo fermentativo.



**Figura 8-**Teores de etanol (%v/v) ao longo da fermentação.

**Legenda:** F1- Primeira formulação com 40% de polpa de batata-doce; F2- segunda formulação com 45% de polpa de batata-doce; F3- terceira formulação com 50% de polpa de batata-doce. **Fonte:** Autora (2023).

Analisando os resultados obtidos (ver figura 8), a segunda formulação registou um teor alcoólico ligeiramente maior que formulações F1 e F3 no primeiro de fermentação. De forma generalizada todas formulações mostraram uma produção lenta de álcool nos dois primeiros dias, este cenário é constatado por MUNIZ, (2009) em seu estudo processamento das vagens de algaroba (*Prosopisjuliflora*) para produção de bioprodutos. O acontecimento acima verificado deve-se provavelmente fase de adaptação de microorganismos no meio. No entanto do 3 á 4 dia verificou-se a produção acentuada de etanol através do consumo dos açúcares do mosto de batata-doce em diferentes e convertendo-os em álcool. Posteriormente do quinto dia observou-se uma diminuição na produção de etanol, indicando o menor consumo de açúcar por parte leveduras.

ANDRADE *etal.*, (2013) no seu estudo sobre fermentação alcoólica e caracterização do fermentado de morango, observou a estabilização do teor alcoólico devido ausência dos açúcares fermentados no meio, não deferindo-se resultados encontrados nesta pesquisa (figura 8). Isso pode ser justificado por não adição de açúcares no mosto.

### 4.3.Composição físico-química de destilado de batata-doce

Na tabela 6, estão indicados os resultados referentes a composição físico-química (Sólidos Solúveis Totais, pH, Acidez Total Titulavel, Grau alcoólico e Rendimento alcoólico) de destilado de batata-doce.

**Tabela 6**-Composição físico-química de destilado de batata-doce

Parâmetros	Tratamentos		
	F1	F2	F3
pH	3,97±0,02 <sup>b</sup>	4,02±0,03 <sup>ab</sup>	4,12±0,02 <sup>a</sup>
Acidez total	2,17±0,67 <sup>a</sup>	1,96±0,53 <sup>a</sup>	1,66±0,12 <sup>a</sup>
Grau alcoólico	52.67±0,57 <sup>a</sup>	53,66±1,52 <sup>a</sup>	55,67±3,06 <sup>a</sup>
Rendimento alcoólico	7,60±0,65 <sup>a</sup>	5,60±0,30 <sup>b</sup>	3,46±0,41 <sup>c</sup>

Media (±) Desvio padrão; Letras diferentes na mesma linha indicam que não houve diferenças mínimas significativas entre as formulações a 5% de significância de teste de Tukey; F1- Primeira formulação com 40% de polpa de batata-doce; F2- segunda formulação com 45% de polpa de batata-doce; F3- terceira formulação com 50% de polpa de batata-doce. **Fonte:** Autora (2023).

#### 4.3.1. pH

No que tange o potencial de hidrogénio de destilado de batata-doce são observados (ver tabela 6) diferenças mínimas estatísticas ( $p > 0,05$ ) entre as formulações F1 e F3 tendo apresentado as seguintes medias 3,97±0,02 e 4,12±0,02 respectivamente. Por sua vez a formulação F2 não apresentou diferenças mínimas significativas ( $p > 0,05$ ) quando comparado com a formulações F1 e F3. Resultados ligeiramente superiores a esta pesquisa são encontrados por CAVALCANTI (2009) em estudos realizados com cachaças, que obteve valores de pH entre 4,41 e 5,41. Alinhando aos valores obtidos por (SILVA, 2003) no seu estudo sobre características físico-químicas de cachaças artesanais encontrou 3,7 á 3,88, valor similar a F1 com 40% de batata-doce, e inferior as formulações F2 e F3 deste estudo (ver tabela). O SCHMIDT *etal.* (2009) encontrou valores de pH em aguardentes de batata-doce não envelhecidas com variação entre 3,57 e 5,08 respectivamente

Segundo a norma moçambicana do decreto n<sup>o</sup>453: 2013 Ed.1 do Instituto Nacional de Normalização e Qualidade estabelece que todas bebidas alcoólicas possuem valores de pH que

variam de 4 a 4,5% de teores de pH, estes valores que estão em concordância com os valores obtidos nesta pesquisa.

#### **4.3.2. Acidez Total Titulável**

No que diz respeito a acidez total não foram observados diferenças mínimas estatísticas ( $p > 0,05$ ) para todas formulações de destilado de batata-doce (ver tabela 6).

De acordo com ZACARONI *etal.*, (2011) no seu estudo sobre produção da aguardente de milho verde, obteve 1,4 á 1,5 de acidez total, valores superiores aos encontrados nesta pesquisa tendo se obtido as médias  $2,17 \pm 0,67$ ,  $1,96 \pm 0,53$  e  $1,66 \pm 0,12$  respectivamente. Valores superiores a esta pesquisa são encontrados por CARAPELLI., (2014), ao estudar o teor alcoólico de cachaças de cana-de-açúcar tendo obtido 17,08 de acidez, sendo que para esse estudo obteve-se acidez 1,66-2,17 respectivamente. Este cenário pode ser explicado provavelmente pela bidestilação realizado pelo autor acima citado.

Segundo a norma moçambicana do decreto n<sup>o</sup>453: 2013 Ed.1 do Instituto Nacional de Normalização e Qualidade estabelece que todas bebidas alcoólicas possuem valores de acidez total titulável que variam de 0,8 a 1,5 % de teores de acidez, estes que são inferiores aos valores obtidos nesta pesquisa.

#### **4.3.3. Grau alcoólico**

Quanto ao grau alcoólico de destilado de batata-doce não foram verificadas as diferenças mínimas estatísticas ( $p > 0,05$ ) em todas formulações produzidas (F1, F2 e F3) tendo se encontrados as seguintes médias  $52,67 \pm 0,57$ ,  $53,66 \pm 1,52$  e  $55,67 \pm 3,06$  respectivamente. Pode-se observar ainda que formulações estiveram dentro e a F3 fora dos limites padronizado pela legislação PORTARIA N<sup>o</sup>453 para as aguardentes de batata-doce que é de 38 a 54°GL. O ALCARDE *etal.* (2009) estudando aguardente de cana-de-açúcar produzidas por metodologias de dupla destilação, encontraram valores para teor alcoólico de 42,13% (v/v), estando abaixo dos resultados encontrados nesta pesquisa. Valores inferiores a este estudo são encontrados ainda por BISPO *etal.* (2012) em seus estudos, que verificou valores de teor alcoólico em cachaça que variaram entre 37,47 e 45,09 % (v/v).

Segundo a norma moçambicana do decreto n<sup>o</sup>453: 2013 Ed.1 do instituto nacional de normalização e qualidade estabelece que todas bebidas alcoólicas possuem um grau alcoólico

que varia de 38 a 54 % de teores de grau alcoólico, valores estes que estão em concordância com os valores obtidos nesta pesquisa.

#### **4.3.4. Rendimento alcoólico**

No que concerne o rendimento alcoólico foram verificadas as diferenças mínimas significativas ( $p > 0,05$ ) entre todas formulações produzidas de destilado de batata-doce. Valores superiores a esta pesquisa foram verificados por ANDRADE *etal.*, (2013) ao encontrar 14,1% de rendimento alcoólico. Essa diferença drástica entre os valores encontrados pode ser justificada pela quantidade do mosto preparado para os estudos. Valores inferiores para formulações F1 e F2 e superior para F3 são obtidos por MENEZES (2014), ao verificar 4,8 de rendimento alcoólico sendo que para este estudo os valores variam de 3,46 á 7,60 respectivamente.

## 5. CONCLUSÃO

Com o presente estudo conclui-se que a utilização de batata-doce como substrato é uma alternativa tecnicamente viável para obtenção ou produção destilados através das características físico-químicas observadas no produto final tendo-se encontrado um pH (3,97 á 4,12), acidez total titulavel (9,55 á 10,96) e para grau alcoólico (52,67 á 55,67 v/v%), e mostrou óptimo rendimento alcoólico em cinco (5) dias, podendo atender as necessidades tecnológica de procura de matéria-prima para produção de etanol Moçambique e assim como variar as formas de consumo de batata-doce.

Em relação aos factores de ajustes de mosto de batata-doce para dar o início do processo de fermentação, o mosto preparado apresentou 13,86 á 14,13 de sólidos solúveis totais tendo corrigido para 15°Brix. O pH encontrado esteve na faixa 4 á 4,5 que é considerado intervalo ideal para favorecer o processo fermentativo, o mesmo que foi observado para factor acidez total titulável.

No que tange a cinética fermentativa que teve uma duração de cinco (5) dias, onde os açúcares eram consumidos pelos microorganismos até atingir o seu ponto de equilíbrio, mostrou estabilização do consumo de açúcares a partir do quarto a quinto dia não havendo mais a degradação dos açúcares e conseqüentemente a produção de álcool que este no quinto dia esteve na faixa de 49-50v/v% de grau alcoólico. O pH do caldo de batata-doce produzido se manteve em uma faixa adequada à levedura, favorecendo o desenvolvimento da mesma durante a fermentação que este no quarto a quinto manteve estável.

No que concerne a melhor formulação, constatei que a primeira formulação foi a melhor devido aos valores encontrados nos parâmetros avaliados como é o caso de acidez total titulável, grau alcoólico e o rendimento alcoólico que tiveram resultados que foram aceites pela legislação.

## **6. RECOMENDAÇÕES**

Aos produtores de bebidas alcoólicas recomenda-se o uso de batata-doce para desenvolvimento de diferentes tipos de bebidas;

Aos pesquisadores é recomendado a realização de análise de extracto seco no destilado de batata-doce e avaliação de vida do produto final.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABUJAMRA, L. B. 2009. *Produção de destilado alcoólico a partir de mosto fermentado de batata-doce*. Tese (Doutorado), UNESP, Botucatu, SP, 135 p.
- ADOLFO LUTZ (IAL). 2008., *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. Coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea. 4ª Edição., São Paulo: Instituto Adolfo Lutz.
- ALCARDE, A. R.; SOUZA, P. A.; BOSQUEIRO, A. C.; BELLUCO, A. E. S. 2009. *Perfil físico-químico de aguardente de cana-de-açúcar produzida por metodologias de dupla destilação em alambique simples*. Revista Alimentos e Nutrição, v. 20, n. 3, p. 499-506.
- ALVARENGA, R. M. 2011. *Avaliação de parâmetros da fermentação e da destilação para adequação dos teores de compostos secundários em aguardente de banana*, Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos), Faculdade de Farmácia, UFMG, Belo Horizonte, MG, 155 p.
- ANDRADE, M. B. de et al. 2013. *Fermentação Alcoólica e Caracterização de Fermentado de Morango*. III Simbbtec, Maringá-PR, v. 2, n. 3, p.265-268.
- ANDRIETTA, S.R. 2007. *Apostila do Curso de Engenharia de Fermentação*. p. 71; 99.
- AOAC - Official methods of analysis, 2006. Washington, 18 ed.
- BERNI, P.R.A.; CHITCHUMROONCHOKCHAI, C.; BRAZACA, S.G.C.; FAILLA, M.L. 2014. *Bioaccessibility of  $\beta$ -Carotene in Orange Fleshed Sweet Potato cooked according to home styles compared to highly processed baby foods*. Nutrire.
- BISPO, J. L. P.; CARDOSO, M. G.; DUARTE, F. C.; RODRIGUES, L. M. A.; MENDONÇA, J. G.; SACZK, A. A.; MAGRIOTIS, Z. M. 2012. *Características físico-químicas de cachaças artesanais envelhecidas e não envelhecidas produzidas e comercializadas na Bahia*. Revista Magistra, v. 24, n. 3, p. 173-180.
- BRASIL, 2009. *que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas*, Brasília, DF.
- BRASIL, de 08 de agosto de 2014. *Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*. Instrução Normativa nº 28.
- BRASIL. Decreto no 2314, de 04 de Setembro de 2007. *Dispõe sobre a padronização, classificação, Registro, inspeção, produção e fiscalização de bebidas*.

- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. PORTARIA N° 65, DE 23 DE ABRIL DE 2008. *Regulamentos técnicos para a fixação dos padrões de identidade e qualidade para as bebidas alcoólicas destiladas: aguardente de melão, aguardente de cereal, aguardente de vegetal, aguardente de rapadura, aguardente de melado, aguardente de fruta, arac, rum, sochu, tequila, tiquira e uísque*. Brasília, DF.
- BRASIL. Decreto n° 6.871, de 4 de junho de 2009. *Regulamenta a Lei no 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas*. Brasília.
- BRAZILIAN, 2021. *Estudo da fermentação do mosto de batata-doce para produção de vodka saborizada com umbu-caja*. *Brazilian Journal of development*, 01 Set, Volume 7, p. 12.
- BRUNELLI, L. T. 2015. *Caracterização físico-química, energética e sensorial de hidromel*. 1986-B894p. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo.
- CANCELIER, A. *et al.* 2013. *Influência de parâmetros de processo na obtenção de bebida fermento-destilada de uva-japão (HoveniadelphicThunberg)*. *BrazilianJournalofFoodTechnology*, v.16, n.1, p. 59-67, 2013.
- CAVALCANTI, F. A. 2009. *Bidestilação em alambiques contendo dispositivos de prata e cobre e sua influência na qualidade da cachaça*. Dissertação (Mestrado Nutrição, Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista.
- CARDOSO, A.D. *etal.* 2005. *Avaliação de clones de batata-doce em Vitória da Conquista*. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.23, n. 4, p. 911-914.
- CORREA N, M. 2015. *Estudo da hidrólise do amido de milho verde e de batata-doce com uso de enzimas amilolíticas para produção de bebida alcoólica destilada*. FCE/ Universidade de Brasília,.
- CTC, CENTRO TECNOLOGIA CANAVIEIRA. 2011; *Manual de Métodos Analíticos Controle Químico da Fermentação*.
- EMBRAPA. 2017. *Melhoramento genético desenvolve batata-doce para produção de chips*. Brasília, DF.

- FONTAN, R. C. I.; VERÍSSIMO, L. A. A.; SILVA, W. S.; BONOMO, R. C. F.; VELOSO, C. M. 2011.*Cinética da fermentação alcoólica da elaboração de vinho de melancia*. Curitiba – PR.
- GASTONI FILHO, W. V. 2010.*Bebidas Alcoólicas: Ciência e tecnologia*. São Paulo: Blücher.
- LEBOT V., CHAMPAGNE A., MALAPA R., A SHILEY D., NIR 2009. *determination of major constituents in Tropical Root and Tuber Crops flours*. Journal of Agricultural and Food Chemistry.,
- LIMA, U. de A. *et.al.* 2011. *Biotecnologia Industrial, Processos Fermentativos e Enzimáticos*, 1 ed.,v.3. São Paulo: EditoriaEdgardBlücher, 616p.
- LOPES, R.V.V.; ROCHA, A.S.; SILVA, F.L.H.; GOUVEIA, J. P. G. 2006. *Aplicação do planejamento fatorial para otimização do estudo da produção de fermentado do fruto da palma forrageira*. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, v.7, n.1, p.25-32.
- MAIA, A. B. R. A.; CAMPELO, E. A. P. 2005. *Tecnologia da cachaça de alambique*. Belo Horizonte: SEBRAE/MG; SINDEBEBIDAS, 129 p.
- MAZUZE., 2004.*Análise da Adopção e Produção da batata-doce de polpa alaranjada*, Um Estudo de Caso da Província de Gaza. MastersThesis. Michigan StateUniversity.
- MENDES B A; 2016. *Obtenção e caracterização físico-química e sensorial de fermentado de pêssego*. Universidade de Paraná.
- NELSON, D. L.; COX, M. M.2014. *Princípios de Bioquímica de Lehninger*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed.
- MUNIZ, M.B. 2009. *Processamento das vagens de algaroba (Prosopis juliflora) para produção de bioprodutos*. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Campina Grande, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Processos.
- NIEMES, J. P. *etal.* 2008.*Estudo da fermentação do mel para produção de bebidas*. In: ENCONTRO DE QUÍMICA DA REGIÃO SUL, 16., 2008. Anais... SBQSul.
- OLIVEIRA, M. E. S. 2010.*Elaboração de Bebida alcoólica fermentada de Cagaita (Eugenia dysenterica, DC) Empregando leveduras livres e imobilizadas*. Universidade Federal de Lavras – Minas Gerais.

- PACHECO T. F. 2010. *Fermentação com leveduras de características floculantes em reator tipo torre com escoamento ascendente*. Uberlândia, 107 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Uberlândia, Minas Gerais,
- PASCHOALINI, G.; ALCARDE, V. E. 2009. *Estudo do processo fermentativo de usina sucroalcooleira e proposta para sua otimização*. Revista de Ciência e Tecnologia, v. 16, n. 32, p. 59-68.
- RISSO, R. 2014. *Etanol de batata-doce: otimização do pré-processamento da matéria-prima e da hidrólise enzimática*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- RODRIGUES, R. S; MORETTI, R. H. 2008. *Caracterização Físico-química de Bebida proteica elaborada com extracto de soja e polpa de pêssago*. Curitiba,.
- ROSSEL G., 2008. *batata-doce* C., Javier M. & Tay D.
- RUSSELL, I. 2003. Understanding yeast fundamentals. In: (Ed.). *The Alcohol Textbook. A reference for the beverage, fuel and industrial alcohol industries*: UK: Nottingham University Press,.
- SILVA, C. L. C. 2003. *Seleção de linhagens de Saccharomyces cerevisiae floculantes e linhagens não produtoras de H<sub>2</sub>S e sua influência na qualidade da cachaça*. Tese (Mestre em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 99 f,.
- SILVA, A. 2002. *cultura da batata-doce*. In: CEREDA, Marney Pascoli (Org.). *Cultura de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas*. São Paulo: Fundação Gargell.
- SILVEIRA, 2008. *A cultura de batata-doce como fonte de matéria prima para produção de etanol*. Em: TOCANTINS: s.n.
- STECKELBERG, C. 2001. *Caracterização de leveduras de processos de fermentação alcoólica utilizando atributos de composição celular e características cinéticas*. Universidade Estadual de Campinas - São Paulo.
- SRIVASTAVA, S.; GENITHA, T.R.; YADAV, V. 2012. *Preparation and quality evaluation of flour and biscuit from sweet potato*. J Food Process Technol, v. 3.
- TATIANA ZANIN, 2022. *Batata-doce e seus benefícios*, Santos: Novembro 2022.

- UNICAMP - Tabela brasileira de composição de alimentos-TACO. 2011.*Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação – NEPA*, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, 4º ed., 161p.
- VENTURINI FILHO, W. G. (2010). *Bebidas alcoólicas: Ciência e Tecnologia*. São Paulo: Blücher.
- VIANA, 2011. *Potencial de silagens de ramas de batata-doce para alimentação animal*. Ciência Rural, Santa Maria, v. 41, n. 8, p. 1466-1471,.
- ZACARONI, L. M.; CARDOSO, M. G.; SACZK, A. A.; SANTIAGO, W. D.; ANJOS, J. P.; MASSON, J.; DUARTE F. C.; NELSON, D. L.; 2011.*Caracterização e quantificação de contaminantes em aguardentes de cana*. Química Nova [S.l.]. Vol. 34, No. 2, 320-324,.

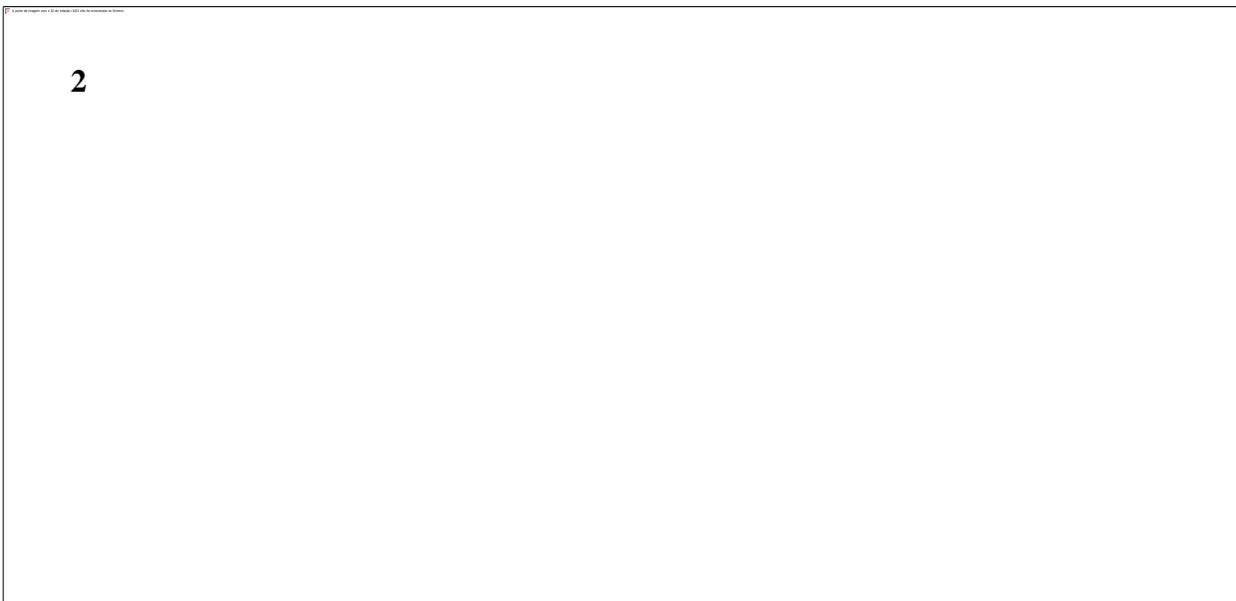
# APÊNDICES

**Apêndice 1-** Processo de lavagem de matéria-prima (batata-doce).



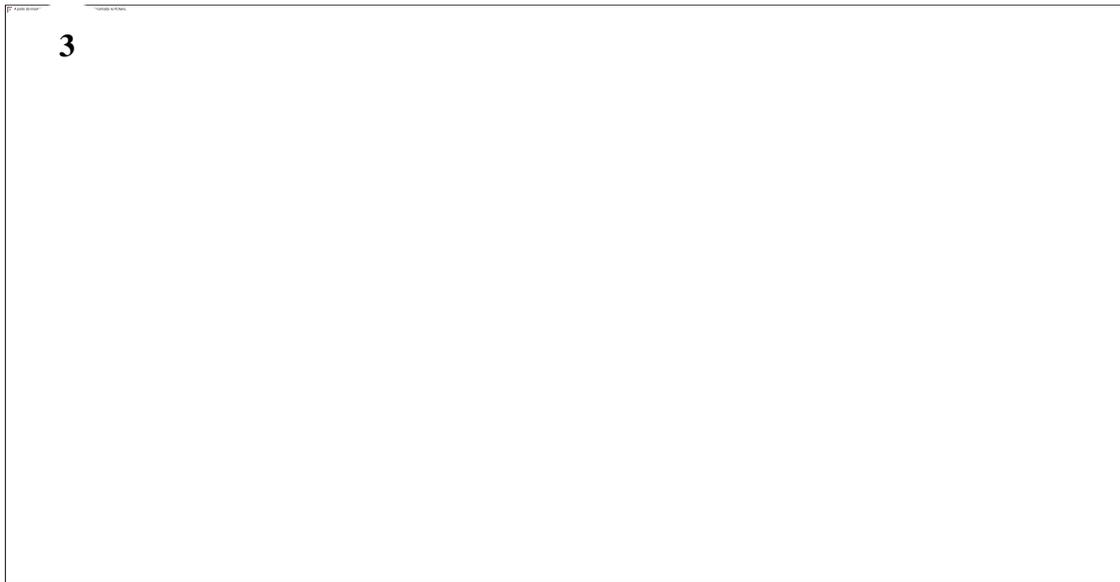
**Fonte:** Autora (2023).

**Apêndice 2-**Cortes em cubos de batata-doce.



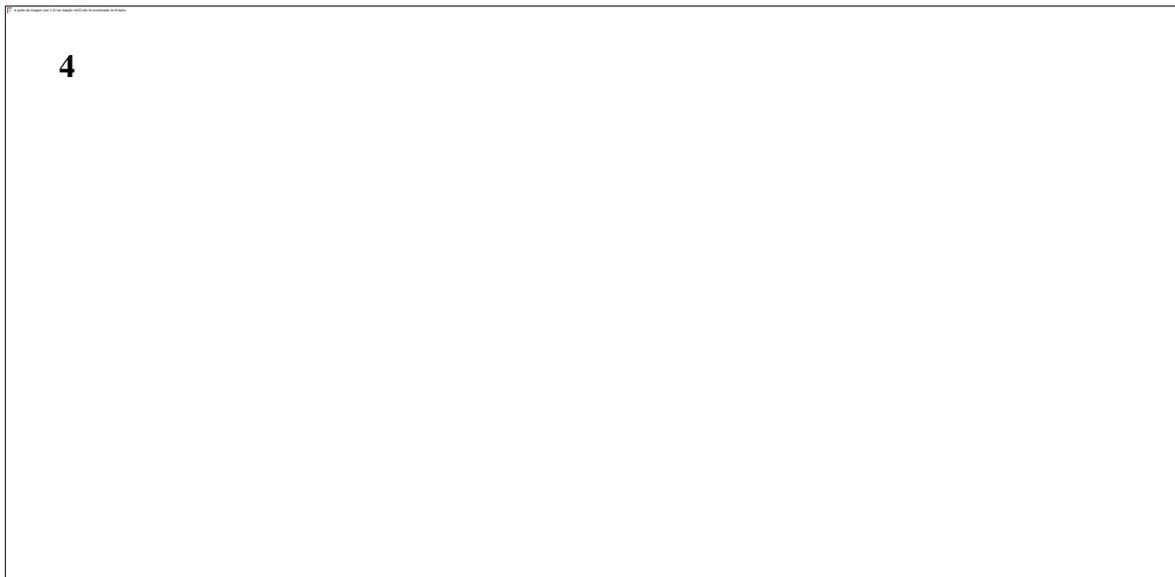
**Fonte:** Autora (2023).

### **Apêndice 3 – Processo de fermentação de mosto em birreactores de PET a temperatura ( $\pm 25$ )**



**Fonte:** Autora (2023).

### **Apêndice 4-Processo de destilação de mosto.**



**Fonte:** Autora (2023).