



ESCOLA SUPERIOR DE NEGÓCIOS E EMPREENDEDORISMO DE
CHIBUTO

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE TRÊS SISTEMAS DE SECAGEM
DA BANANA (*MUSA SPP.*)**

Jéssica Acácio Alexandre Artur

Chibuto, 2025

Jéssica Acácio Alexandre Artur

Avaliação da eficiência de três sistemas de secagem da banana (*Musa spp.*)

Trabalho de Licenciatura submetido em cumprimento parcial dos requisitos para a obtenção do Grau de Licenciado em Agricultura Comercial na Escola Superior de Negócios e Empreendedorismo de Chibuto.

Supervisor: Mestre Paulo José Muando, Eng.

Chibuto, 2025

DECLARAÇÃO

Declaro que este trabalho de fim do curso é resultado da minha investigação pessoal, que todas as fontes estão devidamente referenciadas, e que nunca foi apresentado para a obtenção de qualquer grau nesta Universidade, Escola ou em qualquer outra instituição.

Assinatura

Jéssica Acácio Alexandre Artur

Data: ____/____/____

Jéssica Acácio Alexandre Artur

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE TRÊS SISTEMAS DE SECAGEM
DA BANANA (*MUSA SPP.*)**

Trabalho avaliado como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Agricultura Comercial pela Escola Superior de Negócios e Empreendedorismo de Chibuto – ESNEC

Chibuto, _____/_____/_____

Grau e nome do Presidente

Rúbrica

Grau e nome do Supervisor

Rúbrica

Grau e nome do Oponente

Rúbrica

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Acácio Alexandre Artur e Adelaide Pedro Matimate, modelos de Amor e entrega incondicional, presença constante e rumo na minha vida, exemplos que me fazem crer que tudo é possível quando há dedicação, esforço, estudo e sacrifício.

A minha tia, Benvinda Pedro Matimate, pelo apoio incondicional, amor e presença constante rumo a minha vida e trajetória acadêmica.

Aos meus irmãos queridos, Vanessa, Ótis, Solange, Wilson, Edmilson, Cathine, Grace e minha querida sobrinha, Alicia, pelo amor incondicional. Todos vocês foram o meu combustível todos esses anos.

Não sei por quanto tempo ainda viverei; não sei por que dificuldades e desafios ainda passarei; não sei que pessoas trilharão a mesma trilha que eu.... Sei, porém, que me esforçarei até onde os limites humanos me permitam para permanecer íntegra, fiel aos meus princípios, orgulho dos que conviverem comigo.

Anônimo

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, Ele que é o Criador de tudo e todas as coisas.

Agradeço a todos os que sempre me incentivaram no decorrer da minha vida académica: mãe, pai, avós, tios, irmãos, parentes e amigos.

Ao meu supervisor, Mestre Paulo Muando, Eng. Por ter embarcado comigo nessa caminhada, pelo apoio incondicional, pela paciência, por dar azas as minhas ideias e por acreditar no meu potencial.

Não poderia deixar de agradecer a Escola Superior de Negócios e Empreendedorismo de Chibuto (ESNEC), que foi a casa que me acolheu e pude nesses anos todos de formação aprender não só as matérias lecionadas, mas também as lições de vida.

Quero agradecer de forma especial aos meus irmãos que conheci durante este percurso que passo a mencionar: Ema Abilio Muhangane, o meu muito obrigada pela convivência, amor e amizade. Aida Sufo pela amizade e cumplicidade, Nilza Morgado pela amizade e rizadas, Sheila Macie pelo amor e irmandade.

As minhas irmãs Neldmira e Nérica pelo amor, companheirismo e convivência durante todos esses anos.

As minhas amigas: Yamsleid, Shelzia, Vanessa e Alexandra, obrigada por tudo besties.

A todos os meus colegas que muito contribuíram para que este dia fosse possível. O meu muito obrigada.

Khanimambo!

Ninoutamalelany!

RESUMO

A presente pesquisa teve como finalidade avaliar a eficiência dos diferentes sistemas (bandeja, secador solar e estufa) na secagem da banana (*Musa spp.*), com foco na remoção da humidade e na preservação das suas propriedades físicas, sensoriais e nutricionais. Trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, com abordagem quantitativa e qualitativa, de carácter experimental, baseada em um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), envolvendo 21 unidades experimentais distribuídas em três sistemas de secagem, com sete repetições cada. Para a coleta dos dados, monitoraram-se variáveis como peso, temperatura e humidade relativa durante o processo de secagem, seguido por análises físicas, sensoriais e nutricionais. A análise estatística foi conduzida por meio da ANOVA utilizando o software R Studio (versão 4.3.2). Os resultados evidenciaram não haver diferenças significativas entre os sistemas avaliados, sendo o secador solar o que apresentou melhor desempenho na preservação de carboidratos e na redução da humidade. A estufa destacou-se por preservar a coloração mais clara, seguida pelo secador solar, enquanto a bandeja assim como os outros sistemas destacaram-se por preservar as proteínas, cinzas e gorduras próximas as da banana fresca. Assim, o estudo aponta os sistemas bandeja, secador solar e estufa como sendo eficientes, a escolha e adopção dos mesmos dependerá das condições e intenção do uso.

Palavras-chave: Banana, Secagem, Eficiência, Bandeja, Secador solar, Estufa.

ABSTRACT

The purpose of this research was to evaluate the efficiency of different systems (tray, solar dryer and oven) in drying bananas (*Musa spp.*), with a focus on removing moisture and preserving their physical, sensory and nutritional properties. This is an applied study, with a quantitative and qualitative approach, of an experimental nature, based on a Completely Randomized Design (CID), involving 21 experimental units distributed in three drying systems, with seven repetitions each. For data collection, variables such as weight, temperature and relative humidity were monitored during the drying process, followed by physical, sensory and nutritional analysis. Statistical analysis was conducted by means of ANOVA using the R Studio software (version 4.3.2). The results showed that there were no significant differences between the systems evaluated, with the solar dryer performing best in preserving carbohydrates and reducing humidity. The oven stood out for keeping the color lighter, followed by the solar dryer, while the tray and the other systems stood out for keeping the proteins, ash and fats close to those of fresh bananas. Thus, the study points to the tray, solar dryer and greenhouse systems as being efficient, the choice and adoption of which will depend on the conditions and intention of use.

Keywords: Banana, Drying, Efficiency, Tray, Dryer solar, Greenhouse.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Classificação do estágio de maturação	8
Figura 2: Processamento da matéria-prima. A- Banana “in natura”, B- Descasque e corte da banana, C- Rodelas de banana imersas no sumo de limão, D- Pesagem da banana, E- Rodelas de banana.....	14
Figura 3: Delineamento experimental: S1- Secador solar 1, B1- Bandeja 1, E1- Estufa 1.....	15
Figura 4: Secadores de madeira e bandejas metálicas. A- Secador aberto (bandeja) e secador fechado (secador solar), B- Bandejas metálicas, C- Estufa.....	16

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Produção mundial da banana	6
Gráfico 2: Variação do peso das rodelas de banana em função do tempo nos diferentes sistemas	25
Gráfico 3: Distribuição da temperatura de secagem nos três sistemas.....	28
Gráfico 4: Distribuição da humidade relativa de secagem nos três sistemas.....	30
Gráfico 5: Aroma das bananas nos 3 sistemas (Bandeja, Secador solar, Estufa).....	32
Gráfico 6: Cor das bananas nos 3 sistemas (Bandeja, Secador solar, Estufa).....	34
Gráfico 7: Firmeza das bananas nos 3 sistemas (Bandeja, Secador solar, Estufa).....	35
Gráfico 8: Sabor das bananas nos 3 sistemas (Bandeja, Secador solar, Estufa)	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Propriedades nutricionais da banana seca.....	20
Quadro 2: Peso médio das rodela de banana.	24

LISTA DE APÊNDICE

Apêndice 1: Teste de aceitação da análise sensorial	51
Apêndice 2: Eficiência dos Sistemas de Secagem.....	54

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLO

i) Abreviaturas

µm – Micrómetros	m/s – Metro por segundo
A_w – Actividade de água	min – minutos
bs – Base seca	mm – Milímetros
cm – Centímetros	°C – Grau celsius
et al – E outros (ou seja, co-autores)	T1 – Bandeja
H₀ – Hipótese nula	T2 – Secador solar
H₁ – Hipótese alternativa	T3 – Estufa
kg – Quilogramas	
ton – Toneladas	

ii) Siglas

ANOVA – Análise de variância

DER – Departamento de Engenharia Rural

ESNEC – Escola Superior de Negócios e Empreendedorismo de Chibuto

FAOSTAT – Dados estatísticos da Food and Agriculture Organization of the United Nations

FAEF – Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal

MDPI – Instituto Multidisciplinar de Publicações Digitais

PF – Peso final

PI – Peso inicial

SDAE – Serviços Distritais de Actividades Economicas

UEM – Universidade Eduardo Mondlane

WFP – World Food Program

iii) Símbolo

% – Percentagem

Conteúdo	Pág.
DEDICATÓRIA.....	i
AGRADECIMENTOS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE GRÁFICOS.....	v
LISTA DE QUADROS	vi
LISTA DE APÊNDICE.....	vi
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLO	vi
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Problematização	2
1.2. Hipóteses	3
1.3. Objectivos	3
1.3.1. Objectivo Geral	3
1.3.2. Objectivo Específicos.....	3
1.4. Justificativa.....	4
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	5
2.1. Generalidades sobre a cultura da banana.....	5
2.2. Produção mundial anual da banana	5
2.3. Composição da banana fresca	6
2.4. Análise sensorial da banana.....	7
2.5. Maturação	7
2.6. Tratamentos Pré-secagem	8
2.7. Métodos de conservação de alimentos (Secagem)	9
2.7. Secagem da banana.....	9

2.8. Temperatura de secagem da banana	10
2.9. Humidade relativa do ar de secagem.....	10
2.10. Classificação dos secadores solares	11
2.11. Sistemas de secagem.....	11
3. MATERIAL E METODOS.....	13
3.1. Descrição do local de estudo	13
3.2. Seleção e preparação da matéria-prima	13
3.3. Desenho do estudo e delineamento experimental.....	14
3.4. Secagem	16
3.5. Temperaturas e humidade relativa do ar	17
3.6. Perda de peso das bananas	17
3.7. Análises nutricionais	18
3.8. Análise física sensorial.....	18
3.9. Critério de determinação do sistema de secagem eficiente	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1. Propriedades nutricionais	20
4.2. Variáveis ou parâmetros analisados	24
4.2.1. Peso médio das rodelas de banana.....	24
4.2.2. Influência da temperatura	27
4.2.3. Influência da humidade relativa do ar	30
4.3. Análise sensorial	31
4.3.1. Aroma	32
4.3.2. Cor	34
4.3.3. Firmeza	35
4.3.4. Sabor.....	37
4.4. Análise estatística da eficiência dos sistemas de secagem	38

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	41
5.1. Conclusões.....	41
5.2. Sugestões.....	42
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	44
7. APÊNDICES	51
8. ANEXOS	55

1. INTRODUÇÃO

A banana (*Musa spp.*) é uma das frutas mais cultivadas e consumidas a nível mundial, pois apresenta um papel crucial na alimentação e na economia de muitos países devido a sua versatilidade e valor nutricional. Conforme estatísticas da Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAOSTAT] (2020), a sua produção a nível mundial atingiu aproximadamente 115 milhões de ton/ano, sendo as principais regiões produtoras a Ásia, com 55,8% da produção, as Américas com 24,7% da produção e a África que também é responsável por parte da produção a nível mundial com 17,9% (Guerra, 2020).

Cerca de 54% da banana produzida mundialmente perde-se após o fruto atingir a sua maturação fisiológica, isso devido as características que elas apresentam como, a produção de etileno que provoca modificações nos frutos levando a um amadurecimento rápido (Barbosa, *et al.*, 2019).

No entanto a perecibilidade desta fruta representa um desafio significativo para a conservação e comercialização, especialmente em regiões onde a produção excede a demanda imediata, como é o caso da província de Gaza, especialmente em Chibuto que cerca de 13.800ton que se produz a nível dos produtores locais ao ano, pelo menos 4.140ton são perdas (SDAE, 2024). E em virtude das perdas observadas e das dificuldades enfrentadas para a conservação da banana em alguns pontos do País (Moçambique), vem sendo necessária a adesão de métodos e sistemas de conservação convencionais, de baixo custo e ao mesmo tempo eficientes. Diante desse cenário, diversos sistemas de secagem têm sido desenvolvidos para prolongar a vida útil da fruta por forma a minimizar essas perdas e aumentar o tempo de prateleira das mesmas. Dentre os métodos de conservação como a refrigeração, o congelamento; a secagem se destaca por sua eficiência em reduzir a humidade, inibindo a acção de microrganismos e evitando a deterioração (Araújo, *et al.*, 2021).

A secagem pode ser realizada por diferentes sistemas, como a secagem ao sol, em estufas, por meio de bandeja e através de tecnologias mais avançadas como secadores rotativos ou secadores por pulverização (Celestino, 2010 & Moreira *et al.*, 2019). Com a finalidade de minimizar perdas após a colheita e promover o aumento do tempo de prateleira da banana com o mínimo de custo no Distrito de Chibuto, a presente pesquisa, propõe-se a avaliar a eficiência de três (3) diferentes sistemas de secagem (bandeja, secador solar e estufa) para a banana (*Musa spp.*).

1.1. Problematização

Segundo World Food Program [WFP] (2022), em Moçambique, em um volume de 100% da produção da banana, pelo menos 30% da mesma são perdidos após a colheita devido ao mau processamento, armazenamento e transporte dos mesmos. Assim, as tecnologias pós-colheita, como a moagem, a secagem e o arrefecimento, poderiam reduzir significativamente as perdas pós-colheita e ajudar a aumentar o rendimento dos agricultores, juntamente com a melhoria da segurança alimentar. Moçambique, onde mais de 70% da população depende da agricultura para a sua subsistência, poderia beneficiar destas tecnologias para aumentar a produtividade ao longo da cadeia de valor agrícola.

Para Santana *et al.* (2021) a banana, sendo uma fruta que pertence aos produtos agrários e climatéricos apresenta um nível de perecibilidade relativamente alto, isso devido a alta actividade de água (Aw) fazendo com que seja mais susceptível a actividade microbiana e climatérico por produzir o etileno que acelera o processo da maturação. Por conseguinte, a questão da perecibilidade esta também associada a questões ambientais como temperaturas altas, pois as temperaturas que favorecem a conservação óptima da banana rondam na faixa dos 15°C. Neste caso, Moçambique e em particular o distrito de Chibuto é um local assolado por variações bruscas de temperaturas, onde prevalece em maior parte do ano temperaturas altas que podem acelerar o amadurecimento da banana, levando assim a sua rápida senescência (Duque, 2014).

Em Chibuto, os singulares e comerciantes que adquirem a banana constataam um reduzido tempo (cerca de 3-4) dias de vida útil deste produto, esse cenário dá-se devido a falta de sistemas de conservação, que causam por sua vez alta perecibilidade, propiciando uma baixa disponibilidade do produto para o consumo, comercialização e conseqüente redução de ganhos. (Informação verbal)¹

Ademais, neste distrito as bananas desperdiçadas todos os anos devido as altas perdas aliada a capacidade limitada de processamento e armazenamento, podem ser transformadas em bananas secas ao sol, contribuindo assim para a nutrição das comunidades locais, especialmente

¹ Informação fornecida pelos singulares e comerciantes do mercado local, no dia 12 de Outubro de 2024 no âmbito do trabalho de recolha de dados, referente ao trabalho de culminação do curso intitulado *Avaliação da eficiência de três sistemas de secagem da banana (Musa spp.)*

durante a estação seca. Segundo pesquisas feitas a nível local, dados mostram ainda não existirem estudos desenvolvidos visando avaliar sistemas e métodos que podem aumentar o tempo de vida útil ou de prateleira da banana, daí que se apresenta a seguinte questão norteadora: *Até que ponto o sistema de bandeja, secador solar e estufa podem ser eficientes na secagem da banana?*

1.2. Hipóteses

H0: Os sistemas de secagem (bandeja, secador solar e estufa) não se mostraram eficientes na secagem da banana (*Musa spp.*);

H1: Os sistemas de secagem (bandeja, secador solar e estufa) mostraram-se eficientes na secagem da banana (*Musa spp.*).

1.3. Objectivos

1.3.1. Objectivo Geral

- Avaliar a eficiência dos diferentes sistemas (bandeja, secador solar e estufa) na secagem da banana (*Musa spp.*)

1.3.2. Objectivo Específicos

- Determinar as propriedades físicas, nutricionais e sensoriais da banana seca nos três sistemas;
- Comparar as propriedades físicas, nutricionais e sensoriais da banana seca nos três sistemas;
- Indicar o sistema eficiente para a secagem da banana nas condições de estudo.

1.4. Justificativa

Devido ao exposto na problematização surgiu a necessidade de se avaliar a eficiência de três sistemas de secagem da banana (*Musa spp.*). A escolha do produto deve-se pelo facto de alta preferência pelos moradores do Distrito de Chibuto e dados fornecidos pelo Serviços Distritais de Actividades Economicas (SDAE), mostram que a produção média anual desta cultura é de 13.800ton. Todavia, neste distrito 30% da mesma tem sido desperdiçada devido a falta de técnicas e sistemas de conservação apropriados (SDAE, 2024).

Esta pesquisa é de relevância económica pois permitirá a redução de perdas pós-colheita, favorecendo a promoção de produtos complementares bem como a transformação da mesma e a criação de produtos de valor acrescentado, podendo levar à criação de novas oportunidades de negócio e à diversificação da economia do distrito.

A relevância académica desta pesquisa cinge-se no facto de a mesma trazer uma temática actual que suscita vários debates académicos na temática de gestão pós-colheita, e que procuram de maneira geral sistemas e métodos alternativos e de baixo custo usados no processamento da banana, e principalmente nas zonas rurais, quando estas apresentarem excedentes de produção. Espera-se ainda, que a presente pesquisa enriqueça o acervo bibliográfico local, regional e nacional para geração de conhecimento e suscitamento de debates académicos que possam gerar pontos de partida para futuras pesquisas.

Devido a perecibilidade da banana e por esta ser de grande valor nutricional e económico, exige-se o desenvolvimento de sistemas e métodos de processamento que garantam a conservação da mesma, com vista a redução de perdas, promovendo uma melhoria na qualidade do produto, com mais tempo de utilidade. O processamento de produtos perecíveis especificamente banana no distrito de Chibuto ainda continúa sendo um grande desafio, porque a maioria dos actores (produtores, comerciantes e consumidores) mostram ainda não possuírem o conhecimento das tecnologias pós-colheita que garantam o aumento do tempo de prateleira deste produto.

Perante a estas situações surgiu o presente trabalho que pretende trazer o sistema alternativo, acessível e de baixo custo, que busca preservar as propriedades da banana, garantindo o aumento do tempo de vida útil, minimizando as perdas e maximizando o lucro dos diversos actores envolvidos na cadeia deste produto.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Generalidades sobre a cultura da banana

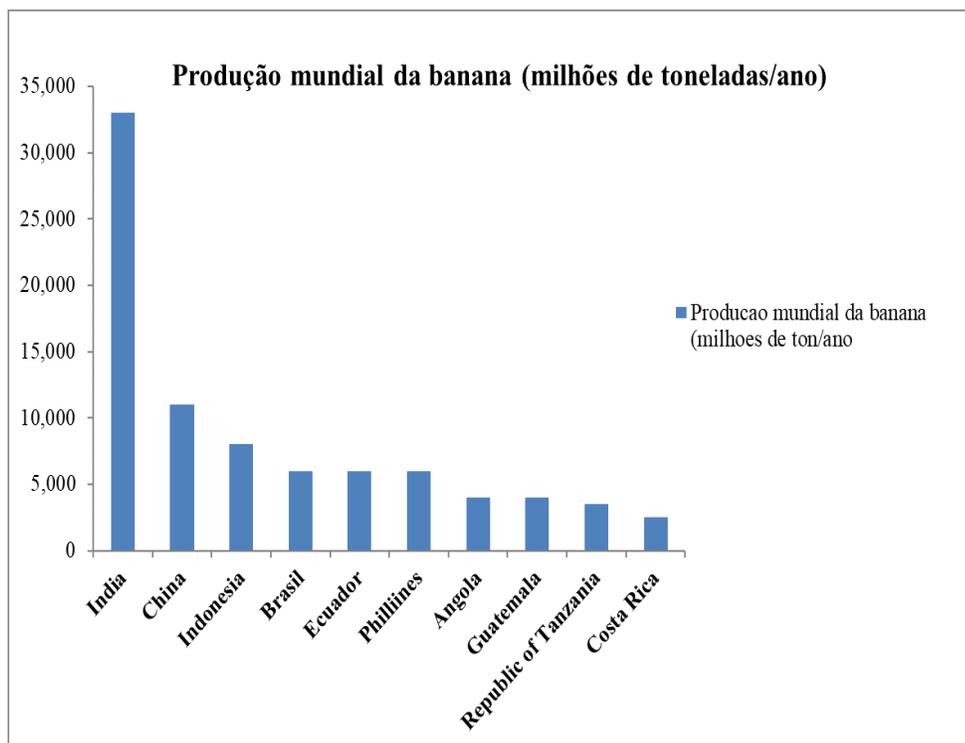
A banana (*Musa spp.*) é originária do continente Asiático, é tipicamente tropical, com crescimento rápido, folhas grandes e tronco subterrâneo, conhecido como rizoma. Atualmente, as espécies que apresentam maior importância comercial são a *Musa acuminata* e *Musa balbisiana* e suas combinações que compõem a maioria dos cultivares comerciais. A banana é considerada umas das principais frutíferas do mundo, sendo sua produção, comercialização e consumo disseminado pelas mais diversas regiões (Pereira, 2012).

É uma fruta que apresenta importância socioeconômica, sendo fonte de renda para muitos produtores rurais e não só e, contribuindo para o crescimento das regiões produtoras. Por apresentar grande apelo do mercado consumidor, produção durante todos os períodos do ano, ciclo de produção curto, capacidade de amadurecimento após a colheita, manejo simplificado e fácil armazenamento, a banana é uma fruta que tem elevado volume produzido e comercializado mundialmente. Oliveira, V., *et al* (2023).

Segundo ANGELIS *et al.*, (2009) a bananeira (*Família das Musáceas*) é uma planta monocotiledónea, da origem Scitamineae que inclui a família Musaceae, subfamília Musoidae e género Musa. Estima-se que dentro deste género apresentam-se até 30 espécies e é neste género que se encontram as espécies consideradas comestíveis pelo homem.

2.2. Produção mundial anual da banana

Segundo dados da Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), a produção mundial de bananas por continente no ano 2023, estão apresentadas no gráfico abaixo. Neste período, a produção no continente Asiático destaca-se com a Índia com os níveis de produção na ordem dos 33 milhões de toneladas ao ano e ao nível do continente Africano a Angola com cerca de 4300 milhões de toneladas ao ano, conforme ilustrado no gráfico 1.

Gráfico 1: Produção mundial da banana

Fonte: FAO Statistics (2023)

2.3. Composição da banana fresca

Segundo Medina (1995), dependendo do cultivar, a banana pode pesar entre 100 a 300g, ou mais, e conter 60 a 65% de polpa comestível. Na banana verde, o principal componente da polpa é o amido que pode corresponder entre 55 a 93% do teor de sólidos totais. Na banana madura, o amido é convertido em açúcares em sua maioria glicose, frutose e sacarose, dos quais 99,5% são fisiologicamente disponíveis (EMBRAPA, 1997).

No que diz respeito a composição nutricional, a banana (*Musa spp.*), é composta por micronutrientes como vitaminas C, B6 e minerais e macronutrientes como o carboidratos, proteína e gordura, sendo essas fontes de energia para o corpo humano. Apresenta também na sua maior parte um alto teor de humidade, cerca de 75% podendo esta variar dependendo das variedades e estágio de maturação (Pereira, 2012).

2.4. Análise sensorial da banana

Segundo Ruiz-Capillas, & Herrero, (2021), a análise sensorial ou exame organoléptico é aquele que examina as propriedades como (aroma, cor, firmeza, sabor, etc.) de um produto ou alimento através dos sentidos (visão, olfato, paladar, tato e audição). Esse tipo de análise tem sido usado há séculos com o objetivo de aceitar ou rejeitar produtos alimentícios.

Historicamente, estas análises foram consideradas como sendo uma metodologia que complementa a segurança tecnológica e microbiológica na avaliação da qualidade dos alimentos. No entanto, sua importante evolução e impacto nas últimas décadas o colocaram como uma das metodologias mais importantes de inovação e aplicação para garantir a aceitação do produto final pelos consumidores (de Noronha, J. F, 2006). Este autor refere que estas análises permitem determinar, caracterizar e medir diferenças nos atributos sensoriais e físicos dos produtos e também determinar se as diferenças são detectadas e aceites ou não pelo consumidor.

2.5. Maturação

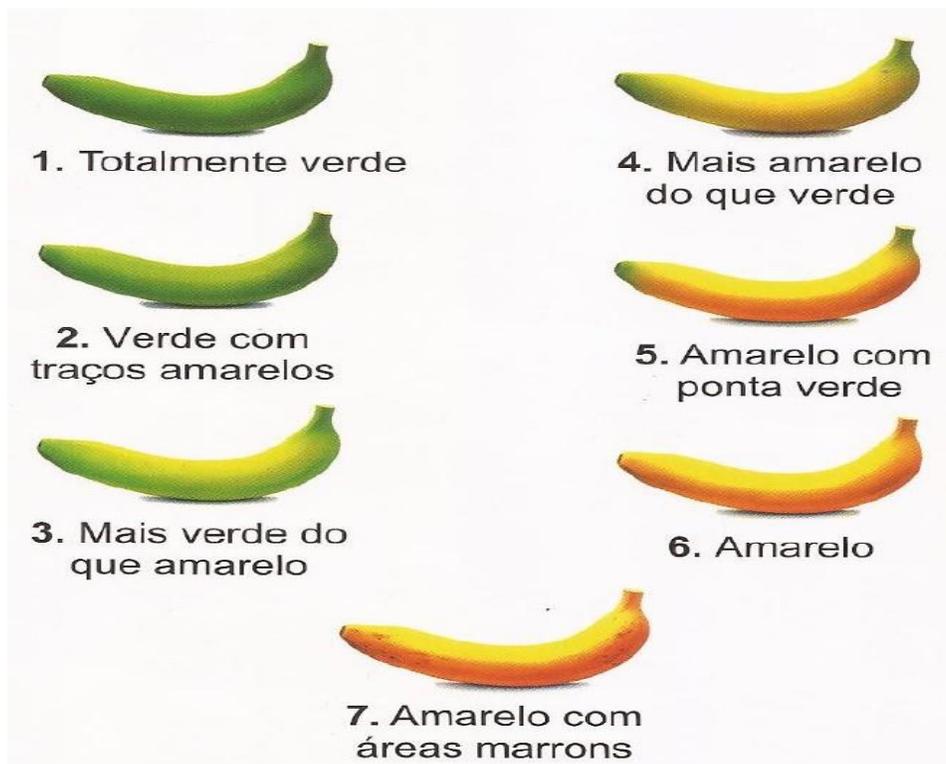
A banana é uma fruta de padrão respiratório climatérico, caracterizado pela produção de etileno mesmo após a colheita. O etileno é responsável pelo amadurecimento do fruto após a colheita e é o principal responsável pelas alterações de pigmentação e características sensoriais (AMORIM, 2012).

O amadurecimento ocasiona a transformação do amido em açúcares, o que justifica o sabor adocicado do fruto após o amadurecimento. A acção enzimática também está relacionada à maturação do fruto e as enzimas polifenoloxidase e peroxidase são consideradas as principais responsáveis pelo processo de escurecimento do fruto, principalmente após o descasque. Os fenóis presentes na polpa sofrem a acção dessas enzimas e oxidados, dão origem a compostos de coloração escura chamados de melaninas (MELO; VILAS BOAS, 2006).

Devido ao processo de maturação, a banana é um dos frutos que apresenta maior perda por decomposição pós-colheita, visto que é extremamente perecível e não suporta o armazenamento a altas temperaturas, autores como PONTES *et al.* (2009) & Ribeiro *et al.* (2010) em seus estudos demonstraram que mais de 20% dos frutos produzidos são perdidos em função da má qualidade de factores como o armazenamento e o transporte dos produtos para o mercado. Sendo assim, o processamento parece ser uma alternativa para a redução de perdas advindas do período pós-colheita.

A figura 1 mostra a classificação do estágio de maturação a partir da coloração da casca, desenvolvida por Von Loesecke (1950).

Figura 1: Classificação do estágio de maturação



Fonte: Von Loesecke (1950)

2.6. Tratamentos Pré-secagem

Nas frutas e vegetais, ocorre o escurecimento por causa da presença da enzima polifenoloxidase (PPO), que é ativada com a exposição das partes internas ao oxigênio por causa do fatiamento. As temperaturas utilizadas no processo de secagem aceleram essa reação enzimática que causa escurecimento. Perdas nutricionais e modificações sensoriais (cor, sabor, aroma e textura) indesejáveis são as consequências desse processo. Além disso, a ação de microrganismos também é causa de deterioração. O uso de antioxidantes como os ácidos ascórbicos e o ácido cítrico são bastante utilizados como antioxidantes nos produtos com tendência ao escurecimento, após o fatiamento, estes devem ser imediatamente imersos nessas soluções por um tempo mínimo de 2 minutos, sendo em seguida submetidos ao processo de secagem (Celestino, 2010).

2.7. Métodos de conservação de alimentos (Secagem)

A secagem ou desidratação é uma técnica utilizada desde a antiguidade para a conservação de alimentos, uma vez que a água afeta de maneira decisiva no tempo de preservação dos produtos, influenciando directamente na sua qualidade e durabilidade (AMORIM, 2012). O processo de secagem envolve o transporte de humidade do interior para a superfície do alimento, eliminando desta forma a água nela contida tanto de forma líquida como de vapor. Os valores de tempo e temperatura deste processo devem ser bem controlados para evitar danos ao material e alteração nas propriedades físicas e químicas do produto.

Segundo Leonardi, J. G., & Azevedo, B. M. (2018) citado por (Celestino, 2010) a secagem de alimentos é um processo de conservação que permite a obtenção de produtos com baixo valor de humidade de água e tem por vantagem aumentar a vida útil do produto e ter baixo custo por necessitar apenas de uma bandeja e redes protetoras contra insetos. A secagem natural é realizada em regiões com temperaturas médias de 35°C a 40°C, e para ter uma maior qualidade, deve ter uma humidade reduzida de 50% a 70% ao sol, e continuada a sua secagem à sombra para preservar a cor e o aroma natural. Este processo faz-se através da exposição do alimento à luz solar, permitindo a retirada de parte de sua humidade através da evaporação. Durante todo o período de secagem há um monitoramento do seu peso para apontar de que o mesmo está ideal indicando a qualidade no produto.

Por sua vez, na secagem artificial são utilizados equipamentos específicos, no qual o alimento é colocado e o processo de desidratação ocorre por um dado período de tempo, sendo denominada batelada. Usa-se, geralmente, ar quente com uma velocidade de 0,5 m/s a 3 m/s e baixa humidade quando se tratado de transferência de calor por convecção, mas podem ocorrer também através de transferência de calor por condução e radiação (Celestino, 2010).

2.7. Secagem da banana

As frutas e hortaliças apresentam de modo geral elevado teor de água, que varia de 70 a 95% de humidade. Técnicas de conservação destes produtos vem sido estudadas por anos, pelo qual, o desafio é conservar os alimentos por períodos mais longos, mantendo os valores nutricionais semelhantes aos originais. Em níveis industriais, têm-se buscado o desenvolvimento de operações que minimizem os custos de produção (Leite *et al.*, 2015).

A secagem ou desidratação pode ocorrer sob condições controladas em estufas (secagem artificial), ou pode ocorrer sob condições naturais (secagem natural/sol). A secagem natural consiste na remoção da água do alimento para o ambiente, dependendo da radiação solar, até a um nível em que a actividade de água (A_w) do produto final seja baixo o suficiente para garantir a sua estabilidade (Augusto, 2017).

2.8. Temperatura de secagem da banana

A temperatura ideal de secagem não é consensual, segundo Scanlin, (1997) os valores máximos correspondem à temperaturas a que os alimentos iniciam o processo de cozedura que é de (~ 82 °C). O limite mínimo é ~ 35 °C, no entanto, o intervalo mais comum encontra-se entre 43 °C e 60 °C. Temperaturas na ordem de 82 °C aumentam a velocidade de secagem e pelo menos um estudo refere que, a uma temperatura de 40 °C a velocidade de secagem é 5 vezes, inferior à mesma a uma temperatura de 80 °C.

Para temperaturas entre 57 °C e 82 °C, ocorre a destruição de bactérias, enzimas (70 °C), fungos, ovos e larvas. Quando expostos à temperatura de, 57 °C durante 1 hora, ou 80 °C durante 10 a 15 minutos, os alimentos ficam pasteurizados. A maioria das bactérias é destruída a uma temperatura de ~ 74 °C e o seu crescimento é inibido para temperaturas entre 60 °C e 74 °C. A temperaturas entre 15,5 °C e 60 °C a maioria dos microrganismos consegue crescer, no entanto, é necessária uma humidade mínima de 13% para proliferarem, o que geralmente não acontece nos alimentos desidratados (Rosa Dias, 2017).

A temperatura elevada, pode ocorrer a formação de uma crosta no alimento a desidratar, sobretudo se à elevada temperatura estiver associada a uma humidade relativa baixa, o que dificulta a secagem, que se torna mais rápida no exterior do que no interior. Esta situação é tanto mais problemática quanto mais próxima do início da secagem ocorrer. Para evitar esta situação deve ser promovida uma temperatura mais baixa no início do processo de secagem, aumentando gradualmente para que a velocidade da transferência de água do interior para o exterior acompanhe o gradiente de temperatura (Salehi, 2020).

2.9. Humidade relativa do ar de secagem

A humidade relativa do ar é um parâmetro de grande importância na secagem de alimentos, pois é determinante para o gradiente de humidade, que é o grande responsável pela

transferência de massa na superfície do produto a ser processado (Guimarães, 2010). Este autore ainda afirma que o aumento da temperatura influencia numa baixa humidade relativa do ar ocasionando por sua vez um aumento do gradiente de humidade.

Segundo Rosa Dias, (2017), este parâmetro é possivelmente o mais difícil de controlar, pois ela é sempre afectada pela temperatura, isto é, mudanças na temperatura podem alterar a humidade relativa. Assim como a temperatura, o sistema de secagem, as condições ambientais também alteram a humidade relativa.

2.10. Classificação dos secadores

Actualmente o sol é utilizado como fonte de secagem de alimentos e não só. Existem ainda países, em que a secagem solar é feita, espalhando os alimentos no chão, telhados ou outras superfícies planas, directamente ou sobre esteiras sendo regularmente mexidos até que estes estejam desidratados (Fellows, 2000). No entanto, hoje em dia a secagem solar é essencialmente feita com recurso a secadores solares, de diferentes complexidades, que optimizam essa fonte energética.

Segundo (Moreira, D. H. F. *et al.*, 2019). Existe actualmente uma grande variedade de secadores solares, que diferem essencialmente na forma de transferência do calor para os produtos a desidratar. Quanto à forma de desidratação, os secadores classificam-se em três tipos:

- a) **Directos** – Os alimentos são desidratados pela incidência directa e exclusiva dos raios solares;
- b) **Indirectos** – Os alimentos encontram-se numa câmara ao abrigo da luz solar e são desidratados por ação do ar aquecido por um coletor solar;
- c) **Mistos** – Os alimentos são desidratados, através da exposição directa à radiação solar dentro da câmara de secagem e pelo ar aquecido pelo coletor solar.

2.11. Sistemas de secagem

Segundo Mota *et al* (2015), os sistemas de secagem são tecnologias utilizados para remover a humidade dos produtos, seja por evaporação, sublimação ou outros meios por forma a garantir a qualidade e segurança dos produtos a serem desidratados, e essas tecnologias podem ser:

- a) **Bandeja** – A secagem neste sistema pode ser aplicada em regiões com temperatura média de 35° C a 40° C, com boa taxa de radiação solar, baixa umidade relativa do ar e baixo índice de poluição. A secagem por meio de bandeja é um processo de baixo custo, sendo necessário apenas o uso de bandejas para a desidratação e redes protetoras contra insetos. Alimentos de alta perecibilidade, como frutas, hortaliças, ervas e carnes, devem ter essa proteção. Os alimentos secos ao sol apresentam uma coloração mais intensa que os desidratados artificialmente, no entanto ocorrem maiores perdas nutricionais do que na desidratação sob condições controladas;
- b) **Secador solar** – A secagem ao sol também é feita por secadores que possuem uma estrutura que permite uma maior proteção ao alimento, do que simplesmente as bandejas sobre o solo. Esse sistema possui uma inclinação e uma tampa de vidro que permite a absorção da radiação solar. O ar é aquecido nessa cabine de vidro, diminui a densidade e atravessa as bandejas com o produto a ser seco, sendo expelido por uma parte superior em razão das correntes de convecção que são geradas com a entrada de mais ar frio à cabine de secagem;
- c) **Estufa** – A secagem neste sistema utiliza equipamentos em que o alimento é colocado e o processo de desidratação ocorre por um dado período de tempo. Esse processo é classificado como batelada. No entanto, o alimento húmido pode ser continuamente colocado no equipamento e alimento seco continuamente removido, sendo classificado com processo contínuo. Na maioria dos processos de secagem artificial, ar quente com uma velocidade de 0,5 m/s a 3 m/s e baixa umidade é utilizado para a transferência de calor por convecção para o alimento, porém os mecanismos de transferência de calor por condução e radiação também ocorrem.

Um decréscimo da umidade relativa do ar provoca uma secagem mais eficiente do que com o incremento da temperatura para uma mesma umidade relativa do ar. Na prática, aumentar a temperatura de secagem é mais usual, por ter maior facilidade, já que os secadores comerciais são providos de termostato e a retirada de umidade do ar é um procedimento mais trabalhoso por exigir filtros especiais (desumidificadores de ar).

3. MATERIAL E METODOS

3.1. Descrição do local de estudo

O experimento foi conduzido na Escola Superior de Negócios e Empreendedorismo de Chibuto (ESNEC) entre 17/02/2025 a 19/02/2025, a escola localiza-se no Distrito de Chibuto que se situa na região sul da província de Gaza, muito próximo da confluência dos rios Limpopo e Changane. As temperaturas deste Distrito variam ao longo do ano, sendo a estação fresca que permanece por cerca de 2 a 3 meses (meados de Maio a Agosto), com temperatura máxima diária em média abaixo de 27°C e a estação quente que permanece por cerca de 5 meses (meados de Outubro a Março) com temperaturas máximas diárias em média acima de 32°C. Entretanto o mês mais quente do ano em Chibuto é o mês de Janeiro com uma máxima de 33°C em média, e o clima predominante é tropical. (Weather, 2024)

No processo de concepção do experimento contou-se com a colaboração de algumas instituições como o Laboratório Provincial de Higiene, Água e Alimentos, onde fez-se a secagem pelo sistema de estufa e o mesmo localiza-se na cidade de Xai-Xai e o Laboratório de solos do DER da Universidade Eduardo Mondlane (UEM), onde fez-se a determinação de propriedades nutricionais e localiza-se na cidade de Maputo.

3.2. Seleção e preparação da matéria-prima

Para a realização do presente estudo, foram utilizados 18 kg de bananas maduras da variedade Williams (*Musa spp.*), adquiridas na empresa The African Food Company sediada em Guija. As frutas foram inicialmente recebidas no estágio de maturação 3, caracterizado pela coloração predominantemente verde com início de amarelecimento (Figura 2A). Após o transporte até o laboratório da Escola Superior de Negócios e Empreendedorismo (ESNEC), as bananas foram armazenadas por aproximadamente dois dias, até atingirem o ponto fisiológico ideal para o processamento, correspondente aos estágios 5 - 6 de maturação — amarelo com pontas verdes ou totalmente amarelas.

A seleção dos frutos foi conduzida com base em critérios de qualidade específicos, tais como integridade física, firmeza, coloração uniforme e ausência de danos mecânicos ou microbiológicos visíveis. Os frutos que atenderam a esses critérios foram submetidos à etapa de

higienização, realizada em água corrente para a remoção de impurezas superficiais e separação das ráquis.

Posteriormente, foram efetuados o descasque manual e o corte transversal das bananas, obtendo-se rodela com espessuras variando entre 3,0 mm e 5,0 mm (Figura 2B). As rodela foram imediatamente submetidas à imersão em sumo natural de limão por 1 minuto (Figura 2C), com o objetivo de reduzir o escurecimento enzimático e preservar a coloração do produto. A presença do ácido ascórbico (vitamina C) no sumo de limão actua como agente antioxidante, inibindo a acção da polifenoloxidase, enzima responsável pela oxidação de fenóis em compostos escuros.

Na sequência, as rodela foram pesadas individualmente em balança eletrónica de precisão (Figura 2D), etapa essencial para o acompanhamento da perda de massa ao longo do processo de secagem. Por fim, as amostras foram organizadas em superfícies apropriadas (Figura 2E), dando início ao processo experimental de secagem nos diferentes sistemas avaliados neste estudo.

Figura 2: Processamento da matéria-prima. A- Banana “in natura”, B- Descasque e corte da banana, C- Rodela de banana imersas no sumo de limão, D- Pesagem da banana, E- Rodela de banana



Fonte: Autora (2025)

3.3. Desenho do estudo e delineamento experimental

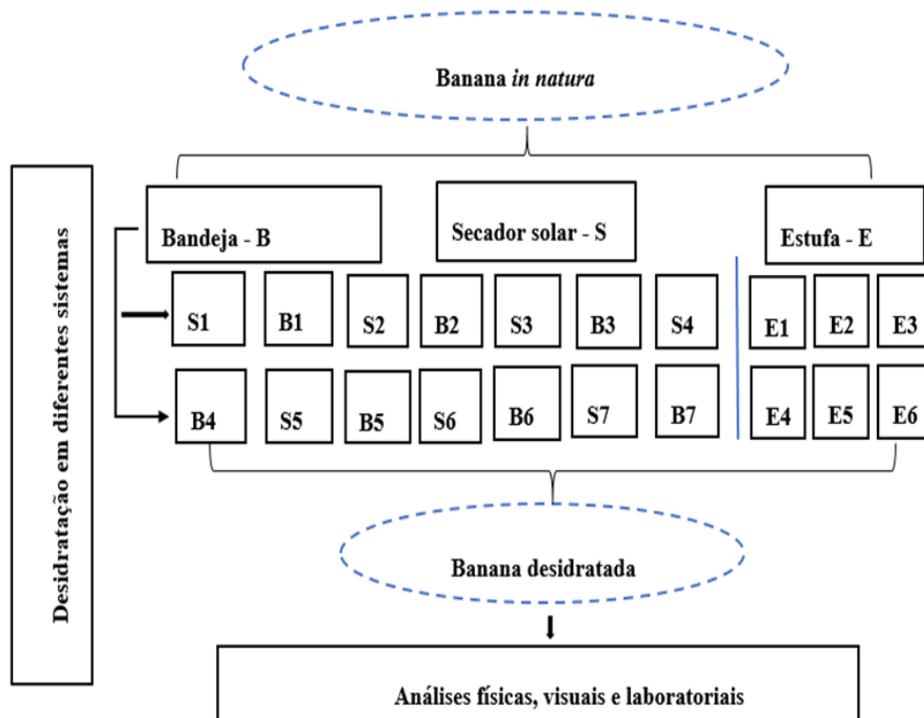
A pesquisa foi realizada baseando-se na pesquisa bibliográfica e experimental, onde consistiu na busca de informações em artigos, livros e monografias publicadas nas plataformas digitais, e experimental pois consistiu em submeter a banana em estudo á certas variáveis como

(Peso, temperatura e humidade relativa do ar). Quanto a abordagem, a pesquisa foi mista, isto é, abordou de forma qualitativa, buscando respostas para entender, conservar, descrever e interpretar os factos de forma detalhada, utilizando a comunicação e a observação e, quantitativa onde utilizou-se parâmetros estatísticos para analisar os dados. Quanto a natureza, a pesquisa foi aplicada e quanto ao tipo de amostragem, a pesquisa foi probabilística intencional.

O experimento foi conduzido em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), num arranjo fatorial de (3x7) ou seja três tratamentos (bandeja, secador solar e estufa) e 7 repetições, resultando em 21 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi uma amostra que recebeu um dos tratamentos. As unidades experimentais foram alocadas aleatoriamente entre os tratamentos por forma a garantir que as características dos tratamentos fossem avaliadas de forma justa e que a diferença entre eles pudesse ser atribuída aos tratamentos, conforme ilustra a figura 3.

Após a secagem, prosseguiu-se com a determinação de propriedades físicas (para a determinação do peso), sensoriais e nutricionais (para a determinação de humidade residual, proteínas, cinzas, gorduras e carboidratos), e também análises sensoriais (para a determinação do aroma cor, firmeza e sabor).

Figura 3: Delineamento experimental: S1- Secador solar 1, B1- Bandeja 1, E1- Estufa 1



Fonte: Autora (2025)

As rodelas da banana “pré-tratadas” foram pesadas e alocadas em três (3) sistemas distintos, (bandeja, secador solar e estufa). A desidratação foi realizada em secadores construídos a base de madeira (Figura 4A), cuja diferença estava no material da parte superior:

- **Bandeja (B)** – é um secador construído a base de madeira e rede galvanizada, apresentando aproximadamente 40cm de altura e comprimento e 30cm de largura. A bandeja é completamente aberta e apresenta uma inclinação de aproximadamente 30°;
- **Secador solar (S)** – é um secador construído a base de madeira, rede galvanizada e vidro, com aproximadamente 45cm de altura, 40cm de comprimento e 30cm de largura. O secador é fechado e apresenta aberturas nos dois lados do comprimento da caixa para a circulação do ar e também apresenta uma inclinação de aproximadamente 30°.

Para a secagem na estufa foram usadas bandejas metálicas (Figura 4B) adquiridas no supermercado local, as mesmas apresentavam perfurações que permitissem a circulação de ar e o material resistente a altas temperaturas pois as amostras contidas nelas foram submetidas a 60° por aproximadamente 15 horas (Figura 4C).

Figura 4: Secadores de madeira e bandejas metálicas. A- Secador aberto (bandeja) e secador fechado (secador solar), B- Bandejas metálicas com bananas no interior, C- Estufa com as bandejas metálicas.



Fonte: Autora (2025)

3.4. Secagem

Foram usados 3 sistemas distintos para a secagem (Bandeja de exposição a radiação direta, secador solar de captação da radiação por meio de vidro e estufa em ambiente controlado), as rodelas de banana previamente tratadas foram colocadas em simultâneo nos diferentes

sistemas devidamente identificados de modo a facilitar a distinção entre eles, onde permaneceram durante o dia sob exposição solar e ao anoitecer eram recolhidos para um ambiente fechado.

O processo repetiu-se durante 3 dias, até um nível em que a actividade de água (A_w) do produto final fosse baixo o suficiente para garantir a estabilidade. Para o caso da estufa o processo foi o mesmo distinguindo-se apenas do tempo de permanência das amostras na estufa que foram de 15 horas a 60°C e só após a passagem desse tempo foram retiradas as amostras.

3.5. Temperaturas e humidade relativa do ar

Para controlar a temperatura do dia usou-se um higrómetro digital que tinha como função fazer a leitura da temperatura do ambiente onde foi montado o experimento e a mesma era feita todos os dias pelas 14h. Por meio do mesmo foi possível coletar as temperaturas máximas do dia, que eram anotadas em um bloco de notas.

Após o processo de secagem, a banana foi embalada em sacolas plásticas impermeáveis devidamente fechadas e identificadas, a identificação era feita por forma a distinguir amostras de cada sistema e facilitar os passos subsequentes. Por fim as amostras foram acondicionadas a temperatura ambiente para posteriores análises.

3.6. Perda de peso das bananas

Para a determinação de perda de peso, fez-se o registro do peso em função do tempo (de 8 em 8 horas), como descrito por Celestino (2010) e Souza (2017), dados esses que foram de extrema importância por através dela foi possível construir um gráfico de perda de peso em função do tempo. Também com ajuda da (fórmula 1) foi possível determinar a percentagem da humidade perdida ao longo da secagem.

$$U_t = \frac{m_i - m_t}{m_i} \times 100$$

Fórmula (1):

Onde:

- U_t : Perda de massa ou humidade relativa (%) no tempo;
- m_i : Massa inicial da amostra (g);

- m_t : Massa da amostra no tempo(g);
- t: Tempo de secagem (em horas ou minutos, conforme o experimento);
- $\times 100$: Conversão do valor para percentagem

3.7. Análises nutricionais

As análises laboratoriais de determinação de humidade, proteínas, cinzas, gorduras e carboidratos de amostras de bananas desidratadas foram realizadas seguindo o método de Soxhlet, o método Biureto e o Cálculo por diferença ou extrato livre de nitrogénio, propostos pelo laboratório de solos do DER (2025). Anexo 1.

3.8. Análise física sensorial

A análise sensorial foi realizada na Escola Superior de Negócios e Empreendedorismo de Chibuto, a uma parte representativa dos estudantes ($n=26$) do curso de Agricultura comercial 4º ano, que tivessem sido aprovados a cadeira de tecnologia de conservação de produtos agrários, onde cada provador recebeu três amostras de banana, sendo uma de cada sistema (bandeja, secador solar e estufa), contendo cerca de 10g cada, os quais foram codificados com números de três dígitos, em ordem aleatória, acompanhados de um copo de água para ser utilizado pelo provador entre as amostras, para limpeza das papilas gustativas.

A esses estudantes aplicou-se um teste de aceitação (Apêndice 1) com atributos como aroma, cor, firmeza e sabor, tendo usado um teste de aceitação cuja a designação foi “*Fraco, médio e forte*” para o aroma e sabor, “*amarela escura, amarela média e amarela clara*” para a cor, e por final “*pouco firme, firme e muito firme*” para a firmeza. Tendo estabelecido uma escala de 1-9 pontos para essas designações, que a posterior serviu de dados para a construção de gráficos de análise sensorial que será apresentado ao longo do trabalho no capítulo de resultados e o mesmo ajudará a determinar qual sistema se mostrou eficiente para esta variável em estudo.

Os resultados obtidos na análise sensorial foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando-se o programa estatístico R studio.

3.9. Critério de determinação do sistema de secagem eficiente

A escolha do sistema mais eficiente, foi feita com base na identificação dos sistemas que buscaram conservar as propriedades físicas, sensoriais e nutricionais ou seja, aqueles que procuraram manter as características próprias da banana, como o aroma mais forte próximo a polpa fresca, a cor amarela clara, textura firme e sabor forte. Por forma a garantir um produto final de atração e qualidade para ser consumido.

Quanto a eficiência de secagem, ou seja, a remoção da humidade, a escolha do sistema mais eficiente foi feita com base na identificação do sistema que conseguiu remover o máximo de água no tempo estabelecido.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente capítulo apresenta e discute os resultados obtidos na avaliação da eficiência dos diferentes sistemas de secagem da banana (*Musa spp.*), nomeadamente a bandeja, o secador solar e a estufa. As amostras de banana desidratadas foram submetidas a análises laboratoriais para a determinação de propriedades nutricionais como a humidade residual, proteína, cinzas, gorduras e carboidratos, também foram submetidas a análises físicas e sensoriais para a determinação do aroma, cor, firmeza e sabor. A análise foi conduzida de forma descritiva, com base em parâmetros quantitativos e qualitativos relevantes, visando comparar o desempenho de cada sistema de secagem.

4.1. Propriedades nutricionais

Quadro 1: Propriedades nutricionais da banana seca

Sistemas	Humidade (%)	Proteína (%)	Cinzas (%)	Gordura (%)	Carboidratos (%)
Bandeja	36.3	5.78	6.7	1.3	37.69
Secador solar	32	5.34	6.8	0.9	42.27
Estufa	33.4	5.69	6.8	1	40.09

Fonte: Autora (2025)

O quadro 1 apresenta os valores em percentagem das propriedades nutricionais das amostras de banana submetidas em diferentes sistemas de secagem:

➤ Observa-se que o teor de humidade residual variou entre os sistemas, sendo mais elevado na secagem por bandeja (36,3%) e menor no secador solar (32%). A estufa apresentou um valor intermediário (33,4%), sugerindo uma eficiência térmica moderada na remoção de água. Estes resultados demonstram que, embora todos os sistemas apresentem potencial de uso na secagem da banana, o secador solar mostrou melhor desempenho na remoção da humidade, fator crucial para a conservação dos produtos hortofrutícolas desidratados.

Os resultados acima, encontram suporte em outros dados, por exemplo em outros estudos como por exemplo o de Mota *et al.* (2015) desidrataram bananas em estufa (65 °C) até 22% de humidade, próximo à faixa observada. Em secadores solares, a eficiência varia: um estudo relatou que bananas *in natura* ($\approx 72\%$ humidade) chegaram a $\sim 28\%$ após 4 dias em secador solar indireto. Já técnicas mais intensas de acordo com Kabeer, Govindarajan, Preetha, Ambrose, Essa, e Qoronfleh, (2023) remove mais água – por liofilização (secagem a frio sob vácuo), é possível atingir teores de humidade $< 5\%$, maximizando a conservação. No presente estudo, o secador solar resultou na menor humidade final (32%), sugerindo secagem mais eficiente em relação à estufa e à bandeja.

Diferenças no teor residual de humidade podem decorrer do tempo de exposição e da taxa de secagem: sistemas mais lentos (como secagem solar passiva ou em bandeja aberta) levam a não remoção de tanta humidade quanto a estufa forçada em igual tempo (Udensi, Onyenwoke, Onu, Umunna, , Austine, & Eke, 2017). Além disso, a espessura das fatias e a circulação de ar influenciam a humidade final. De modo geral, os valores obtidos (32-36%) estão de acordo com a faixa de humidade de bananas desidratadas parcialmente, embora superiores aos de farinhas ou chips completamente secos (5-15% de humidade) destinados a longa conservação (Udensi *et al.*, 2017).

➤ Em relação ao teor proteico, os valores variaram de forma pouco expressiva entre os sistemas: 5,78% (bandeja), 5,34% (secador solar) e 5,69% (estufa). Tais variações entendem-se estarem relacionadas à intensidade térmica e tempo de exposição ao calor, que afetam a desnaturação das proteínas. Os resultados obtidos encontram suporte da literatura que caracteriza a banana como uma fruta de baixo teor proteico: por exemplo, farinhas de banana nanica (Cavendish) verde ou madura apresentam $\sim 3,2\text{--}3,3\%$ de proteína em base seca (Moraes *et al.*, 1998), Travaglini, Neto, Bleinroth e Leitão (1993) encontraram teor semelhante ($\sim 3\%$) na polpa de banana seca madura. No presente caso, o teor de proteína das bananas Williams secas foi maior ($\sim 5,78\%$ bs), o que entendesse refletir diferenças varietais ou de metodologia analítica. De facto, há evidências de variação conforme a cultivar: um estudo nigeriano com *cooking banana* (variedade de banana-da-terra) relatou $\sim 7,18\%$ de proteína (base húmida, 10% água) no produto seco, valor substancialmente superior aos $\sim 3,06\%$ obtidos em banana não maduras de outra variedade (Udensi *et al.*, 2017). Esse achado sugere que bananas do tipo “da terra” (mais ricas em amido) podem concentrar mais proteína na matéria seca do que bananas de mesa convencionais.

Em contraste, no pó de banana Nendran (uma banana-da-terra do sul da Índia) liofilizado ou desidratado em estufa, o teor de proteína relatado foi muito baixo (~1% em base húmida), sem diferença significativa entre sistemas (Kabeer *et al.*, 2023). Esse valor corresponde a apenas ~1,3–1,5% de proteína na matéria seca, possivelmente devido à adição de maltodextrina em alguns pós ou ao método de cálculo (Kabeer *et al.*, 2023).

Apesar das variações numéricas, diversos trabalhos concordam que os sistemas de secagem, por si só, não alteram drasticamente o teor de proteína da banana. Adawiyah e Hasmadi (2023) resumem que amostras secas por diferentes técnicas (spray dryer vs. estufa, vácuo, sol, etc.) tendem a apresentar conteúdos proteicos estatisticamente semelhantes).

➤ Quanto ao teor de cinzas — indicador do conteúdo mineral — os três sistemas apresentaram valores similares (6,7% a 6,8%), demonstrando que o processo de secagem, independentemente do sistema utilizado, não provocou perdas significativas de minerais.

Em diversos estudos, a fração mineral da banana seca (polpa) fica na faixa de 2–4% do peso, valores distintos daqueles encontrados pelo presente estudo que se mostraram mais altos do que geralmente tem se observado para polpas de banana. Por exemplo, farinhas de banana nanica apresentaram 4,1–4,3% de cinzas (bs) (Moraes *et al.*, 1998), enquanto pó de banana Nendran secos por diferentes sistemas continham ~3,2–3,5% (bu) – sem diferenças significativas entre liofilização, secagem em bandeja ou atomização.

Etim *et al.* (2022) reportaram 2,21% de cinzas (bu) em bananas-da-terra secas em secador solar indireto, em comparação a 2,95% em bananas de outra variedade utilizadas como referência não madura. Assim, a literatura aponta tipicamente teores de cinzas inferiores a 5% no produto desidratado, tornando o valor ~6,8% observado no experimento relativamente alto. Apesar disso, é importante notar que o sistema de secagem em si não costuma alterar o conteúdo mineral, já que minerais não são voláteis nem destruídos pelo calor dentro das faixas usuais. Estudos de Adawiyah e Hasmadi (2023) mostram ausência de diferença estatística no teor de cinzas de bananas secas por métodos distintos (estufa vs. spray dryer, etc.). No presente caso, de facto, os três métodos resultaram em valores praticamente idênticos (~6,8%), reforçando que não houve perda ou concentração diferencial de minerais entre bandeja, secador solar e estufa.

➤ No que tange à gordura, os menores teores foram observados no secador solar (0,9%), seguido da estufa (1%) e da bandeja (1,3%). Essa redução, já é prevista para frutas desidratadas. Bananas frescas possuem teor de gordura insignificante (tipicamente <0,5% do peso) (Kabber *et al.*, 2023), de modo que após a remoção da água a fração de gordura permaneça pequena. A literatura confirma valores baixos: Karthika *et al.* (2016) reportaram ~0,09–0,13% de gordura em banana madura fresca e apenas ~0,05–0,09% nos pós de banana obtidos por diferentes secagens (liofilização, bandeja e spray). Nesses experimentos, não houve diferença significativa entre liofilização e secagem em estufa no teor final de gorduras, mas o pó obtido via spray dryer apresentou teor ligeiramente menor (0,05%) (Kabber *et al.*, 2023).

De maneira similar, Izidoro *et al.* (2011) observaram que amostras de amido/Polpa de banana secas por atomização tiveram gordura insignificamente mais baixa que as secas em estufa convencional. Portanto, de forma consistente, qualquer variação de gordura em função do sistema tende a ser discreto e não estatisticamente relevante.

➤ E por final no que se refere ao teor de carboidratos, observou-se uma variação considerável entre os três sistemas de secagem, com destaque para o secador solar, que apresentou o maior valor (42,27%), seguido pela estufa (40,09%) e pela bandeja (37,69%). Esses resultados indicam que quanto mais eficiente for o sistema na remoção de umidade, maior tende a ser a concentração de carboidratos por unidade de peso do produto seco. Quanto ao teor dos carboidratos, estudos de Etim *et al.* (2022) e Kabeer *et al.* (2023) concordam essa interpretação, relatando que bananas secas em sistemas com melhor controle térmico e maior eficiência na secagem apresentaram maiores concentrações de açúcares redutores. Por outro lado, o menor valor observado na secagem por bandeja pode estar relacionado ao tempo prolongado de secagem e à menor uniformidade térmica, o que pode ter favorecido reações de escurecimento não enzimático e, conseqüentemente, degradação parcial dos carboidratos. Além disso, o escurecimento observado nas amostras da bandeja pode estar associado à reação de Maillard e à caramelização, que são mais pronunciadas quando os açúcares redutores estão presentes por mais tempo em temperaturas intermediárias (Amer *et al.*, 2023).

4.2. Variáveis ou parâmetros analisados

4.2.1. Peso médio das rodelas de banana

A avaliação do peso médio das rodelas de banana durante o processo de secagem nos diferentes sistemas (bandeja, secador solar e estufa), fornecem subsídios relevantes para inferir sobre a eficiência da remoção de água e, conseqüentemente a eficácia do processo de desidratação. Os dados obtidos estão sintetizados no quadro 2.

Quadro 2: Peso médio das rodelas de banana.

Variáveis em Análise	Sistemas		
	Bandeja	Secador solar	Estufa
Peso inicial (g)	3.8	4.1	3.3
Peso final (g)	1	0.8	0.9

Fonte: Autora (2025)

As amostras submetidas ao sistema de secagem em bandeja apresentaram um peso médio inicial de 3,8g, que foi reduzido para 1,0g ao final do processo, correspondendo a uma perda de massa de aproximadamente 73,68%. No sistema de secador solar, a perda foi ainda mais acentuada, com o peso médio inicial de 4,1g reduzido para 0,8g, resultando em uma redução de 80,49%. Já o sistema de estufa apresentou um peso inicial de 3,3g e um peso final de 0,9g, indicando uma perda de massa de 72,73%. Os pesos médios das rodelas de banana observados ao longo do tempo de secagem estão ilustrados no (gráfico 2).

As magnitudes das perdas de peso observadas entre os sistemas evidenciam diferenças significativas na eficiência de perda de massa, principalmente no que diz respeito à capacidade de extração de água livre das amostras. O secador solar demonstrou o maior desempenho nesse aspecto, possivelmente em virtude da combinação entre radiação solar direta e ventilação natural, que promove uma taxa de evaporação mais elevada. Em contrapartida, a estufa, embora controlada termicamente, apresentou menor redução percentual, o que pode indicar uma limitação na taxa de transferência de calor ou umidade, dependendo da configuração do sistema.

A variação nos pesos finais é atribuída principalmente à eficiência térmica e às condições de fluxo de ar em cada sistema, a análise descritiva desses dados sugere que, do ponto de vista físico, o secador solar oferece melhores condições para a desidratação eficiente da banana (*Musa spp.*), sendo, portanto, uma alternativa viável para pequenos produtores que buscam otimizar a conservação de frutas com baixos custos operacionais.

Os resultados acima apresentados indicam que o secador solar foi mais eficaz na remoção de água das amostras, possivelmente devido à combinação de radiação solar directa e ventilação natural, que promove uma taxa de evaporação mais elevada. Análise anterior confirma esses achados. Por exemplo, Suherman *et al.* (2024) relataram que a secagem de fatias de banana utilizando um secador solar com ventilação fotovoltaica reduziu o teor de humidade de 52% para 8,57% em 8 horas, demonstrando alta eficiência na remoção de água. Além disso, El-Sebaey *et al.* (2023) investigaram dois secadores solares indirectos e encontraram que o secador tipo chaminé resultou no menor teor de humidade final das fatias de banana (10,59%), evidenciando uma melhoria significativa na operação de secagem em comparação com sistemas convencionais.

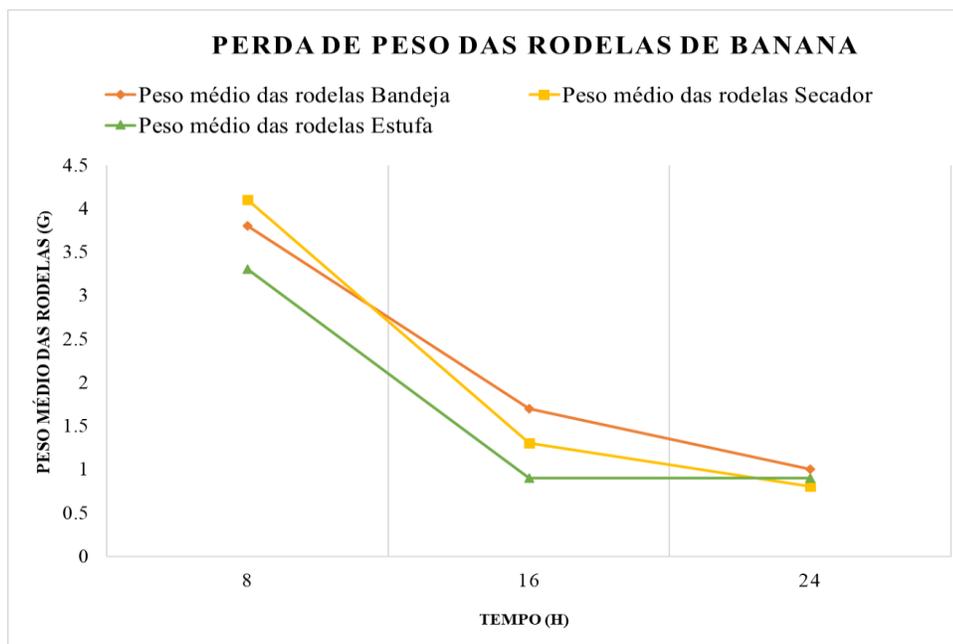


Gráfico 2: Variação do peso das rodelas de banana em função do tempo nos diferentes sistemas

Fonte: Autora (2025)

O Gráfico 2 ilustra a variação do peso médio das rodelas de banana (*Musa spp.*) ao longo do tempo (8, 16 e 24 horas) nos diferentes sistemas de secagem: bandeja, secador solar e estufa.

Esta análise de variação de peso permite avaliar a taxa de secagem e a eficiência temporal de cada sistema.

De forma geral, observou-se uma tendência decrescente no peso médio das amostras à medida que o tempo de exposição ao processo de secagem aumentava, indicando uma progressiva remoção de humidade em todos os sistemas. Inicialmente, às 8 horas, o secador solar apresentou o maior peso médio (aproximadamente 4,1 g), seguido pela bandeja (3,8 g) e estufa (3,3 g).

Entre 8 e 16 horas, verificou-se a maior taxa de perda de peso, sobretudo nas amostras submetidas à estufa, que apresentaram uma queda acentuada para cerca de 0,9 g. Essa etapa corresponde ao período de maior taxa de evaporação da água livre, comum nas primeiras fases da secagem. O secador solar e a bandeja também apresentaram redução significativa, atingindo valores próximos de 1,3 g e 1,7 g, respetivamente.

Ao atingir as 24 horas de secagem, todos os sistemas convergiram para valores mais baixos e próximos entre si, com os pesos estabilizando-se entre 0,8 g e 1,0 g. Este comportamento é indicativo da aproximação ao teor de humidade final de equilíbrio, em que a água ligada ou estrutural apresenta maior resistência à difusão.

Comparativamente, o secador solar demonstrou desempenho superior ao longo do tempo, com perda de peso mais contínua e uniforme. A estufa apresentou uma resposta mais agressiva nas primeiras 16 horas, mas estabilizou rapidamente, sugerindo que o sistema atinge seu ponto de eficiência máxima mais precocemente. A secagem em bandeja, por sua vez, revelou um desempenho mais lento, o que pode ser atribuído à ausência de controle térmico e fluxo de ar forçado, resultando em menor taxa de evaporação.

Portanto, os dados do gráfico concordam com os resultados anteriores do Quadro 2, reforçando a hipótese de que o secador solar representa o sistema mais eficiente em termos de remoção de água ao longo do tempo, seguido pela estufa e, por fim, pela bandeja.

A tendência decrescente do peso, observada no Gráfico 2, é coerente com o padrão clássico da curva de secagem de produtos hortofrutícolas, onde a maior taxa de evaporação ocorre na fase inicial, com remoção da água livre, seguida de uma desaceleração progressiva na fase de difusão da água ligada (Chitarra & Chitarra, 2005); (Leite *et al.*, 2015). Estudos como o

de Suherman *et al.* (2024) mostraram que, ao utilizar um secador solar com ventilação fotovoltaica, foi possível reduzir o teor de umidade de fatias de banana de 52% para 8,57% em apenas 8 horas, o que reforça o comportamento observado neste estudo quanto à elevada eficiência do secador solar na remoção contínua e uniforme da umidade. De modo semelhante, El-Sebaey *et al.* (2023) verificaram que o uso de um secador solar indireto com chaminé possibilitou uma taxa de desidratação mais eficiente em comparação a métodos convencionais, levando à rápida estabilização do peso do produto.

No presente estudo, o desempenho da estufa nas primeiras 16 horas, com maior taxa de perda de peso, está em concordância com os dados de Salehi (2020), que demonstram que sistemas de ar forçado e temperatura controlada proporcionam aceleração da taxa de evaporação inicial, embora possam atingir um ponto de equilíbrio térmico mais rapidamente. Por outro lado, o comportamento da bandeja, caracterizado por uma remoção mais lenta e menos agressiva, pode ser explicado pela ausência de controle térmico e pela limitação no fluxo convectivo, aspectos também discutidos por Rosa Dias (2017), que identificou a desvantagem da secagem em ambientes abertos quanto à uniformidade e à duração do processo. Além disso, estudos como o de Pontes *et al.* (2009) reforçam que sistemas de secagem sem intervenção de calor forçado demandam mais tempo para atingir os níveis críticos de umidade, comprometendo a eficiência do processo e podendo expor o produto a riscos de contaminação.

4.2.2. Influência da temperatura

O Gráfico 3 apresenta a variação da temperatura média observada durante o processo de secagem da banana (*Musa spp.*) ao longo dos três dias de secagem, considerando os três sistemas em estudo: bandeja, secador solar e estufa.

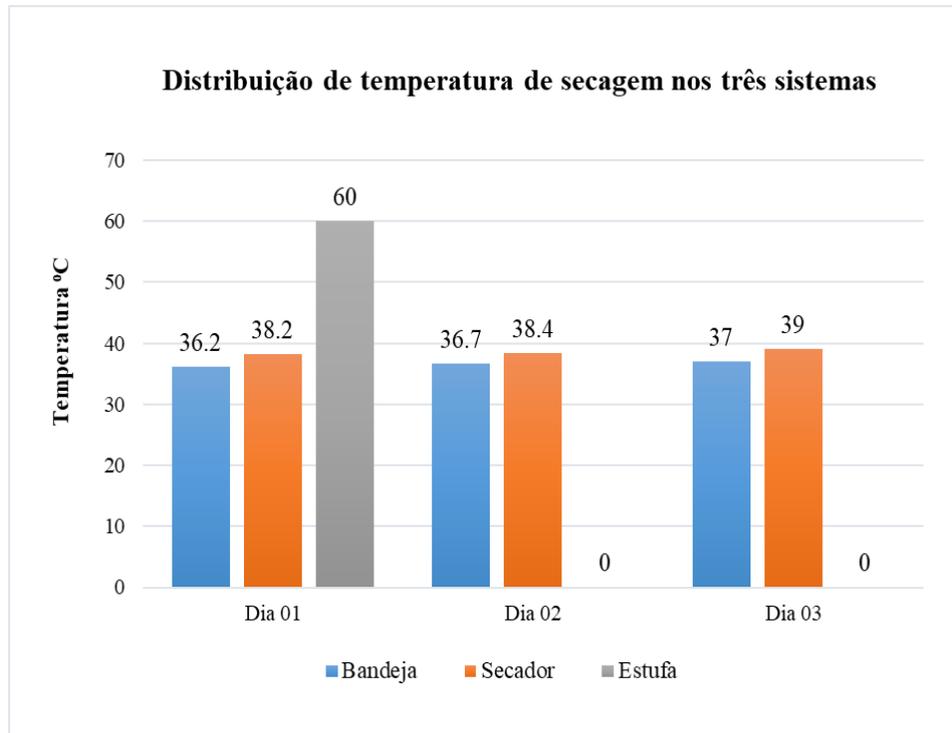


Gráfico 3: Distribuição da temperatura de secagem nos três sistemas

Fonte: Autora (2025)

No primeiro dia de secagem, verifica-se uma diferença significativa de temperatura entre os sistemas, com a estufa apresentando a temperatura mais elevada, em torno de 60°C, valor consideravelmente superior às temperaturas registradas na bandeja e secador solar, que se mantiveram na faixa dos 36,2°C a 38,2°C. Esta discrepância está associada ao controle térmico artificial da estufa, que possibilita uma regulação precisa e constante da temperatura interna, ao contrário dos outros dois sistemas que dependem de condições ambientais e climáticas.

Nos dias subsequentes (Dia 02 e 03), os valores de temperatura registaram uma ligeira subida (36,7°C para a bandeja) e (38,4°C para o secador solar). Na estufa não se registou a temperatura, pois, verificou-se a descontinuidade no uso do equipamento durante esses dias. Do ponto de vista termodinâmico, a elevação da temperatura no primeiro dia na estufa pode ter proporcionado uma maior taxa de evaporação inicial da água livre das amostras, favorecendo uma secagem acelerada nas fases iniciais do processo. Contudo, a ausência de continuidade nesse padrão térmico nos dias seguintes pode comprometer a homogeneidade do processo, além de influenciar negativamente em atributos físicos, sensoriais e nutricionais da banana desidratada.

O comportamento térmico relativamente constante nos sistemas de bandeja e secador solar pode ser atribuído à sua dependência de fatores ambientais externos, como incidência solar, temperatura ambiente e ventilação natural. Apesar dessas limitações, a estabilidade térmica nesses sistemas ao longo dos três dias contribui para uma secagem mais gradual, o que pode ser benéfico para a preservação de certas propriedades.

De forma geral a estufa apresentou maior rapidez e eficiência térmica, seguida pelo secador solar, enquanto o método em bandeja foi significativamente mais lento. Essa hierarquia de desempenho é consistente com estudos prévios: Nabnean & Nimnuan (2020) relataram redução da humidade de bananas de ~72% para 28% em 4 dias usando um secador solar de convecção forçada, ao passo que a secagem ao sol atingiu apenas ~40% no mesmo período; de forma semelhante, Lingayat Chandramohan & Rajuet (2017) observaram humidade final em torno de 16–31% (bs) em fatias de banana secas em secador solar indireto, versus ~42% nas amostras expostas diretamente ao sol.

A influência positiva de temperaturas de secagem mais elevadas na taxa de desidratação é amplamente reconhecida por (Borges, Mancini, Corrêa, & Leite, 2011), porém a escolha do sistema de secagem afecta também os atributos nutricionais, físicos e sensoriais do produto. Secagens mais lentas e prolongadas (como na bandeja) permitem maior atividade enzimática oxidativa e exposição ao oxigênio, intensificando reações de escurecimento (enzimáticas e de Maillard) e a degradação de nutrientes (por exemplo, perda de vitamina C e compostos bioativos), ao passo que métodos mais rápidos e controlados inativam as enzimas precocemente e reduzem essas perdas. Confirmando esse efeito, Abd El-Wahhab, Sayed, Abdelhamid, Zaghlool, Nasr, Nagib e Taha, (2023) constataram maior retenção de ácido ascórbico, fenólicos totais e actividade antioxidante em bananas secas em secador solar tipo túnel (com secagem mais rápida) em comparação à aquelas submetidas à secagem tradicional ao sol, além de menor índice de escurecimento nas fatias desidratadas.

De maneira similar, Takounadi, Tchamye Azouma (2018) verificaram que a secagem a 65°C (fluxo de ar forçado) limitou o escurecimento enzimático inicial e resultou em melhor qualidade organoléptica do produto, apesar de ocorrer perda moderada de nutrientes termolábeis (~37% de vitamina C) durante o processo. Adicionalmente, Batista, Cardoso, Godoy, & Evangelista-Barreto (2014) relataram que bananas orgânicas desidratadas em estufa a 65 °C até ~20–25% de humidade final mantiveram estabilidade físico-química e microbiológica por 180

dias de armazenamento. Em termos práticos, os resultados indicam que métodos de secagem com aquecimento controlado (estufa ou secadores solares aprimorados) permitem desidratar bananas de forma mais eficiente, preservando melhor a qualidade nutricional e sensorial em comparação à exposição direta ao sol (bandeja).

4.2.3. Influência da umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar é um dos principais factores ambientais que influenciam na eficiência dos processos de secagem, uma vez que determina o gradiente de pressão de vapor necessário para a migração da água do interior do produto para o meio ambiente. O Gráfico 4 apresenta a distribuição dos valores de umidade relativa do ar (%) observados ao longo dos três dias de secagem nos sistemas de bandeja, secador solar e estufa.

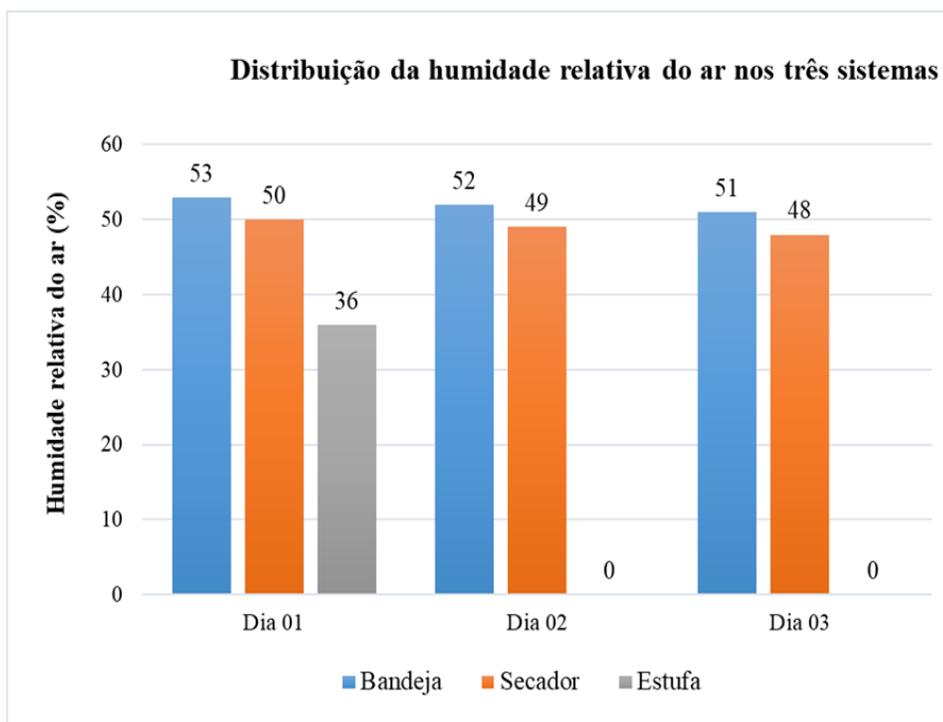


Gráfico 4: Distribuição da umidade relativa de secagem nos três sistemas

Fonte: Autora (2025)

No primeiro dia de secagem, os sistemas de bandeja e secador solar apresentaram níveis de umidade relativa do ar bastante próximos, com valores de 53% e 50%, respectivamente. Esses valores indicam uma condição ambiental com moderada capacidade de remoção de água por evaporação, típica de sistemas que operam ao ar livre ou com ventilação natural, estando sujeitos

às condições atmosféricas externas. Por outro lado, a estufa apresentou uma humidade relativa significativamente mais baixa (36%), reflectindo um ambiente interno controlado e fechado, com a presença de ventilação forçada e aquecimento, o que favorece a diminuição da pressão de vapor no meio circundante e, conseqüentemente, aumenta a taxa de evaporação da água das amostras.

Nos dias subsequentes (Dia 02 e 03), tanto a bandeja quanto o secador solar mantiveram valores relativamente constantes e elevados de humidade relativa, entre 49% e 52%, o que denota uma estabilidade nas condições ambientais externas durante o período do experimento. O mesmo não se pode dizer para a estufa, pois, o processo de secagem foi interrompido após 15h de secagem.

Os dados acima, encontram sustento em alguns estudos que confirmam essa observação. Por exemplo, Katekawa e Silva (2007) demonstraram que a redução da humidade relativa do ambiente durante a secagem de bananas em equipamentos comerciais resultou em uma maior taxa de secagem, evidenciando a importância do controle da humidade relativa para otimizar o processo. Além disso, um estudo publicado na MDPI observou que a redução da humidade relativa do ar ambiente de 60% para 20% aumentou significativamente a taxa de secagem de fatias de banana, reduzindo o tempo total de secagem em até 40% (Amer, Azam, & Saad, 2023).

Em relação aos secadores, estudos sobre secadores solares demonstram que, embora esses sistemas sejam mais eficientes que a secagem ao ar livre, eles ainda são influenciados pelas condições ambientais externas (Amer *et al*, 2023).

4.3. Análise sensorial

Os diferentes gráficos apresentados, mostram os valores representativos da análise sensorial das amostras de banana submetidas aos diferentes sistemas de secagem. A análise dos diferentes parâmetros (aroma, cor, firmeza e sabor), fornece subsídios relevantes para inferir sobre a eficiência dos sistemas em relação aos parâmetros acima mencionados.

4.3.1. Aroma

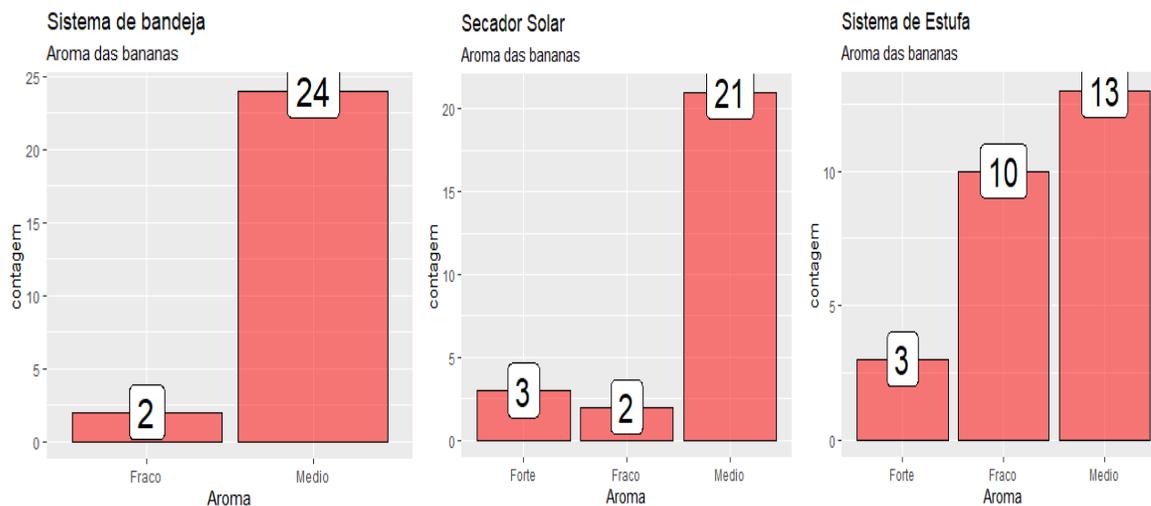


Gráfico 5: Aroma das bananas nos 3 sistemas (Bandeja, Secador solar, Estufa)

Fonte: Autora (2025)

No sistema de bandeja, observou-se uma predominância significativa de amostras classificadas com aroma médio ($n=24$), com apenas duas amostras classificadas como aroma fraco e nenhuma como aroma forte. Este resultado sugere que, embora o processo de secagem em bandeja tenha preservado de forma satisfatória os compostos voláteis responsáveis pelo aroma, não foi suficientemente eficaz para manter uma intensidade aromática forte, possivelmente em função do tempo prolongado de secagem e da menor temperatura operacional.

O secador solar apresentou distribuição quase semelhante, com 21 amostras identificadas com aroma médio, 2 com aroma fraco e 3 com aroma forte. A presença de amostras com aroma forte em relação à bandeja indica que o secador solar pode oferecer condições ligeiramente mais favoráveis à preservação do aroma, provavelmente devido à presença de ventilação natural e maior eficiência na remoção de água, o que reduz o tempo de exposição térmica dos compostos voláteis.

Já o sistema de estufa demonstrou menor consistência na preservação do aroma das amostras. Os dados mostram um número significativamente maior de amostras com aroma fraco ($n=10$), seguido de 13 com aroma médio e apenas 3 com aroma forte. Essa distribuição indica maior degradação dos compostos aromáticos voláteis, o que pode ser atribuído à combinação de

elevadas temperaturas e baixa humidade relativa mantida na estufa, condições que aceleram reações de degradação térmica e volatilização de componentes sensoriais.

A intensidade do aroma de bananas desidratadas mostra-se fortemente influenciada pelo sistema de secagem, com estudos indicando perdas consideráveis de voláteis característicos em secagens convencionais e diferenças perceptíveis entre secagem em bandejas ao sol, secador solar e estufa. Em geral, a desidratação térmica provoca redução do aroma banana típico, pois é comum a volatilização e degradação térmica de ésteres e outros compostos aromáticos durante a remoção da água (Boudhrioua, Giampaoli, & Bonazzi, 2003; Altay, Hayaloglu & Dirim, 2019).

No caso da secagem em bandejas expostas ao sol (método tradicional a céu aberto), o tempo prolongado e a exposição não controlada ao calor/oxigênio levam a um aroma mais fraco devido à perda de compostos voláteis por evaporação e oxidação (Kiburi, Kanali, Kituu, Ajwang, 2020 e Ronoh., 2020). Por outro lado, secadores solares de concepção aprimorada (com circulação de ar aquecido por energia solar) tendem a preservar melhor o aroma: bananas secas nesses sistemas apresentaram aroma mais intenso e agradável, próximo da fruta natural, conforme relatado por Nabnean e Nimnuan (2020), que observaram excelente qualidade de flavor em bananas-secas obtidas por secagem solar controlada.

Secagens em estufa de ar forçado (geralmente 60–70 °C) situam-se entre esses extremos – promovem desidratação mais rápida que a secagem ao sol, o que pode reter uma fração maior dos compostos aromáticos voláteis bananas inicialmente presentes (menor tempo de exposição minimiza perdas oxidativas), porém as temperaturas elevadas também acarretam volatilização acelerada dos ésteres de banana nos estágios iniciais (Boudhrioua *et al.*, 2003) e podem induzir alterações aromáticas devidas a reações de Maillard. De fato, Boudhrioua *et al.* (2003) verificaram que compostos-chave como isoamyl acetate e outros ésteres responsáveis pelo aroma característico diminuem drasticamente durante a secagem convectiva, especialmente a temperaturas mais altas, enquanto compostos mais termorresistentes (e.x. elemicina, um fenilpropanoide) permanecem em maior proporção.

4.3.2. Cor

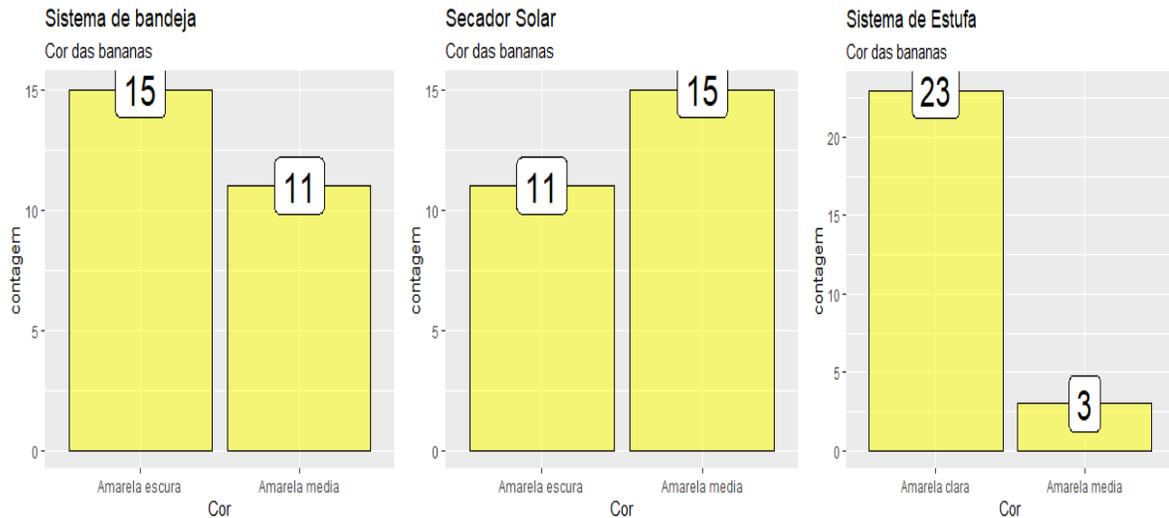


Gráfico 6: Cor das bananas nos 3 sistemas (Bandeja, Secador solar, Estufa)

Fonte: Autora (2025)

No sistema de bandeja, observou-se uma distribuição relativamente equilibrada entre as categorias de coloração: 15 amostras foram classificadas como “amarela escura”, enquanto 11 apresentaram coloração “amarela média”. Essa predominância de tonalidades mais escuras pode ser atribuída à secagem prolongada sob temperaturas mais baixas, o que favorece reações enzimáticas e não enzimáticas que intensificam a coloração escura, como a polifenoloxidase e a caramelização de açúcares.

Resultados contrários foram observados no secador solar, com 15 amostras classificadas como “amarela média” e 11 como “amarela escura”. Essa contradição é explicada pela radiação solar que é captada por um colector e pela subida de temperatura e consequente descida da humidade ao longo do processo, que, embora mais eficientes em termos de tempo de secagem do que a bandeja, ainda favorecem a preservação da cor do produto. Em contrapartida, o sistema de estufa demonstrou um perfil de coloração substancialmente distinto dos demais sistemas. A maioria das amostras ($n = 23$) foi classificada como “amarela clara”, enquanto apenas 3 amostras foram identificadas como “amarela média”, e nenhuma foi registrada na categoria “amarelo-escura”. Este resultado sugere que o ambiente de secagem altamente controlado da estufa, caracterizado por temperaturas constantes e humidade relativa extremamente baixa (conforme

evidenciado anteriormente), contribuiu para inibir as reações de escurecimento, preservando a coloração mais clara do produto.

Outros estudos confirmam esses achados. Por exemplo, Suherman *et al.* (2024) observaram que bananas secas em estufas solares com ventilação fotovoltaica apresentaram coloração mais clara e uniforme em comparação com aquelas secas ao sol aberto, devido ao controlo mais preciso da temperatura e humidade no ambiente de secagem. Além disso, Amer *et al.* (2023) destacaram que temperaturas de secagem mais elevadas, como 70°C, resultam em uma coloração mais clara nas fatias de banana, enquanto temperaturas mais baixas favorecem o escurecimento devido à maior atividade enzimática.

4.3.3. Firmeza

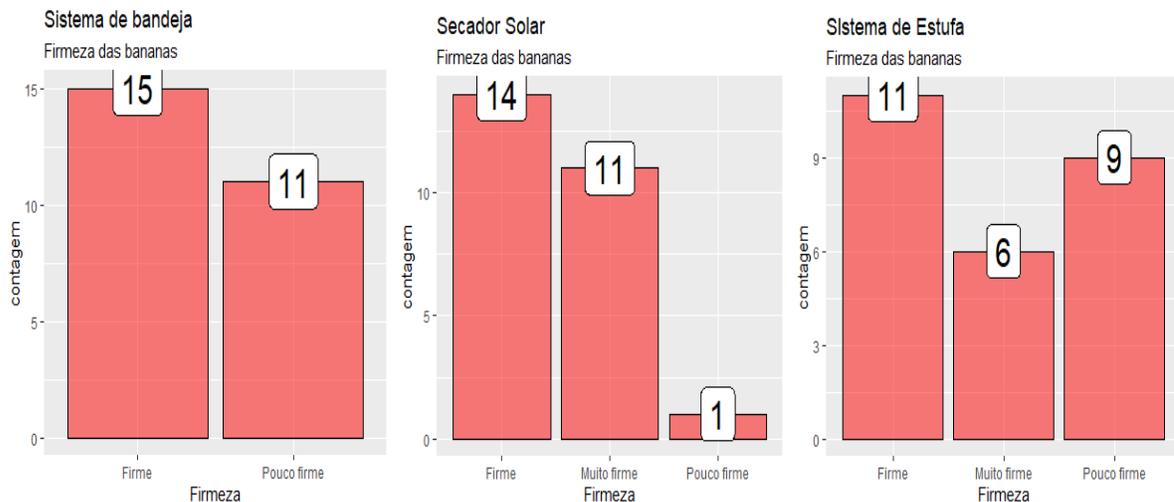


Gráfico 7: Firmeza das bananas nos 3 sistemas (Bandeja, Secador solar, Estufa)

Fonte: Autora (2025)

No sistema de bandeja, verificou-se uma predominância da classificação “firme” ($n = 15$), enquanto 11 amostras foram consideradas “pouco firmes”. A ausência de amostras na categoria “muito firme” sugere que a secagem por bandeja, ao ocorrer sob temperaturas mais baixas e tempo prolongado, promoveu uma perda gradual de água, preservando parcialmente a estrutura celular sem induzir endurecimento excessivo. No entanto, a presença considerável de amostras com baixa firmeza pode indicar colapsos celulares provocados pela acção enzimática durante a secagem lenta.

O secador solar apresentou um comportamento similar, com 14 amostras classificadas como “firme”, 11 como “muito firme” e apenas uma como “pouco firme”. Este resultado demonstra um maior equilíbrio entre resistência estrutural e elasticidade, com predomínio de textura desejável. O sistema de estufa, por sua vez, evidenciou uma maior dispersão dos resultados: 11 amostras foram classificadas como “firme”, 9 como “pouco firme” e 6 como “muito firme”. Esta variação expressiva sugere uma heterogeneidade nos efeitos do tratamento térmico, possivelmente devido à combinação de altas temperaturas e baixa umidade relativa. A secagem acelerada pode ter causado endurecimento superficial em algumas amostras, resultando na classificação “muito firme”, ao passo que a rápida contração celular e colapso estrutural em outras geraram amostras “pouco firmes”.

A predominância da firmeza nas amostras secas por bandeja e secador solar está em consonância com os resultados de Leite *et al.* (2015), que relataram manutenção da textura em bananas secas sob condições ambientais controladas, indicando que secagens mais lentas e com ventilação natural favorecem a preservação celular. Da mesma forma, Neris *et al.* (2018) demonstraram que o equilíbrio entre calor e fluxo de ar no secador solar promove melhor estabilidade físico-química em comparação à secagem em estufa.

A heterogeneidade observada nas amostras da estufa também é respaldada por estudos como o de Pan *et al.* (2008), que apontaram que altas temperaturas sem controle preciso da umidade interna tendem a provocar endurecimento superficial ou colapsos estruturais, conforme o grau de desidratação desigual nas camadas do fruto. Por outro lado, a ausência de “muito firme” na bandeja, aliada à presença expressiva de “pouco firmes”, sugere limitação desse método para alcançar textura ideal, possivelmente devido à atividade enzimática residual, como discutido por Chitarra e Chitarra (2005).

4.3.4. Sabor

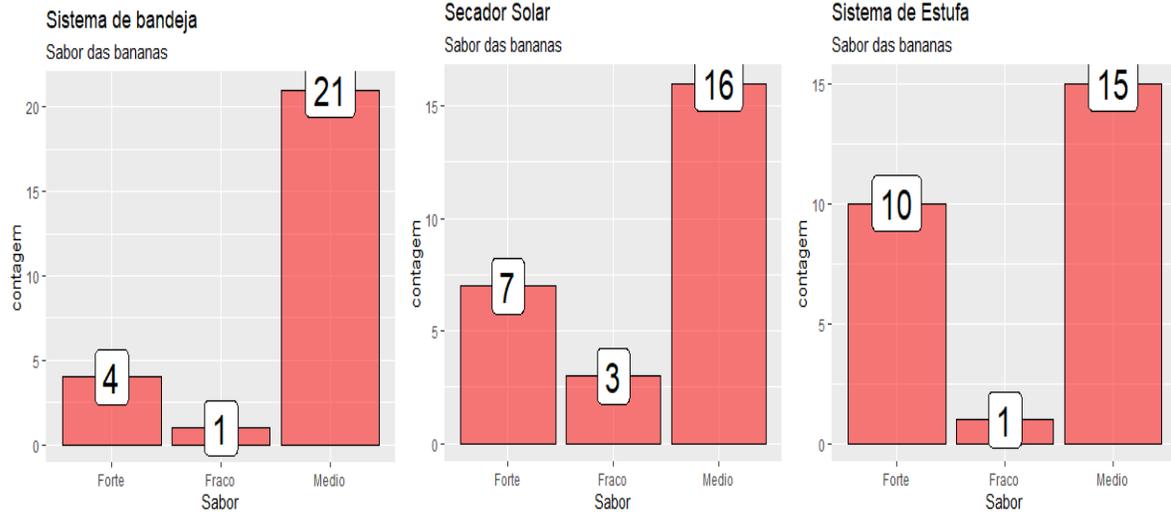


Gráfico 8: Sabor das bananas nos 3 sistemas (Bandeja, Secador solar, Estufa)

Fonte: Autora (2025)

No sistema de bandeja, observou-se uma predominância de amostras com sabor médio ($n = 21$), complementadas por 4 amostras com sabor forte e apenas 1 amostra classificada como sabor fraco. Essa distribuição sugere que o processo de secagem em bandeja, apesar de mais lento e menos eficiente na remoção da humidade, foi eficaz na preservação dos compostos gustativos, com perda mínima de qualidade sensorial (sabor). A ausência de temperaturas elevadas e o tempo prolongado de secagem entendesse que parece ter favorecido a estabilidade dos açúcares e dos compostos voláteis.

No caso do secador solar, também predominou a classificação média ($n = 16$), seguida por 7 amostras com sabor forte e 3 com sabor fraco. Esse desempenho é indicativo de uma secagem eficiente, com redução do tempo de exposição sem comprometer substancialmente os atributos sensoriais. A ventilação natural e a radiação solar, características desse sistema, entendesse que pode ter contribuído para um melhor equilíbrio entre eficiência de desidratação e retenção de compostos de sabor.

Por sua vez, o sistema de estufa apresentou 15 amostras com sabor médio, 10 com sabor forte e apenas 1 com sabor fraco. O maior número de amostras com sabor forte neste sistema pode ser resultado da maior concentração de sólidos solúveis provocada pela remoção rápida da

água. No entanto, o impacto das altas temperaturas associadas à humidade relativa extremamente baixa pode, em outros contextos favorecer reações de degradação térmica de compostos de sabor, o que não se observou de forma pronunciada aqui, sugerindo que o controle preciso da temperatura pode ter limitado esses efeitos.

A intensidade do sabor na banana seca é altamente influenciada pelo sistema de secagem adotado, pois as condições de processo modulam a retenção de compostos voláteis aromáticos e a concentração de açúcares. De fato, vários autores reportaram que a magnitude da perda de aroma aumenta com o incremento da temperatura e da duração da secagem (Boudhrioua *et al.*, 2003; Krokida & Philippopoulos, 2006). Em concordância, sistemas tradicionais menos controlados muitas vezes resultam em produtos excessivamente escuros, de textura dura e com sabor de banana pouco pronunciado (Sousa, Nassu, Filho, Mai, Figueredo e Neto, 2005), reflexo da degradação de compostos sensoriais durante a secagem. Por outro lado, a remoção de água concentra os açúcares solúveis naturais da fruta – bananas desidratadas costumam alcançar teores de sólidos solúveis em torno de 70–75 °Brix, o que intensifica a doçura e contribui para a percepção global de sabor mesmo quando parte do aroma se perde (Porciuncula, 2012).

4.4. Análise estatística da eficiência dos sistemas de secagem

Com o objetivo de verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os três sistemas de secagem (bandeja, estufa e secador solar) em relação aos parâmetros analisados, foi conduzida uma análise de variância (ANOVA), a um fator, cujos resultados estão sumarizados na tabela de ANOVA apresentado no (Apêndice 2)

O teste F revelou que não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos ($F_{calc} = 0,03374$; $p\text{-valor} = 0,96704$), considerando um nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$). O valor de p ($Pr > F_c$) superior a 0,05 indica que as médias dos três sistemas de secagem não diferem entre si de forma significativa para as variáveis estudadas (físicas, sensoriais e nutricionais), sugerindo que, sob as condições testadas, os sistemas apresentaram desempenhos estatisticamente equivalentes.

A variância explicada pelo fator “tratamento” ($SQ = 21,96$; $GL = 2$) representa uma parcela extremamente pequena da variação total, sendo o resíduo ($SQ = 1626,96$; $GL = 5$) a maior fonte de variação, como confirmado pelo valor elevado da média quadrática residual (QM

= 325,39). O coeficiente de variação (CV = 80,75%) indica um grau elevado de dispersão relativa entre os dados. Este valor elevado sugere que os dados apresentam alta variabilidade em relação à média geral, o que pode ser atribuído à heterogeneidade das amostras ou à sensibilidade do método analítico. As médias obtidas para os diferentes sistemas foram: 22,52 para a bandeja, 24,78 para a estufa e 20,52 para o secador solar. Embora a estufa tenha apresentado a maior média numérica, esta diferença não foi estatisticamente significativa, conforme discutido acima.

Diversos estudos têm aplicado análise estatística para comparar métodos de secagem de bananas, considerando parâmetros como umidade final, perda de massa, rendimento e tempo de processo. De modo geral, os estudos indicam que sistemas de secagem assistidos tendem a melhorar a eficiência em relação à secagem tradicional ao ar livre. Por exemplo, Nabnean e Nimnuan (2020) verificaram que um secador solar de convecção forçada desidratou fatias de banana ~55% mais rápido que a secagem em bandejas ao sol, diferença estatisticamente significativa em favor do método forçado.

De forma similar, Pongpattanasiri *et al.* (2023) relataram que um método híbrido (secagem inicial em secador solar seguida de finalização em estufa) reduziu o tempo total de secagem em aproximadamente 78% comparado à secagem convencional em bandeja, evidenciando maior eficiência desse processo combinado. Esses achados concordam com Amer *et al.* (2010), que ao desenvolverem um secador solar híbrido para bananas observaram uma economia de cerca de 58% no tempo de secagem em relação ao método natural, demonstrando os benefícios de condições controladas.

Lima de Almeida, U. (2019) reportou que um secador solar de baixo custo foi o método mais eficiente na desidratação de bananas, removendo aproximadamente 55% da umidade em 12 horas, desempenho superior ao de sistemas passivos. Por outro lado, há casos em que diferentes técnicas produzem resultados finais semelhantes: por exemplo, Sawant *et al.* (2013) não encontraram diferença estatisticamente significativa na capacidade de retenção de água de farinha de banana entre distintos métodos de secagem, sugerindo que – quando todos os processos atingem um teor de umidade final parecido – certas características do produto final podem se equivaler independentemente do método utilizado.

No presente estudo, a ANOVA indicou ausência de diferença significativa entre secagem em bandeja, estufa e secador solar ($F = 0,03374$; $p = 0,967$), com teores de umidade final

médios próximos ($\approx 20\text{--}25\%$) nesses três sistemas, e variabilidade experimental elevada ($CV \approx 80\%$), o que está em certa consonância com os cenários em que os métodos convergem nos resultados finais. Esse resultado contrasta com grande parte da literatura que aponta vantagens claras para métodos ativos, mas pode ser explicado pelo facto de que, sob as condições específicas do experimento (variedade da banana, espessura das fatias, temperatura e fluxo de ar disponíveis, condições climáticas), todos os métodos alcançaram o mesmo nível de desidratação, tornando as diferenças não detetáveis estatisticamente.

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1. Conclusões

No que diz respeito as propriedades físicas (perda de peso), o secador solar removeu o máximo de água nas amostras de bananas, com uma redução de 80,49%, fazendo com que este sistema se mostrasse mais eficaz em relação aos demais sistemas, tendo estes registrado uma redução de 72,73% e 73,68% para a estufa e bandeja, respectivamente.

Nas propriedades nutricionais, no que diz respeito a determinação de proteínas, cinzas e gorduras os resultados variaram de forma pouco expressiva entre os sistemas, fazendo com que todos os sistemas se mostrassem eficientes em relação a preservação dessas propriedades. Ao passo que para os carboidratos houve uma variação considerável entre os sistemas, com destaque para o secador solar que apresentou o máximo de carboidratos cerca de (42,27%).

Já nas propriedades sensoriais, com relação ao aroma das bananas secas, o secador solar mostrou-se mais eficiente em relação a bandeja e estufa, apresentando condições de conservação do aroma forte com maior predominância próximo a banana fresca; a estufa por sua vez conservou melhor a cor seguindo do secador solar que apresentaram tonalidades mais claras e uniformes, com menores sinais de escurecimento excessivo. A estufa, em especial, permitiu um controlo mais eficiente da temperatura e da humidade relativa, o que favoreceu a preservação da cor natural da fruta. O secador solar e a bandeja por sua vez preservaram a estrutura celular da banana, favorecendo uma textura firme sem induzir ao endurecimento excessivo e quanto ao sabor, estes sistemas garantiram a preservação dos compostos gustativos com o mínimo de perda da qualidade do sabor.

Quanto ao terceiro objectivo específico, que visava indicar o sistema eficiente para a secagem da banana nas condições de estudo, os resultados da análise de variância (ANOVA) mostraram que, estatisticamente, não houve diferença significativa entre os sistemas em termos de eficiência global ($p > 0,05$). Contudo, o secador solar apresentou melhor desempenho na preservação dos carboidratos e na redução da humidade. A estufa destacou-se por preservar a coloração mais clara, seguida do secador solar, enquanto que a bandeja assim como os outros sistemas destacaram-se por preservar as proteínas, cinzas e gorduras próximas as da banana fresca.

Diante do exposto, rejeita-se a hipótese nula (**H0**) e aceita-se a hipótese alternativa (**H1**): os sistemas (bandeja, secador solar e estufa) mostraram-se eficientes na secagem da banana (*Musa spp.*).

5.2. Sugestões

Para pesquisadores e instituições de ensino:

- Sugere-se a realização de estudos complementares com diversificação de pré-tratamentos anti-escurecimento, para avaliar sua influência na preservação da cor e valor nutricional da banana seca;
- Sugere-se investigar o comportamento de diferentes variedades de banana (*Musa spp.*), sob os mesmos sistemas de secagem, para compreender a interação entre variedade e os sistemas na qualidade do produto;
- Futuros estudos devem abordar a vida útil pós-secagem, incluindo a estabilidade da cor e dos compostos nutricionais durante o armazenamento em diferentes condições de embalagem.

Para agricultores e processadores de banana:

- Em contextos com menor acesso tecnológico, o secador solar representa uma alternativa viável e eficiente, desde que adequadamente dimensionado e utilizado em dias de boa radiação solar;

Para o sector industrial e cooperativas:

- Estimular a inserção de tecnologias de baixo custo (como estufas com controle manual de temperatura ou painéis solares térmicos) para melhorar o desempenho energético e reduzir a dependência de recursos não renováveis e dispendiosos.

Para formuladores de políticas públicas:

- Apoiar projetos de extensão que promovam o uso de secadores solares ou estufas comunitárias, especialmente em regiões produtoras de banana com excedente de produção e baixa capacidade de escoamento;

- Desenvolver normativas para a classificação da banana seca, baseadas em parâmetros visuais e sensoriais padronizados, para facilitar a comercialização e exportação do produto.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (n.d.). DOI: <https://pt.weatherspark.com/y/97531/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Chibuto-Mo%C3%A7ambique-durante-o-ano>>. Acesso em: 09 de outubro de 2024.
- Abd El-Wahhab, G.G., Sayed, H.A.A., Abdelhamid, M.A. *et al.* (2023). Effect of pre-treatments on the qualities of banana dried by two different drying methods. *Sustainability*, 15(20), 15112. Doi: <https://doi.org/10.3390/su152015112>
- Adawiyah, U. B., Hasmadi, M., (2023). *A Reviw of the applications of different drying methods of banana flour preparation*. *Food Research*, 7(1), 297-304. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.7\(1\)651](https://doi.org/10.26656/fr.2017.7(1)651).
- Altay, K., Hayaloglu, A.A. and Dirim, S.N. (2019). *Determination of the drying kinetics and energy efficiency of purple basil (Ocimum basilicum L.) leaves using different drying methods*. *Heat and Mass Transfer*, 55(8), 2173-2184. <https://doi.org/10.1007/s00231-019-02570-9>
- Amer, B. M., Azam, M. M., & Saad, A. (2023). *Monitoring temperature profile and drying kinetics of thin-layer banana slices under controlled forced convection conditions*. *Processes*, 11(6), 1771.
- Amer, B.M.A., Hossain, M.A., & Gottschalk, K. (2010). *Design and performance evaluation of a new hybrid solar dryer for banana*. *Energy Conversion and Management*, 51, 813–820. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2009.11.016>
- AMORIM, Thiago Perito. (2012) *Avaliação físico-química de polpa e de casca de banana in natura e desidratada*.
- ANGELI, B.S., SILVA, M.A.P., NETTO, F, M. (2009) *Caraterizacao química, perfil sensorial e aceitabilidade de novos variedades de banana (musa ssp) resistentes a sigatoka-negra*. 142f. Dissertação. Universidade Estadual de Campinas.
- Araújo, C. V. M., Varella, F. K. D. O. M., & Vale, M. R. B. G. (2021). *Construção de secador solar no semiárido nordestino utilizando materiais recicláveis*. *Revista Brasileira de Energia Solar*, 12(1), 21-30.

- Augusto, E.D. (2017). *Princípio de tecnologia de alimento. Rio de Janeiro* (Vol. 3). (Atheneu, Ed.), 301-304.
- Barbosa, L. F. S., Alves, A. L., de Sousa, K. D. S. M., Neto, A. F., Cavalcante, Í. H. L., & Vieira, J. F. (2019). *Qualidade pós-colheita de banana 'Pacovan' sob diferentes condições de armazenamento. Magistra, 30, 28-36.*
- Batista, D. D. V. S., Cardoso, R. L., Godoy, R. C. B. D., & Evangelista-Barreto, N. S. (2014). *Estabilidade físico-química e microbiológica de banana passa orgânica. Ciência Rural, 44, 1886-1892.*
- Borges, S. V., Mancini, M. C., Corrêa, J. L. G., & Leite, J. B. (2011). *Drying kinetics of bananas by natural convection: Influence of temperature, shape, blanching and cultivar. Ciência e Agrotecnologia, 35, 368-376.*
- Boudhrioua, N., Giampaoli, P., & Bonazzi, C. (2003). *Changes in aromatic components of banana during ripening and air-drying. LWT-Food Science and Technology, 36(6), 633-642*
- Celestino, S. M. C (2010). *Princípios de secagem de alimentos. Planaltina: Embrapa Cerrados. (Documentos. Embrapa Cerrados, 276)*
- Chaitamlong Pongpattanasiri, Noppadol Amdee & Channarong Tantiwattanodom (2023). *The efficiency of drying Pisang Awak bananas with hybrid methods. LSE Journal of Engineering, Tecnologia e Economia. Doi: <https://doi.org/10.14456/lsej.2023.19>*
- Chitarra, M. I.; Chitarra, A. B (2005). *Pós-Colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e Manuseio. 2 ed rev. e ampl. Lavras: UFLA.*
- de Noronha, J. F. (2006). *Análise sensorial-metodologia. Escola Superior Agrária de Coimbra.*
- Duque, M. R. A. (2014). *Alguns dados sobre Geotermia e Fluxo de Calor em África e em Moçambique.*
- EMBRAPA. (1997) *A cultura da banana. Brasília, DF: Editora Embrapa, p.9-10*

- Etim, P. J., Simonyan, K. J., & Eke, A. B. (2022). *Proximate and microbial composition of cooking banana dried using an active indirect mode solar dryer*. *International Journal of Fruit Science*, 22(1), 215-223.
- FAOSTAT. (n.d.). *Produção mundial de frutos de várias culturas frutíferas*. doi: Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> >. Acesso em: 09 de outubro de 2024.
- Fellows, P., (2000). *Food Processing Technology - Principles and Practice*. 2ª edição. Woodhead Publishing Limited. Cambridge.
- Guerra, H. G. (2020). *Cultivo da banana*. *Clube de Autores*. DOI : https://www.google.co.mz/books/edition/Cultivo_Da_Banana/6NUxEAAAQBAJ?hl=pt
- Guimarães, P. V. R. (2010). *Secagem de café: uma revisão*
- IZIDORO, D. R. (2011). *Influência do pré-tratamento com ultra-som e da secagem nas propriedades químicas, físicas e funcionais do amido de banana verde*. 2011. 201 f. Tese (Doutorado em Tecnologia em Alimentos). Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos. Curitiba.
- Jafar, J. S. (2020). *O Impacto da globalização económica contemporânea em Monapo e Palma, Moçambique* (Doctoral dissertation, 00500:: Universidade de Coimbra).
- Kabeer, S., Govindarajan, N., Preetha, R., Ambrose, K., Essa, M. M., & Qoronfleh, M. W. (2023). *Effect of different drying techniques on the nutrient and physiochemical properties of Musa paradisiaca (ripe Nendran banana) powder*. *Journal of Food Science and Technology*, 60(3), 1107-1116.
- Karthika, S., Radhakrishnan, T. K., & Kalaichelvi, P. (2016). *A review of classical and nonclassical nucleation theories*. *Crystal Growth & Design*, 16(11), 6663-6681.
- Katekawa, M. E., & Silva, M. A. (2007). *Drying rates in shrinking medium: case study of banana*. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 24, 561-569.
- Kiburi, F.G., Kanali, C.L., Kituu, G.M., Ajwang, P.O. and Ronoh, E.K. (2020). *Performance evaluation and economic feasibility of a solar-biomass hybrid greenhouse dryer for drying*

- Banana slices*. *Renewable Energy Focus*, 34, 60–68. <https://doi.org/10.1016/j.ref.2020.06.009>
- Krokida, M. K., & Philippoulos, C. (2006). *Volatility of apples during air and freeze-drying*. *Journal of Food Engineering*, 73,135e141.
- Leite, A.L.M.P., Silva, F.S., Porto, A.G., Piasson, D., Santos, P. (2015). *Contração volumétrica e cinética de secagem de fatias de banana variedade Terra*. *Pesquisa Agropecuária Tropical* (Vol.45.n.2). pp. 155-162
- Leonardi, J. G., & Azevedo, B. M. (2018). *Métodos de conservação de alimentos*.
- Lima de Almeida, U. (2019). *Biotechnologia Industrial, v. 3: processos fermentativos e enzimáticos* (Vol. 3). Editora Blucher.
- Lingayat A, Chandramohan VP, Raju VRK. (2017) *Design, development and performance of indirect type solar dryer for banana drying*. *Energy Procedia*. 109: 409-416. Disponível em:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217300632>
- MEDINA, J. C. (1995) *Banana: cultura, matéria –prima, processamento e aspetos económicos*. 2^a ed. Campinas: ITAL.
- MELO, A.A.M; VILAS-BOAS, E.V.B. (2006) *Inibição do escurecimento enzimático de banana ‘Maca’ minimamente processada*. *Ciência e tecnologia de alimentos*, Campinas, v.26, n.1, p.110-115, mar.
- Moraes, J. M. D., Cirne, L. E. D. M. R., Pedroza, J. P., & Silva, M. G. D. (1998). *Componentes químicos da farinha de banana (Musa sp.) obtida por meio de secagem natural*. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental*, 2(3), 316-318.
- Moreira, D. H. F. et al. (2019). *Análise da secagem de café em secador solar passivo direto* (Vols. 5, n. 9). (BrazilianJournalofDevelopment, Ed.)
- Mota, J. D.; Queiroz, A. J. de M.; Figueirêdo, R. M. F. de; Sousa, K. dos S. M. (2015). *Índice de cor e sua correlação com parâmetros físico-químicos de goiaba, manga e mamão* (Vol. 6, n. 1). *Comunicata Scientiae*.

- Nabnean, S.; Nimnuan, P. (2020). *Experimental Performance of Direct Forced Convection Household Solar Dryer for Case Studies In Thermal Engineering*. DOI: 10.1016/j.csite.2020.100787.
- Neris, T. S., Sousa, S., Loss, R. A., Carvalho, J. W. P., & Guedes, S. F. (2018). *Avaliação físico-química da casca da banana (Musa spp.) in natura e desidratada em diferentes estádios de maturação*. *Ciência e Sustentabilidade*, 4(1), 5-21.
- Oliveira, S.V, Ferreira, S. V., Zucoloto, M. (2023). *A cultura da bananeira: livro dedicado aos produtores rurais, estudantes e profissionais de ciencias agrarias*.(E. d. Autores, Ed.) Alegre, ES.
- Pan, Z.; Shih, C.; Mchugh, T. H.; Hirschberg, E. (2008). *Study of Banana Dehydration Using Sequential Infrared LWT - Food Sci. Technol. 41(Radiation Heating and Freeze-Drying. 2008, 10), 1944–1951*. DOI: 10.1016/j.lwt.2008.01.019.
- Pereira, G. P. (2012). *Compostos bioativos e atividade antioxidante em bananas (Musa sp.)*.
- PONTES, S. F.O; CARNEIRO, J.C.S; BONOMO, P; CHAVES, M.A. (2009) *Processamento e qualidade de banana da terra (musa sapientum) desidratada*. Itapetininga, Dissertação (Mestrado em Engenharia de processos de alimentos), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 86 p.
- Porciuncula, B. D. A. (2012). *Desenvolvimento de processo integrado de desidratação e modificação da textura de banana (Var. Prata) por secagem convectiva e pulsos de vácuo*.
- RIBEIRO, W.S. et al. (2010) *Procedência, qualidade e perdas pós-colheita de banana Pacovan no mercado atacadista da Empasa de Campina Gande, PB*. *Tecnologia e Ciencia Agropecuaria*. Joao pessoa, v.4, n.3, p.33-42.
- Rosa Dias. (2017). *Secagem solar com técnica para reduzir as perdas pós-colheitas dos pequenos produtores: Construção de um secador solar indirecto a partir de materiais reutilizados*. (I. S. Dissertação. Universidade de Lisboa, Ed.) Portugal. DOI: Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.5/14842>

- Ruiz-Capillas, C., & Herrero, A. M. (2021). *Sensory analysis and consumer research in new product development*. *Foods*, 10(3), 582. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/3/582#:~:text=Sensory%20analysis%20examines%20the%20properties,and%20application%20to%20ensure%20final>
- Salehi, F. (2020). *Recent Applications and Potential of Infrared Dryer Systems for Drying Various Agricultural Products: Int. J. Fruit Sci. 20 A Review*.(3), 586–602. DOI: 10.1080/15538362.2019.1616243.
- Santana, A. B., da Silva, E. G., Rigo, L., de Oliveira, M. P., Loss, R. A., Guedes, S. F., & Geraldi, C. A. Q. (2021). *Técnicas de secagem de frutas: uma revisão* (Scientific Electronic Archives, 14(10). ed.).
- Sawant (2013). *Imobilização de lipase de Candida Antarctica do tipo B em nanopartículas magnéticas visando a aplicação na síntese de ésteres*.
- Scanlin, D. (1997). *Indirect, through-pass, solar food dryer*. *Home Power*.
- Sousa, P. H. M. Nassu R. T, Filho, M. M. S, Mai, G. A. Figueredo, R. W. e Neto M. A. S., (2005). *Obtenção de Banana Desidratada Osmoticamente Seguida de Secagem em Estuf*. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/426395/1/Ct108.pdf#:~:text=As%20ind%C3%BAstrias%20nacionais%2C%20a%20maioria,fatores%20a%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20refugos>
- Souza, T.S.B. (2017). *Avaliação de modelos matemáticos na cinética de secagem de resíduos de abacaxi, acerola e laranja*. Monografia. Química Industrial. Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia. Campina Grande-PB. pp. 30. Disponível em: <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/123456789/15485>.
- Suherman, S., Hadiyanto, H., Asy-Syaqiq, M. A., Brastayudha, A. A., & Fahrudin, M. W. (2024). *Drying banana slices using photovoltaic ventilation solar dryer*. *Food Res*, 8, 90-102.
- Takougnadi, Essohouna e Boroze, Tchamye Tcha-Esso e Azouma, Ouézou Yaovi, (2018) *Efeitos das Condições de Secagem no Consumo de Energia e na Qualidade Nutricional e Organoléptica de Bananas Desidratadas (17 de outubro)*. Revista de Engenharia de

Alimentos Volume 268, março de 2020, 109747, Disponível em SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3268955> ou <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3268955>

Udensi, N. K., Onyenwoke, C. A., Onu, O. O., Umunna, M. F., Austine, C., & Eke, A. B. (2017, August). *Design and development of a passive solar dryer primed with solar cell*. In Proceedings of 18 th International Conference and 38 th annual general meeting of the Nigeria Institution of Agricultural Engineering (NIAE), Umudike, 1st–4th Aug.

Von Loesecke, H. W. (1950). *Bananas*.

WFP. (2022). *A bag of food and hope*. Doi: <https://www.wfp.org/stories/bag-food-and-hope>

7. APÊNDICES

Apêndice 1: Teste de aceitação da análise sensorial

Ficha de avaliação de AROMA

Copo 1- Bandeja;

Copo 2- Secador solar;

Copo 3- Estufa

Provador n

Sistema	Pontos								
Bandeja	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Secador solar									
Estufa									

Ficha de avaliação de COR

Copo 1- Bandeja;

Copo 2- Secador solar;

Copo 3- Estufa

Provador n

Sistema	Pontos								
Bandeja	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Secador solar									
Estufa									

Ficha de avaliação de FIRMEZA

Copo 1- Bandeja;

Copo 2- Secador solar;

Copo 3- Estufa

Provador n

I. AROMA

Pergunta	Resposta
1.Fraca- Sem aroma ao aproximar a fatia no nariz	R: 1→3
2.Media- Com aroma ao aproximar a fatia no nariz	R:2→6
3.Forte- Com aroma sem aproximar a fatia no nariz	R:3→9

II. COR

1. Amarela clara	R: 1→9
2. Amarela media	R: 2→6
3. Amarela escura	R:3→3

III.FIRMEZA

1. Pouco firme- Sensação de desmanchar na boca	R:1→3
	R:2→9
2. Firme- Algo resistente na boca	R: 3→6
3. Muito firme- Resistente a mordida	

IV.SABOR

	R:2→6
1.Fraca- Sem sabor ao degustar	R:3→9
2. Media- Com sabor ao degustar	R: 1→3
3. Forte- Com sabor intenso ao degustar	

Apêndice 2: Eficiência dos Sistemas de Secagem

Quadro da análise de variância

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	2	21.96	10.98	0.03374	0.96704
Resíduo	5	1626.96	325.39		
Total	7	1648.91			

CV = 80.75 %

De acordo com o teste F, as médias não podem ser consideradas diferentes.

Níveis	Médias
1 Bandeja	22.52333
2 Estufa	24.78500
3 Secador	20.52333

Fonte: Autora (2025)

8. ANEXOS

<i>Laboratório de Química</i>	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO (POP_LQ_XX)	Versão 00
	Proteína	02-06-2023
	Método de Determinação – Biureto Lípidos (Gordura) Método de Determinação – Extração directa em Soxhlet	<i>Página 55 de 73</i>

2. Objectivo

Estabelecer um procedimento para a determinação de Lípidos em amostras de alimentos.

3. Campo de Aplicação

Este procedimento é aplicável para a determinação de Lípidos em: ✦ Amostras de alimentos de origem animal e vegetal.

4. Documentos Relacionados

Preparação de amostras

5. Termos e Definições

Para este procedimento são aplicáveis os seguintes termos e definições:

6. Equipamentos e Consumíveis

- Aparelho extractor de Soxhlet;
- Balança analítica;
- Estufa;
- Cartucho de Soxhlet ou papel de filtro de 12cm de diâmetro;
- Balão de fundo chato de 250 a 300mL com boca esmerilhada;

7. Responsabilidades

Técnicos de Laboratório:

- Executar conforme o procedimento

- Lã desengordurada ou algodão;
- Espátula;
- Dessecador com sílica gel;
- Éter.

8. Descrição do Procedimento

8.1 Princípio geral

A determinação de lípidos em alimentos é feita, na maioria dos casos, pela extração com solventes, por exemplo, éter. Quase sempre se torna mais simples fazer uma extração contínua em aparelho do tipo Soxhlet, seguida da remoção por evaporação ou destilação do solvente empregado. O resíduo obtido não é constituído unicamente por lipídios, mas por todos os compostos que, nas condições da determinação, possam ser extraídos pelo solvente. Estes conjuntos incluem os ácidos graxos livres, ésteres de ácidos graxos, as lecitinas, as ceras, os carotenoides, a clorofila e outros pigmentos, além dos esteróis, fosfatídios, vitaminas A e D, óleos essenciais etc., mas em quantidades relativamente pequenas, que não chegam a representar uma diferença significativa na determinação. Nos produtos em que estas concentrações se tornam maiores, a determinação terá a denominação mais adequada de extrato etéreo. Uma extração completa se torna difícil em produtos contendo alta proporção de açúcares, de proteínas e umidade

8.2 Procedimento Técnico

- Pesar 2 a 5 g da amostra em cartucho de Soxhlet ou em papel de filtro e amarrar com fio de lã previamente desengordurado;
- No caso de amostras líquidas, pipetar o volume desejado, esgotar em uma porção de algodão sobre um papel de filtro duplo e colocar para secar em uma estufa a 105°C por uma hora;
- Transferir o cartucho ou o papel de filtro amarrado para o aparelho extrator tipo Soxhlet.
- Acoplar o extrator ao balão de fundo chato previamente tarado a 105°C;
- Adicionar éter em quantidade suficiente para um Soxhlet e meio;
- Manter, sob aquecimento em chapa elétrica, à extração contínua por 8 (quatro a cinco gotas por segundo) ou 16 horas (duas a três gotas por segundo);
- Retirar o cartucho ou o papel de filtro amarrado;
- Destilar o éter e transferir o balão com o resíduo extraído para uma estufa a 105°C, mantendo por cerca de uma hora;
- Resfriar em dessecador até a temperatura ambiente;

☐ Pesar e repetir as operações de aquecimento por 30 minutos na estufa e resfriamento até peso constante (no máximo 2 h).

Nb: No caso de produtos contendo alta proporção de carboidratos, pesar a amostra sob papel de filtro e lavar com cinco porções de 20 mL de água. Colocar em estufa a 105°C por uma hora para secagem e proceder a extração conforme acima descrito.

8.3.3 Expressão dos resultados

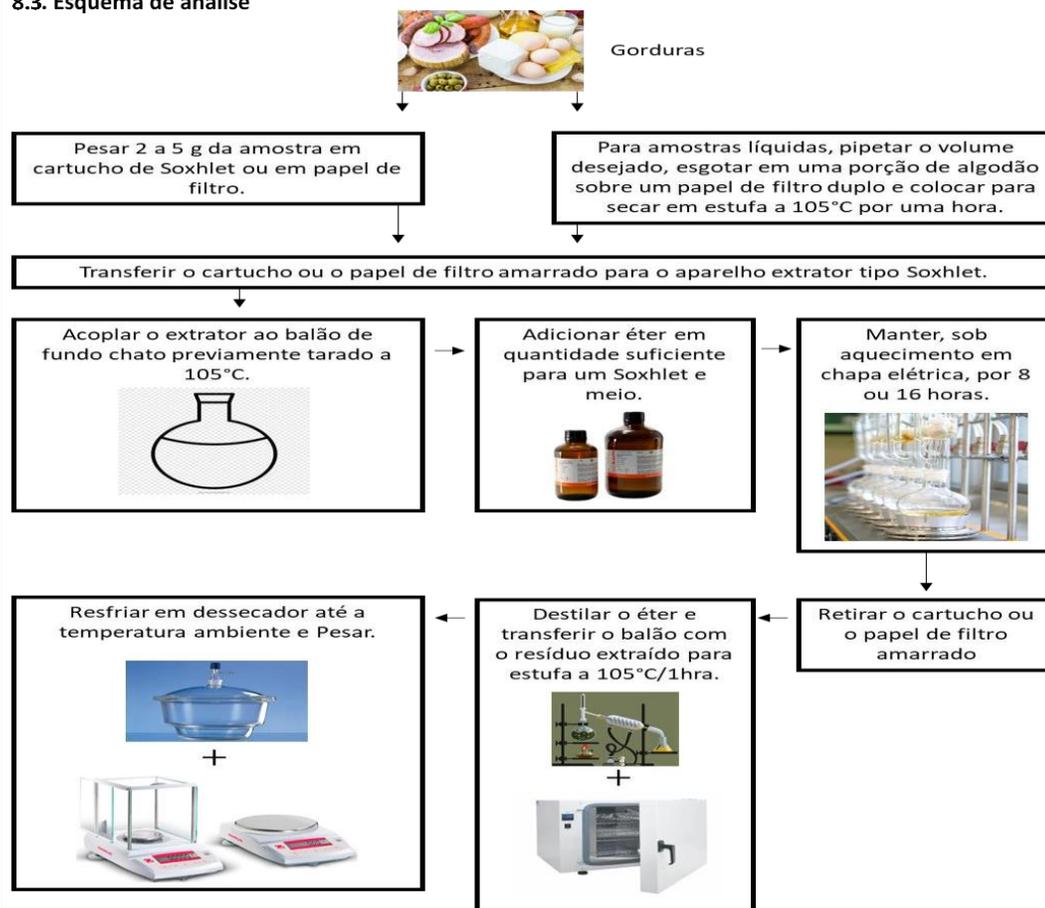
$$\text{Extrato Etereo} = \frac{100 \times N}{P}$$

Onde:

N – n° de gramas de lípidos (calculado por diferença do peso final e inicial do cartucho ou papel de filtro);

P – n° de gramas da amostra.

8.3. Esquema de análise



9. Documentos de Referência

☐ INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 4. ed. São Paulo: IMESP, 2008.

☐ ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the

<i>Laboratório de Química</i>	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO (POP_LQ_XX)	Versão 00
	Determinação de Carbohidratos	06-04-2023
		Página 1 de 2

1. Introdução

2. Objectivo

Estabelecer um procedimento para a determinação de Carbohidratos.

3. Campo de Aplicação

Este procedimento é aplicável para a determinação de Carbohidratos em: ➔ Alimentos.

4. Documentos Relacionados

5. Termos e Definições

Para este procedimento são aplicáveis os seguintes termos e definições:

6. Responsabilidades

Técnicos de Laboratório:

- Executar conforme o procedimento
- Compilar os resultados no sistema

Responsável do Departamento:

- Supervisionar a análise em curso
- Avaliar os resultados obtidos
- Validar os resultados obtidos

Gestor de Qualidade:

- Garantir que os boletins dos resultados que serão emitidos aos clientes são exatos

8. Descrição do Procedimento

8.1 Princípio geral

A fração glicídica é calculada por diferença, 100g do alimento menos a soma total dos valores encontrados para humidade, proteína, lípidos e cinzas.

8.2 Expressão dos resultados

$$\text{Carbohidratos} = 100 - (\text{Humidade} + \text{proteína} + \text{gordura} + \text{cinzas})$$

