UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu

FCA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
UNESP | BOTUCATU

LUCAS FELIPE DOS OUROS

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHAS E AGUARDENTE A PARTIR DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS DE DIFERENTES CULTIVARES DE BANANEIRAS

Botucatu

2025

LUCAS FELIPE DOS OUROS

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHAS E AGUARDENTE A PARTIR DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS DE DIFERENTES CULTIVARES DE BANANEIRAS

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título Doutor em Engenharia Agrícola

Orientador: Magali Leonel

Botucatu

2025

O93p

Ouros, Lucas Felipe dos
Produção e caracterização de farinhas e aguardente a partir de resíduos agrícolas de diferentes cultivares de bananeiras / Lucas Felipe dos Ouros. -- Botucatu, 2025
132 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu
Orientadora: Magali Leonel

1. Subprodutos. 2. Banana. 3. Bebidas destiladas. 4. Farinhas. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHAS E AGUARDENTE A PARTIR DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS DE DIFERENTES CULTIVARES DE BANANEIRAS

AUTOR: LUCAS FELIPE DOS OUROS
ORIENTADORA: MAGALI LEONEL

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Engenharia Agrícola, pela Comissão Examinadora:

Dr.ª MAGALI LEONEL (Participaçao Presencial)
Centro de Raizes e Amidos Tropicais / Universidade Estadual Paulista UNESP

Dr. HEBERT TEIXEIRA CÂNDIDO (Participaçao Virtual)

Prof.ª Dr.ª THAÍS PAES RODRIGUES DOS SANTOS (Participaçao Virtual)
Associação Educacional do Vale da Jurumirim

Prof.ª Dr.ª PRICILA VEIGA DOS SANTOS (Participaçao Presencial)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu - UNESP

Prof. Dr. RICARDO FIGUEIRA (Participaçao Presencial)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu - UNESP

Botucatu, 27 de maio de 2025

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a minha orientadora, Profª. Magali Leonel, pela orientação segura, pela paciência e pelo exemplo de rigor científico. Sua dedicação foi essencial para a realização deste trabalho e para minha formação como pesquisador.

Aos membros do grupo de pesquisa Hebert Teixeira Cândido, Paulo Ricardo Rodrigues de Jesus, Nicholas Zanette Molha e Vinícius Martins Domiciano, agradeço pelas discussões enriquecedoras, pela troca de ideias e pelo companheirismo ao longo desses anos.

A minha mãe, Rita de Cássia Sagrillo Pereira dos Santos, minha gratidão eterna pelo amor incondicional, pelo incentivo à educação e por sempre acreditaremem em mim.

Aos meus irmãos Caio Cesar dos Ouros, Luis Fernando Cubero e Daniel Fernando Cubero, além dos demais familiares, obrigado pelo apoio constante e por celebrarem cada pequena vitória comigo.

A minha companheira, Natalia Akemi Kohori, merece um agradecimento especial. Natalia, seu amor constante e sua compreensão nos momentos mais difíceis foram verdadeiros alicerces para que eu pudesse seguir firme nessa jornada. Sua companhia foi onde encontrei conforto, força e inspiração para não desistir. Agradeço por compartilhar sonhos e desafios, e por ser essa parceira incrível que tornou essa caminhada mais leve e significativa. Nada disso teria sido possível sem você.

Agradeço ao Centro de Raízes e Amidos Tropicais (CERAT) por toda infraestrutura que possibilitou esse estudo e por todos esses anos de parceria em pesquisa, onde pude aprender muito com todos os alunos e funcionarios com quem tive o privilégio de conviver.

Agradeço ao Departamento de Horticultura e ao Laboratório de Bebidas, pela disponibilização da infraestrutura com a qual auxiliou neste estudo. Agradeço especialmente ao Dr. Ricardo Figueira e a Profª. Pricila Veiga dos Santos por toda ajuda intelectual que me auxiliaram durante toda minha tragetória dentro da universidade.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – CAPES – Código de financiamento 001.

RESUMO

Este trabalho aborda a valorização de subprodutos da bananicultura como estratégia para fomentar a economia circular e o desenvolvimento sustentável. A produção de bananas, uma das mais significativas no cenário agrícola mundial, gera grandes volumes de resíduos, como folhas, pseudocaule, cascas e inflorescência, os quais representam até 79% da planta. Entre esses, a inflorescência destaca-se pelo seu potencial nutricional, sendo utilizada na produção de farinha com aplicações alimentícias. Foram desenvolvidas farinhas mistas sem glúten, combinando farinha de banana verde com farinha da parte apical da inflorescência, resultando em produtos com elevado valor nutricional e boas propriedades tecnológicas. Adicionalmente, avaliou-se a produção de aguardente a partir de diferentes cultivares de banana, visando o aproveitamento de perdas pós-colheita e a diversificação da cadeia produtiva. Os destilados obtidos apresentaram baixa acidez e perfis sensoriais diferenciados. Os resultados evidenciam que o aproveitamento integral da bananeira contribui para a geração de novos produtos alimentícios e bebidas, redução de impactos ambientais e fortalecimento econômico das regiões produtoras, em consonância com os princípios da sustentabilidade e da inovação na agricultura.

Palavras-chave: *Musa* sp; subproduto; processamento; economia circular.

ABSTRACT

This study addresses the valorization of banana cultivation by-products as a strategy to promote the circular economy and sustainable development. Banana production, one of the most significant in the global agricultural context, generates large volumes of residues such as leaves, pseudostems, peels, and inflorescences, which can represent up to 79% of the plant. Among these, the inflorescence stands out due to its nutritional potential and is used in flour production for food applications. Gluten-free mixed flours were developed by combining green banana flour with flour from the apical part of the inflorescence, resulting in products with high nutritional value and good technological properties. Additionally, the production of spirits from different banana cultivars was evaluated, aiming to utilize post-harvest losses and diversify the production chain. The obtained distillates exhibited low acidity and distinct sensory profiles. The results demonstrate that the integral use of the banana plant contributes to the generation of new food products and beverages, reduction of environmental impacts, and economic strengthening of producing regions, in accordance with the principles of sustainability and innovation in agriculture.

Keywords*: Musa* sp; by-product; processing; circular economy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 1 - APROVEITAMENTO DE SUBPRODUTOS DA CULTURA DA BANANEIRA PARA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS, BEBIDAS ALCOÓLICAS E ETANOL 22

Figura 1 -Produção de toneladas de banana produzidas em cada região. A) Produção dos 10 países com maior produção de banana do mundo. B) Produção dos 10 estados brasileiros com a maior produção de banana do país 31

Figura 2 -Diferentes frações da bananeira e sua contribuição para o peso total da planta 32

Figura 3 -Fluxograma da produção de licor de banana 42

Figura 4 -Fluxograma da produção de fermentado de banana 44

Figura 5 -Fluxograma da produção de cerveja com adjunto de banana 46

CAPÍTULO 2 - PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHAS DA INFLORESCÊNCIA DE BANANEIRAS 62

Figura 1 -Inflorescência da bananeira e suas frações 67

Figura 2 -Distribuição percentual de massa fresca das partes das inflorescências das bananeiras 74

Figura 3 -Conteúdo de minerais da farinha em função da cultivar de banana e da parte da inflorescência 78

Figura 4 -Biplot de componentes principais 84

CAPÍTULO 3 - PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE AGUARDENTE DE BANANA DE CINCO NOVAS CULTIVARES 91

Figura 1 -Diagrama geral do experimento ……..… 95

Figura 2 -Regressão linear da composição centesimal 98

Figura 3 -Regressão linear das caracteristicas de absorção e solubilidade me agua 100

Figura 4 -Regressão linear das caracteristicas de cor 101

CAPÍTULO 4 -PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE AGUARDENTE DE BANANA DE CINCO NOVAS CULTIVARES 106

Figura 1 -Acompanhamento da fermentação das cultivares Prata-Anã, SCS451 Catarina, BRS FHIA Maravilha, BRS Pacoua e BRS Vitória 118

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 - APROVEITAMENTO DE SUBPRODUTOS DA CULTURA DA BANANEIRA PARA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS, BEBIDAS ALCOÓLICAS E ETANOL 22

Tabela 1 - Composição centesimal de subprodutos da bananeira.. 33

Tabela 2 - Concentração de celulose, hemicelulose e lignina presente nas cascas de banana 37

Tabela 3 - Concentração de celulose, hemicelulose e lignina presente no pseudocaule da bananeira 39

Tabela 4 - Compostos bioativos em diferentes partes da bananeira 48

Tabela 5 - Rendimento de produção de bioetanol a partir de diferentes biomassas de banana 50

Tabela 6 - possível utilização de frações da bananeira 51

CAPÍTULO 2 - PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHAS DA INFLORESCÊNCIA DE BANANEIRAS 62

Tabela 1 - Características das cultivares de banana 66

Tabela 2 - Medias dos pesos frescos em gramas das inflorescências sem o raqui e de suas frações nas diferentes cultivares de bananeira 73

Tabela 3 - Composição centesimal das farinhas de Brácteas obtidas das diferentes cultivares 75

Tabela 4 - Parâmetros de cor da farinha de diferentes partes da inflorescência de cultivares de bananeira 81

Tabela 5 - Capacidade de retenção de água das farinhas de inflorescência de bananeira 82

CAPÍTULO 1 - FARINHAS MISTAS DE BANANA VERDE E PARTE APICAL DA INFLORESCÊNCIA DA BANANEIRA: CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E

TECNOLÓGICAS 91

Tabela 1 -Composição das farinhas de polpa de banana associadas com a farinha da parte apical da Inflorescência da bananeira 97

Tabela 2 -Índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA) de farinhas de banana e farinhas mistas 100

Tabela 3 -Análise de cor de farinhas mistas de banana 101

CAPÍTULO 1 -CAPÍTULO 4 - PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE AGUARDENTE DE BANANA DE CINCO NOVAS CULTIVARES 106

Tabela 1 -Concentrações permitidas para aguardentes pelo MAPA 109

Tabela 2 -Pré-testes realizados para otimização do padrão fermentativo de mosto de banana 111

Tabela 3 -Teor alcoólico final dos vinhos (pré teste) 115

Tabela 4 -Acompanhamento de fermentação sob diferentes condições 116

Tabela 5 -Teor de sólidos solúveis (°Brix) dos mostos de diferentes cultivares de banana 117

Tabela 6 -Teor alcoólico obtido na primeira etapa de destilação ... 119

Tabela 7 -Teor alcoólico obtido na segunda etapa de destilação .. 120

Tabela 8 -Parâmetros físico-químicos de aguardente produzida a partir de diferentes cultivares de banana 121

Tabela 9 -Parâmetros cromatográficos de aguardente produzida a partir de diferentes cultivares de banana 123

Tabela 10 -Comparação dos parâmetros cromatográficos de aguardente de banana 124

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO GERAL	**19**
	CAPÍTULO 1 - APROVEITAMENTO DE SUBPRODUTOS DA CULTURA DA BANANEIRA PARA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS, BEBIDAS ALCOÓLICAS E ETANOL	**22**
	Resumo	**22**
	Abstract	**23**
1.1	**INTRODUÇÃO**	**24**
1.2	**REVISÃO DE LITERATURA**	**26**
1.2.1	**Economia Circular**	**26**
1.2.2	**Cultivares de bananeira**	**28**
1.2.3	**Produções mundial e nacional de bananas**	**30**
1.2.4	**Aproveitamento de diferentes partes da bananeira**	**32**
1.2.4.1	**Polpa do fruto da bananeira**	**35**
1.2.4.2	**Casca do fruto da bananeira**	**36**
1.2.4.3	**Inflorescência da bananeira**	**38**
1.2.4.4	**Pseudocaule da bananeira**	**38**
1.2.4.5	**Folha da bananeira**	**40**
1.2.5	**Bebidas de banana**	**41**
1.2.5.1	**Licor de banana**	**41**
1.2.5.2	**Aguardente de banana**	**42**
1.2.5.3	**Cerveja de banana**	**44**
1.2.6	**Compostos de alto valor agregado da bananeira**	**47**
1.2.7	**Rendimento de frações da bananeira para produção de bioetanol**	**50**
1.2.8	**Possíveis utilizações das frações da bananeira**	**51**

1.3 Conclusões e prospecções futuras 51

REFERÊNCIAS 53

CAPÍTULO 2 - PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHAS DA INFLORESCÊNCIA DE BANANEIRAS 62

Resumo 62

Abstract 63

2.1 INTRODUÇÃO 63

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS 65

2.2.1 Área experimental 65

2.2.2 Colheita das inflorescências 67

2.2.3 Produção e analise das farinhas 68

2.2.4 Composição centesimal das farinhas das frações da inflorescência de bananeiras 68

2.2.4.1 Umidade 68

2.2.4.2 Cinzas 68

2.2.4.3 Lipídeos 69

2.2.4.4 Proteínas 69

2.2.4.5 Fibras 70

2.2.5 Cor da farinha 71

2.2.6 Capacidade de retenção de água 71

2.2.7 Analise dos minerais 72

2.2.8 Analise dos dados 72

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 72

2.3.1 Massas das frações da inflorescência e rendimento 72

2.3.2 Composição centesimal das farinhas das frações das inflorescências de bananeiras 74

2.3.3 Propriedades de cores das farinhas de Inflorescências da bananeira …..... 80
2.3.4 Propriedades de absorção e solubilidade em água de Inflorescências da bananeira 82
2.3.5 Análise dos componentes principais (PCA) ……..…..... 83
2.4 CONCLUSÕES 84
REFERÊNCIAS 86
CAPÍTULO 3 - FARINHAS MISTAS DE BANANA VERDE E PARTE APICAL DA INFLORESCÊNCIA DA BANANEIRA: CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E TECNOLÓGICAS 91
Resumo 91
Abstract 92
3.1 INTRODUÇÃO 92
3.2 MATERIAIS E MÉTODOS 94
3.2.1 Descrição do local e do material vegetal 94
3.2.2 Preparo das farinhas 94
3.2.3 Analises das farinhas 95
3.2.3.1 Caracterização físico-química das farinhas 95
3.2.3.2 Analise de absorção de água e solubilidade em água 96
3.2.3.3 Análise de cor 96
3.2.4 Análise dos dados 97
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 97
3.3.1 Caracterização físico-química das farinhas 97
3.3.2 Índice de absorção e solubilidade em água 99
3.3.3 Cor 100
3.4 CONCLUSÕES 102

REFERÊNCIAS 103

CAPÍTULO 4 - PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE AGUARDENTE DE BANANA DE CINCO NOVAS CULTIVARES 106

Resumo 106

Abstract 107

4.1 INTRODUÇÃO 107

4.2 MATERIAIS E MÉTODOS 109

4.2.1 Bananal 109

4.2.2 Bananas 110

4.2.3 Teste preliminar para a avaliação das condições de fermentação 110

4.2.4 Produção de aguardentes das diferentes cultivares de banana 111

4.2.5 Análises na aguardente de banana 113

4.2.6 Análise dos dados 113

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 114

4.3.1 Definição das condições de fermentação 114

4.3.2 Processo fermentativo dos mostos obtidos pelo processamento das cinco cultivares de bananeira 117

4.3.3 Destilados obtidos pelo processamento das cinco cultivares de bananeira 118

4.3.4 Análise das aguardentes de banana 121

4.4 CONCLUSÕES 124

REFERÊNCIAS 126

CONSIDERAÇÕES FINAIS 129

REFERÊNCIAS 131

INTRODUÇÃO GERAL

A economia circular é amplamente reconhecida como um motor para o crescimento econômico, com a capacidade de gerar empregos, incentivar novos empreendimentos, fortalecer as cadeias de suprimento e, ao mesmo tempo, reduzir custos, resíduos e impactos ambientais (De Pascale *et al.,* 2023). A transição para uma economia circular surge como uma solução eficaz para os desafios associados ao uso de materiais e energia. Conhecidos por seu potencial de promover a sustentabilidade, os princípios da economia circular têm atraído a atenção de países, governos, academia e da sociedade em geral. O avanço em direção à economia circular oferece uma série de benefícios, como maior segurança dos recursos, redução dos impactos ambientais, crescimento econômico, oportunidades de inovação, promoção de práticas de consumo sustentável e geração de empregos (Ren; Albrecht, 2023).

A banana é uma das frutas mais cultivadas globalmente, especialmente em regiões tropicais. A Índia lidera a produção mundial com 34,528 milhões de toneladas, seguida pela China com 11,776 milhões de toneladas. Em terceiro lugar está a Indonésia, com uma produção de 9,245 milhões de toneladas, seguida pela Nigéria com 8,019 milhões e o Brasil com 6,854 milhões de toneladas. Juntas, essas cinco principais nações representam mais de 60% da produção global de bananas, totalizando 70,422 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2022).

O Brasil ocupa a quinta posição entre os maiores produtores mundiais de banana, com a maior parte da produção proveniente dos cultivares Prata e Pacovan. Esses cultivares incluem os subgrupos: triploide AAB (Prata, Pacovan e Branca), triploide AAA Cavendish (Nanica, Nanicão, Grande Naine e Terra) e triploide AAB (Maçã) (Scarpare Filho *et al*., 2016). Dentre os estados brasileiros São Paulo é o maior produtor de bananas, alcançando 991,8 mil toneladas. Minas Gerais ocupa o segundo lugar com 841,6 mil toneladas, seguido pela Bahia com 830,6 mil toneladas e Santa Catarina com 722,8 mil toneladas. No estado de São Paulo, a região do Vale do Ribeira é a principal produtora de bananas (IBGE, 2022).

Atualmente, novas cultivares de banana estão sendo introduzidas e estudadas em várias regiões do Brasil devido ao grande potencial agrícola de diversos genótipos selecionados pelos programas de melhoramento genético e bancos de germoplasma. No entanto, muitos desses genótipos não atendem ao perfil do consumidor brasileiro para o mercado de frutas frescas. Portanto, é crucial examiná-los também como possíveis matérias-primas para a indústria (Napoleão; Jesus; Leonel, 2021; Gasparotto; Pereira; Muniz, 2024; Silva *et al*., 2024).

A banana, sendo um fruto climatérico que produz grandes quantidades de etileno, é especialmente suscetível à deterioração até o momento do consumo. As perdas pós-colheita de bananas podem chegar a um terço da produção devido a falhas no cultivo, colheita, armazenamento pós-colheita e transporte (Al-Dairi *et al*., 2022, 2023).

Embora o fruto da bananeira represente apenas 21% da planta, o restante, 79%, possui diversas possíveis aplicações que podem aumentar o lucro dos produtores. A planta de banana é composta por 13,43% de folhas, 3,16% de raque, 0,79% de inflorescência e 61,62% de pseudocaule (Fiallos-Cárdenas; Pérez-Martínez; Ramirez, 2022).

Globalmente, são produzidos cerca de 114,08 milhões de toneladas métricas de resíduos de banana, o que causa problemas ambientais, como a emissão excessiva de gases de efeito estufa. Além dos frutos que não atendem aos padrões, a produção de uma tonelada de banana destinada ao processamento industrial gera aproximadamente três a quatro toneladas de resíduos sólidos, incluindo folhas, pseudocaule, engaço, inflorescência e cascas (Alzate Acevedo *et al.*, 2021).

Entre esses subprodutos, a inflorescência é um dos menos utilizados, mas é classificada como uma Planta Alimentícia Não Convencional (PANC) devido à sua composição nutricional, que inclui proteínas, fibras alimentares, vitaminas, flavonoides (especialmente quercetina), tanino e β-tocoferol (Lau *et al*., 2020; Suprayitno *et al*., 2022).

Outros subprodutos, como o pseudocaule, o raque e as folhas, são fontes de lignocelulose que podem ser exploradas para a produção de celulose, nanocelulose, etanol de segunda geração ou para extração de compostos de interesse em biorrefinarias (Alzate Acevedo *et al*., 2021; Choudhury; Nickhil; Deka, 2023; Khan *et al.*, 2024).

O uso da banana como matéria-prima para o desenvolvimento de bebidas tem

sido pesquisado por diversos estudiosos. Alguns estudos investigam a utilização da fruta e de seus resíduos agrícolas na produção de bebidas alcoólicas, como aguardente, cerveja e licor (Jesus Filho *et al*., 2017; Alvarenga *et al*., 2011; Pauline *et al.*, 2017).

Além das aplicações alimentícias, partes da planta, como o pseudocaule da bananeira, também podem ser usadas para a extração de fibras para a indústria têxtil, oferecendo uma solução eficaz para o manejo dos resíduos de pseudocaule e contribuindo para a redução da pegada de carbono e água associada ao cultivo de algodão (Hossain; Begum, 2017).

Diante da importância econômica e social da bananicultura globalmente, este trabalho visa compilar informações sobre as potencialidades dos resíduos agrícolas da bananicultura como matérias-primas para as indústrias alimentícias e não alimentícias, além de aprofundar os estudos com o aproveitamento de inflorescencia da bananeira para produção de farinhas e também avaliar a viabilidade da utilização de polpa de banana, de novos cultivares, para a produção de aguardente com o objetivo de promover o avanço da economia circular na cultura da bananeira e contribuir para a agregação de valor à cadeia produtiva, alinhada aos princípios do desenvolvimento sustentável.

CAPÍTULO 1
APROVEITAMENTO DE SUBPRODUTOS DA CULTURA DA BANANEIRA PARA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS, BEBIDAS ALCOÓLICAS E ETANOL

Resumo

A economia circular, reconhecida por impulsionar o crescimento econômico e promover a sustentabilidade, busca reduzir custos, resíduos e impactos ambientais. Esta abordagem é particularmente relevante para a indústria da banana, que é uma das frutas mais produzidas mundialmente. Os maiores produtores são Índia, China, Indonésia, Nigéria, Equador e Brasil, com São Paulo liderando a produção no brasileira. A produção de bananas gera grandes quantidades de resíduos sólidos, incluindo folhas, pseudocaule, cascas de banana, raque e inflorescência, que representam até 79% da planta. Estas frações da planta são frequentemente descartadas, mas possuem potencial para diversas aplicações. Essa revisão tem por objetivo demonstrar a contribuição da valorização dos subprodutos da produção e processamento de bananas como matérias-primas para as indústrias alimentícias e não alimentícias em vista do desenvolvimento sustentável e de uma economia circular, objetivando contribuir para avanços na economia das principais regiões produtoras de bananas. Observou-se que a utilização desses subprodutos na indústria de bebidas e alimentos, além do aproveitamento das fibras para indústrias alimentícias e não-alimentícias pode adicionar valor econômico à cadeia produtiva da banana e contribuir para uma economia circular sustentável. O gerenciamento dos subprodutos da bananicultura e da indústria de processamento dos frutos pode levar à criação de novos produtos e fontes de renda para os produtores e agroindústrias, ao mesmo tempo em que promove práticas mais ecológicas e reduz os impactos ambientais. Assim, a exploração dos subprodutos da bananicultura é importante para o desenvolvimento sustentável e a inovação na indústria.

Palavras-chave: *Musa* sp; subproduto; processamento; economia circular.

Abstract

The circular economy, recognized for boosting economic growth and promoting sustainability, seeks to reduce costs, waste and environmental impacts. This approach is particularly relevant to the banana industry, which is one of the world's most produced fruits. The largest producers are India, China, Indonesia, Nigeria, Ecuador and Brazil, with São Paulo leading production in Brazil. Banana production generates large quantities of solid waste, including leaves, pseudostem, banana peels, rachis and inflorescence, which represent up to 79% of the plant. These fractions of the plant are often discarded, but have the potential for various applications. The aim of this review is to demonstrate the contribution of using by-products from the production and processing of bananas as raw materials for the food and non-food industries with a view to sustainable development and a circular economy, with the aim of contributing to advances in the economy of the main banana-producing regions. It was observed that the use of these by-products in the beverage and food industry, as well as the use of fibers for food and non-food industries, can add economic value to the banana production chain and contribute to a sustainable circular economy. Managing the by-products of banana growing and the fruit processing industry can lead to the creation of new products and sources of income for producers and agro-industries, while at the same time promoting greener practices and reducing environmental impacts. Thus, the exploitation of banana by-products is important for sustainable development and innovation in the industry.

Keywords: Musa sp; by-product; processing; circular economy.

1.1 Introdução

A banana é uma das frutas mais produzidas do mundo, especialmente nas nações tropicais. A produção global é liderada pela Índia com 36,64 milhões de toneladas e a China está em segundo lugar com 11,702 milhões de toneladas. Em terceiro, com uma produção de 9,335 milhões de toneladas, está a Indonésia, seguida pela Nigéria com uma produção de 7,308 milhões de toneladas, Equador com 7,198 milhões de toneladas e Brasil com 6,825 milhões de toneladas. A soma desses seis maiores produtores de banana representa uma fração de mais de 60% de toda banana produzida no mundo totalizando mais de 79 milhões de toneladas de banana (FAOSTAT, 2025).

Ocupando a 6ª posição dentre os maiores produtores mundiais de banana, a distribuição por estados mostra São Paulo como o estado mais produtivo do país com 976,5 mil toneladas de banana no ano de 2022, o Vale do Ribeira se destacando como a maior região produtora de banana do estado. Em segundo lugar está a Bahia, com 862,6 mil toneladas, seguido por Minas Gerais, com 846,8 mil toneladas, e Santa Catarina, com 693,4 mil toneladas (IBGE, 2025).

Atualmente, novas cultivares de banana estão sendo introduzidas e estudadas em diversas regiões produtivas do Brasil, devido ao grande potencial agrícola de vários genótipos de banana escolhidos pelos programas de melhoramento genético e bancos de germoplasma. Porém, muitos desses genótipos não têm características que se encaixam no perfil do consumidor brasileiro para aceitação de frutos para o mercado fresco. Deste modo, é fundamental também examiná-los como possíveis matérias-primas industriais (Napoleão; Jesus; Leonel, 2021; Gasparotto; Pereira; Muniz, 2024; Silva *et al*., 2024).

A maior fração de toda a produção de banana no Brasil é obtida dos cultivares Prata e Pacovan. Dentro destes grupos estão os subgrupos: grupo triploide AAB com os subgrupos: Prata, Pacovan, Branca e Maçã; grupo triploide AAA Cavendish com os subgrupos: Nanica, Nanicão, Grande Naine e Terra (Scarpare Filho *et al*., 2016).

Devido ao fato de ser um fruto climatérico que produz altas concentrações de etileno, a banana é especialmente vulnerável à deterioração até chegar ao consumidor final. As perdas pós-colheita de bananas chegam a alcançar um terço da produção, o que ocorre devido às falhas no cultivo, colheita, armazenamento pós-colheita e transporte (Al-Dairi *et al*., 2022, 2023).

A bananeira tem muito potencial a ser aproveitado, seus frutos são

responsáveis por somente 21% da planta, ainda restando 79% da planta que pode apresentar diversas utilizações e diversos modos de aumentar o lucro dos produtores. Na planta de banana 13,43% são folhas, 3,16% a raque, 0,79%, a inflorescência de bananeira e 61,62% o pseudocaule (Fiallos-Cárdenas; Pérez-Martínez; Ramirez, 2022).

A nível mundial, são produzidas milhões de toneladas de subprodutos provindos do cultivo de banana, levando a problemas ambientais, como a emissão de gases de efeito estufa. Além dos frutos rejeitados por não atingirem padrão comercial, na produção de uma tonelada de banana destinada ao processamento industrial são gerados cerca de três a quatro toneladas de subprodutos sólidos, como folhas, pseudocaule, engaço, inflorescência e cascas (Alzate Acevedo *et al.*, 2021).

Dentre estes subprodutos, a inflorescência é um dos subprodutos menos utilizados, porém, é classificado como uma PANC (Planta Alimentícia Não Convencional), apresentando concentrações interessantes de proteínas, fibras totais, vitaminas, flavonoides (especialmente quercetina), tanino e β-tocoferol (Lau *et al*., 2020; Suprayitno *et al*., 2022).

Outros produtos como o pseudocaule, a raque, as folhas são fontes lignocelulósicas que podem ser exploradas tanto para a produção de celulose ou nanocelulose, como para a produção de etanol de segunda geração, ou até mesmo podem ser utilizados em biorrefinarias para extração de compostos de interesse (Alzate Acevedo *et al.,* 2021; Choudhury; Nickhil; Deka, 2023; Khan *et al*., 2024).

O uso da banana como matéria-prima para o desenvolvimento de bebidas tem sido investigado por diversos pesquisadores. Alguns estudos apontam para o uso dessa fruta e/ou seus subprodutos para a obtenção de bebidas alcoólicas como aguardente, cerveja, licor, entre outras (Jesus Filho *et al*., 2017; Alvarenga *et al*., 2011; Pauline *et al*., 2017).

Além das utilizações alimentícias, ainda é possível a utilização das partes da planta, como por exemplo, o pseudocaule da bananeira, para extração de fibras para indústria de vestuário oferecendo uma solução eficaz para o manejo dos resíduos dos pseudocaules de banana e também ajuda a diminuir a pegada de carbono e de água associadas ao cultivo de fibras de algodão (Hossain; Begum, 2017).

A economia circular, que possui como seus principais princípios: reduzir e eliminar a produção de resíduos; manter produtos e materiais em ciclo de utilização, garantir que os recursos utilizados sejam regenerados. É reconhecida como uma

alavanca para o crescimento econômico, com o potencial de criar empregos, estimular o surgimento de novos negócios, reforçar a segurança das cadeias de suprimento e, ao mesmo tempo, reduzir custos, resíduos e impactos ambientais (De Pascale *et al.,* 2023). A transição para uma economia circular apresenta uma solução convincente para os desafios associados à utilização de materiais e energia. Conhecidos por seu potencial de aumentar a sustentabilidade, os princípios da economia circular têm atraído significativa atenção de países, governos, academia e da sociedade em geral. No avanço em direção a economia circular são observados numerosos benefícios, incluindo maior segurança dos recursos, diminuição do impacto ambiental, crescimento econômico, oportunidades de inovação, promoção de comportamentos de consumo sustentáveis e criação de empregos (Ren; Albrecht, 2023).

Diante da importância econômica e social da bananicultura no mundo, este trabalho tem por objetivo compilar os dados sobre as potencialidades de usos dos subprodutos da bananicultura como matérias-primas para as indústrias alimentícias e não alimentícias, visando difundir conhecimentos para o incremento da economia circular na cultura da bananeira, contribuindo para agregação de valor à cadeia produtiva atrelado aos princípios do desenvolvimento sustentável.

1.2 Revisão de literatura

1.2.1 Economia Circular

A economia linear foi por muito tempo predominante, caracterizada pelo uso intenso e exaustivo dos recursos naturais do planeta. Por exemplo, na Revolução Industrial do século XVII, os avanços científicos e tecnológicos impulsionaram o uso descontrolado dos recursos, ignorando os limites ambientais e as consequências perigosas para a sociedade (Scheel, 2016).

Em contrapartida à economia linear, o conceito de economia circular tem se mostrado cada vez mais um caminho necessário a ser seguido, o que tem despertado o interesse dos diferentes segmentos da sociedade (Geissdoerfer *et al*., 2016). Deste modo, esse caminho se apresenta como uma possível solução, ou ao menos uma remediação, para os problemas relacionados à escassez de recursos e à sustentabilidade ambiental. Para alcançar esses objetivos, a economia circular depende de novos modelos de negócios e do engajamento de consumidores responsáveis (Kirchherr; Reike; Hekkert, 2017).

Recentemente, o conceito de circularidade se tornou um objetivo político, especialmente no contexto do aumento constante da escassez de recursos e das elevadas variações climáticas. A economia circular é considerada uma estratégia para otimizar o uso de materiais e energia (Sehnrm; Pereira, 2018). O termo "circular" descreve uma economia que não causa impactos negativos no meio ambiente. Em vez disso, ela tem como objetivo restaurar os danos causados pela exploração de recursos e garantir que a produção de resíduos ao longo do processo de produção seja mínima (Murray *et al.*, 2015).

A economia circular tem atraído atenção nos principais fóruns de governança global. No entanto, o Brasil ainda enfrenta desafios institucionais para promover a incorporação de princípios circulares nos novos modelos de negócios. Um dos principais obstáculos é a criação de instrumentos que possam atuar como alavancadores para a transformação produtiva e de consumo (Silva *et al.*, 2021).

A bananicultura é uma área que pode ter um grande avanço utilizando os conceitos de economia circular uma vez que anualmente são gerados como resíduo das indústrias cerca de 86 mil toneladas de cascas de bananas. De todas as bananas que são colhidas, apenas dois terços passam realmente para os consumidores, gerando enormes volumes descartados (Sanches *et al.*, 2004; Al-Dairi *et al.*, 2022, 2023).

As principais vendas do sector da banana provêm da venda de banana fresca, enquanto a taxa de transformação é inferior a 20%. Por conseguinte, a transformação da banana tem um excelente potencial de desenvolvimento devido à geração e utilização de resíduos de transformação em novas cadeias de produção. A tecnologia avançada de transformação é a força motriz para melhorar o valor agregado dos produtos de base e a taxa de utilização dos recursos das bananas (Alzate Acevedo *et al.*, 2021).

1.2.2 Cultivares de bananeira

A banana (*Musa spp*) é uma frutífera originária da família botânica *Musaceae* evidente na paisagem brasileira, com diferenciadas cultivares e que podem ser consumidas de diferentes formas (Fernadez, 2020). Sendo assim, ocorreu o cruzamento entre espécies silvestres *Musa acuminata* e *Musa balbisiana* dando origem à maioria das espécies domésticas (Dantas; Soares Filho, 1995).

As cultivares possuem combinações de genomas definidos pelas letras A e B,

assim A são para espécie *Musa Acuminata* e B para *Musa balbisiana* tendo combinações originando-se em grupos diploide (AA, BB e AB), triploides (AAA, AAB, ABB) e tetraploides (AAAA, AAAB, AABB, ABBB) (Figueiredo; Brioso, 2007; Martins, 2018).

As combinações dos grupos genômicos em bananeiras proporcionaram uma diversidade de variedades para essa fruta, podendo estas conter ou não sementes. As bananas comerciais são bananas que não possuem semente e se enquadram principalmente nos subgrupos: Prata (‘Prata’, ‘Pacovan’ e ‘Branca’), Cavendish (‘Nanica, ‘Nanicão’, ‘Grande naine’) e subgrupo ‘Maçã’. A maior parte de toda a produção de banana no Brasil é obtida das cultivares Prata e Pacovan (Scarpare Filho *et al*., 2016).

As bananeiras são cultivadas em climas tropicais, tendo seu desenvolvimento influenciado pelo clima, solo, nível de manejo e genótipo (Lorena, 2015). Seu fruto passa por quatro etapas de desenvolvimento, sendo eles o crescimento, maturação, amadurecimento e senescência. Tendo o crescimento com rápida divisão ou alongamento celular. A maturação é definida por mudanças químicas e físicas, atingindo sua qualidade sensorial. O amadurecimento ocorre pelo forte aumento da taxa respiratória e produção de etileno característica de frutos climatéricos, logo após ocorre um declive evidenciado apontando o início da senescência. A produção do etileno representa uma sinalização de forma rápida sobre as modificações, assim transformando a banana em um fruto para consumo (Vilas Boas *et al*., 2001).

A maioria dos produtores brasileiros, sejam eles pequenos, médios ou grandes, plantam cultivares do subgrupo Prata, Cavendish (“Nanica”, “Nanicão” e “Grand Naine”) e do subgrupo Maçã. No entanto, essas cultivares são altamente suscetíveis a alguma das principais doenças da cultura como sigatoka amarela (*Mycosphaerella musicola*, Leach), sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) e doença de Panamá *(Fusarium oxisporum f. sp. cubense*). Os danos causados por essas doenças podem resultar em perdas da colheita ou até mesmo do bananal, representando um impacto significativo na produção (Silva *et al.*, 2013). A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em busca de uma solução fitossanitária para esses problemas, selecionou novas cultivares de banana, as quais têm sido desenvolvidas por meio de melhoramento genético, visando viabilizar o uso comercial de híbridos de alta qualidade (Napoleão; Jesus; Leonel, 2021). A cultivar Prata-Anã, conhecida também como Prata de Santa Catarina, possui grande vigor,

sendo desnecessário o seu escoramento. Responsável por possuir plantas de 2,0 a 3,5 metros de comprimento e gerar frutos do subgrupo Prata. Essa cultivar apresenta grande tolerância a frio e uma tolerância mediana em relação aos nematoides, além disto, apresentam produtividade elevada quando mantidas sob irrigação, atingindo valores de 30- 35 T/ha/ciclo. Por possuir B em seu genoma (AAB), essa cultivar se sobressai com uma grande tolerância aos danos causados pelo frio (Damatto Junior *et al.* 2005).

A cultivar Prata Catarina, catalogada como SCS451 Catarina, é classificada como uma mutação natural proveniente do subgrupo Prata, originada a partir da cultivar Prata-Anã, selecionada em 1999 em Sombrio (SC). Apresenta vantagens em relação a bananas prata, sendo essas: cachos e frutos maiores, maior produção de cachos comerciais na primeira safra, presença de casca mais vistosa e maior tolerância ao mal-do-panamá. O sabor da polpa se assemelha ao da Prata-Anã, a qual é amplamente aceita e consumida no mercado nacional. Essa cultivar possui genoma AAB, sendo o B responsável por aumentar sua tolerância ao frio (Santos, 2014).

A cultivar Prata Vitória é classificada como uma híbrida tetraploide (AAAB) das cultivares Pacovan triploide (AAB) e o M-53 diploide (AA). Esta apresenta resistência a doenças como Mal do Panamá, Sigatoka-negra, Sigatoka-amarela e também a antracnose durante a pós-colheita, consequentemente esta cultivar permite frutos com maior vida útil. Além disso, apresenta um ótimo rendimento que pode chegar a 44/ha em condições satisfatórias (Napoleão; Jesus; Leonel, 2021).

No Brasil, a cultivar Galil 18 é majoritariamente encontrada no Vale do Ribeira em São Paulo, entretanto ainda são poucos os estudos sobre ela (Napoleão; Jesus; Leonel, 2021).

A Cultivar BRS Maravilha é classificada como uma híbrida tetraploide (AAAB) da cultivar Prata-Anã, entretanto esta apresenta resistência a doenças como Mal do Panamá e Sigatoka-negra. Entretanto, ainda são poucos os estudos sobre essa cultivar (Reis *et al*., 2016).

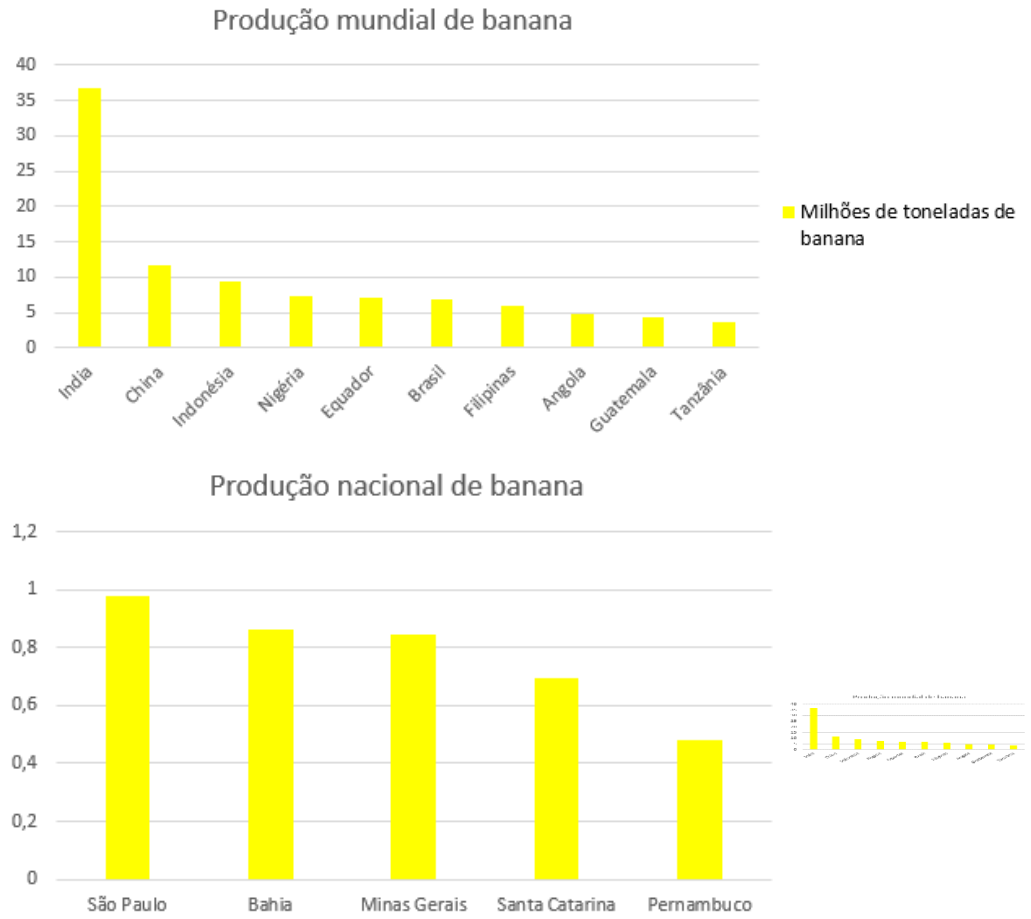
A cultivar BRS Pacoua foi liberada pela Embrapa em novembro de 2016, essa apresenta características favoráveis para produção no estado do Pará, sendo a cultivar Pacovan o parental feminino da BRS Pacoua. O cultivar apresenta resistência a doenças como a Sigatoka amarela, Fusariose e resistência moderada a Sigatoka Negra (Miranda *et al*., 2019).

1.2.3 Produções mundial e nacional de bananas

A banana é uma fruta produzida por todo o mundo, tendo maior volume de produção nos países tropicais. No ano de 2023 a Índia destacou-se como maior produtor mundial em 2022 com uma produção de 346,64 milhões de toneladas, seguida pela China com 11,702 milhões de toneladas. Em terceiro, com uma produção de 9,335 milhões de toneladas, está a Indonésia, seguida pela Nigéria com uma produção de 7,308 milhões de toneladas, Equador com produção de 7,198 milhões de toneladas e pelo Brasil com 6,825 milhões de toneladas. (Figura 1-A) (FAOSTAT, 2025).

Dentre os estados produtores de banana no Brasil, o estado de São Paulo se encontra na primeira posição com 976,5 mil toneladas de banana no ano de 2022. Em segundo lugar está a Bahia, com 862,6 mil toneladas, seguido por Minas Gerais, com 846,8 mil toneladas, e Santa Catarina, com 693,4 mil toneladas (Figura 1-B). Na região de São Paulo existe uma concentração da produção de banana nos arredores do município de Registro (IBGE, 2025).

Figura 1 - Produção de toneladas de banana em cada região no ano de 2022. A) Produção dos 10 países com maior produção de banana do mundo. B) Produção dos 10 estados brasileiros com a maior produção de banana do país



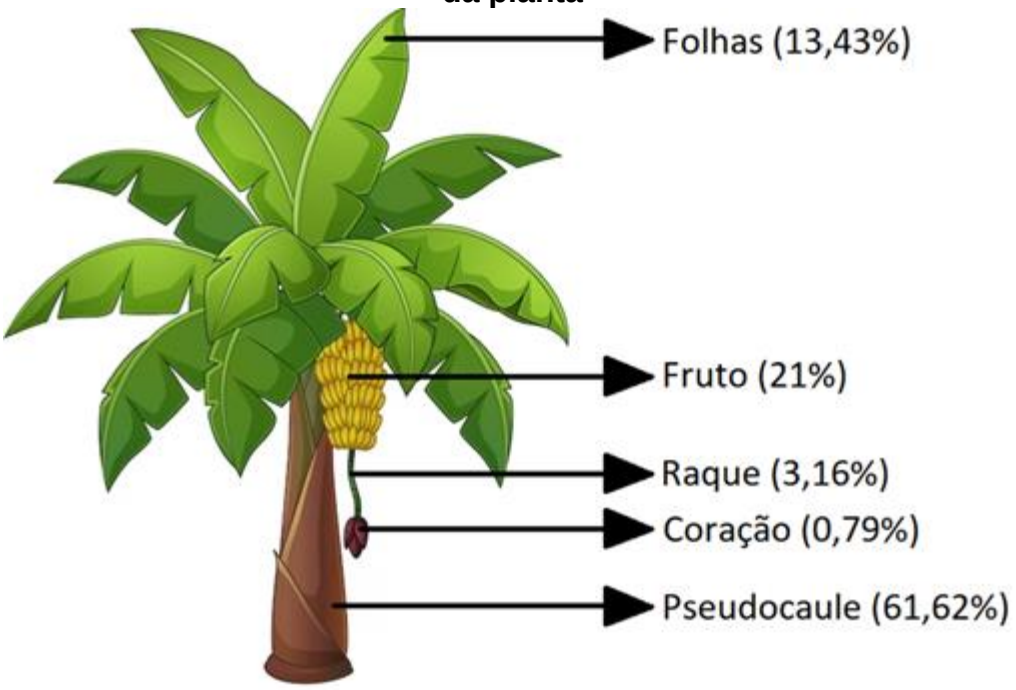
Fonte: adaptado de FAOSTAT (2025) e IBGE (2025).

O elevado volume de frutas comercializadas no mercado mundial deve-se a diversos fatores como o alto rendimento por hectares, a facilidade de armazenamento abrangendo, também, os frutos verdes e ao seu ciclo ser parcialmente curto. É um dos frutos mais consumidos *in natura* no mundo. A banana pode passar por diversos tratamentos para aumento de vida de prateleira, onde cada processo irá gerar um produto diferente, podendo gerar uma grande gama de produtos que podem ser consumidos de formas diferentes, levando em consideração suas características sensoriais, textura, sabor e aroma (Cândido *et al*., 2022; Shandilya; Siddiq; 2020; Khoozani *et al.,* 2020; Jesus Filho *et al.*, 2018; Sampaio; Santos, 2020).

1.2.4 Aproveitamento de diferentes partes da bananeira

A bananeira pode ser utilizada por completo, desde seu pseudocaule até seus frutos. É investido tempo e dinheiro para o desenvolvimento da bananeira por completo, entretanto muitas vezes somente os frutos são aproveitados, enquanto as outras partes da bananeira são cortadas no campo e deixadas para ciclagem de nutrientes, sendo que seria possível realizar diversas extrações para depois, então, voltá-los para o campo para devolução dos nutrientes. A Figura 2 mostra as proporções de diferentes partes da bananeira.

Figura 2 - Diferentes frações da bananeira e sua contribuição para o peso total da planta



Fonte: adaptado de Fiallos-Cárdenas, Pérez-Martínez e Ramirez, (2022)

São gerados 100 kg de frutas rejeitadas e cerca de 4 toneladas de subprodutos por tonelada de banana vendida. Esse grande volume de resíduos pode se transformar em um recurso valioso para diversas indústrias. Os subprodutos provenientes do processamento de bananas têm potencial para contribuir com a geração de energia renovável, nanotecnologia e produção de plásticos biodegradáveis, fomentando uma economia circular sustentável (Alzate Acevedo *et al.,* 2021).

Choudhury, Nickhil, Deka (2023) compilaram estudos que caracterizaram os subprodutos não aproveitados da bananicultura, sendo possível observar alguns pontos que se sobressaem, entre eles o alto teor de proteínas presente na

inflorescência da bananeira, o possível elevado teor de lipídeos nas cascas e os altos teores de fibras (Tabela 1).

Tabela 1 - Composição centesimal de subprodutos da bananeira em percentagem, em base seca.

	Carboidratos*	Proteínas*	Gordura*	Umidade	Fibras*
Cascas	57,51–76.58	5,5–7,87	2,24-11,65	50,5–72	47–53
Folhas	60,71	11,52-14,98	10,07	63,57–66,5	61,13–66,22
Inflorescência	53,78-57,2	13,75-19,60	0,23-0,98	8,33–92	65,6–70,07
Pseudocaule	46,58–50	7,34–13	1,18-5,79	12,30–87	28,8–61,14

Fonte: Adaptado de Choudhury, Nickhil, Deka (2023)
*dados em base seca

As frutas que não atingem o padrão comercial podem ser reaproveitadas em outros tipos de consumo, como por exemplo, as polpas de bananas verdes que podem ser processadas e se tornarem biomassa de banana ou farinha de banana verde. Esta farinha pode ser feita somente com a polpa, ou com o fruto por completo, incluindo a casca, o que gera uma farinha de banana verde integral. As polpas maduras podem ser processadas para produção de licores ou fermentados de banana que podem ou não ser destilados, neste último caso, para a produção de aguardente de banana. Podem ainda ser processadas em doces, geleias, pães e bolos (Aurore *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2009; Castelo-Branco *et al.*, 2017; Leonel *et al.*, 2021).

A inflorescência da bananeira pode ser consumida como hortaliça após cocção ou pode passar por secagem para produção de farinhas. Enquanto as cascas, o pseudocaule e os demais subprodutos vegetais podem ser utilizadas para produção de etanol de segunda geração, ou para extração de fibras e celulose. A biomassa lignocelulósica se destaca como uma fonte alternativa de energia, principalmente pelo seu potencial na produção de biocombustíveis, os quais podem substituir uma parte significativa do petróleo atualmente consumido no mundo. Através de diversos processos bioquímicos, essa biomassa pode ser convertida em bioetanol, biogás, produtos químicos e biofertilizantes (Eichler *et al.*, 2015).

No que diz respeito ao bioetanol, também conhecido como etanol de segunda geração, produzido a partir de fontes como biomassa lignocelulósicas, este tem recebido atenção especial. De acordo com Bonissato *et al.* (2015), o etanol é obtido normalmente através da fermentação de açúcares provenientes de fontes sacarinas e amiláceas. Dessa forma, devido ao aumento do consumo de etanol das últimas décadas, há um crescente interesse em obter novas fontes de matérias-primas para a produção desse combustível, o que reforça a necessidade de melhorias nas metodologias de produção. A biomassa da bananicultura é uma das inúmeras fontes de resíduos provenientes da agricultura. A atividade produtiva, industrialização e comercialização da banana gera uma grande quantidade de matéria vegetal (Souza *et al.,* 2012).

Logo é possível realizar dois tipos de fermentações, um fermentado de banana produzido a partir da polpa da fruta, com destino para consumo, e outra fermentação obtendo bioetanol, que utiliza como fonte o açúcar liberado pela sacarificação da casca de banana, do pseudocaule, das folhas, do raque da inflorescência da bananeira.

Os mostos produzidos a partir dos subprodutos da bananeira podem ser destilados e utilizados como biocombustível, sendo que existem diversas razões para os biocombustíveis serem vistos como tecnologias de extrema relevância para a industrialização e para o desenvolvimento de um país. Os biocombustíveis implicam em preocupações ambientais, no aumento da segurança energética e questões socioeconômicas ligadas ao setor rural (Silva, 2009). Comumente estes biocombustíveis são produzidos por fermentação de resíduos agrícolas, resíduos de frutas e resíduos municipais. Estes resíduos passam por pré-tratamento e são fermentados por leveduras *Saccharomyces cerevisiae* geneticamente modificadas que conseguem fermentar pentoses. A dificuldade desta etapa varia de acordo com a matéria prima utilizada (Gebregergs; Gebresemati; Sahu, 2016).

Atualmente, as práticas de gerenciamento dos resíduos na produção de bananas, como a incineração e o envio para aterros, não são vistas como ambientalmente sustentáveis. Uma alternativa promissora é a valorização desses subprodutos, reintegrando-os ao ciclo produtivo com uma abordagem de "circularidade". Essa estratégia pode diminuir a geração de resíduos e reduzir as emissões de gases de efeito estufa no cultivo de bananas, além de fomentar a bioeconomia e apoiar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 2, 7, 8, 9

e 12. A biomassa residual do cultivo de bananas, devido à sua composição química rica em celulose, hemicelulose e lignina, é uma matéria-prima valiosa para a produção de bioenergia e bioprodutos. O processo de valorização desses subprodutos geralmente envolve etapas como pré-tratamento, hidrólise química, hidrólise enzimática, fermentação e purificação. No entanto, a utilização do suco extraído da biomassa da banana como fonte de carbono oferece uma alternativa mais simples, econômica e sustentável (Fiallos-Cárdenas; Pérez-Martínez; Ramirez, 2022)

1.2.4.1 Polpa do fruto da bananeira

A polpa de banana é a fração mais utilizada da bananeira, seja para consumo *in natura* ou para processamento, o principal motivo é pelo grande teor de carboidratos que chega a 89,5% do peso seco. Esses carboidratos se encontram na forma de amido no fruto verde e conforme o fruto amadurece, grande parte destes carboidratos são transformados em açúcares menores, que são facilmente digeridos pelos animais ou metabolizados pelas leveduras (Amorim *et al*., 2015).

A banana verde é considerada benéfica para o tratamento de diversos problemas de saúde, como manter o trato digestivo saudável, prevenir cãibras musculares e depressão (Christi *et al*., 2019). Devido a isto, a utilização da farinha de banana verde como ingrediente funcional tem sido amplamente estudada devido ao seu elevado teor de fibra alimentar, amido resistente e potássio (Pragati *et al*., 2014).

Cândido *et al*. (2022) descrevem que para produção de farinha de banana verde os frutos de cada amostra devem ser cortados em fatias de aproximadamente 5 mm de espessura e submetidos a tratamento contra o escurecimento enzimático (imersão por 15 minutos em uma solução de 0,1 g L^{-1} de ácido ascórbico e 0,3 g L^{-1} de ácido cítrico). Após esse período, as fatias devem ser retiradas da solução, drenadas do excesso de líquido e então desidratadas em um forno com circulação de ar a uma temperatura de 50 °C por 24h.

A farinha de banana verde integral em pães pode aumentar a concentração de alguns macronutrientes benéficos para o corpo humano, como cálcio, fósforo, sódio e magnésio, ao mesmo tempo que não gera redução nos micronutrientes, como ferro, zinco e manganês, tornando o alimento mais nutritivo (Khoozani *et al.,* 2020).

A banana verde também é uma ótima fonte de amido resistente, este que por sua vez proporciona um baixo índice glicêmico (KUMAR *et al.*, 2019). O amido resistente não é digerido ao passar pelo trato digestivo humano, sendo somente

hidrolisado ao chegar no intestino grosso, outro ponto positivo deste tipo de amido é que ele modifica menos a percepção sensorial do consumidor, quando comparado aos amidos comuns (Falcomer *et al.*, 2019).

Estudos recomendam a utilização da farinha de banana verde como ingrediente para a preparação de diversos produtos de panificação, como biscoitos, pães e massas. Alam *et al.* (2020) concluíram que a utilização de farinha de banana em biscoitos, em substituição aos 10% de farinha de trigo, teve uma alta aceitação, atendendo a todos os requisitos de qualidade. Além disso, a fibra bruta aumentou significativamente (197,56%) e as cinzas (93,25%).

Yangılar (2014) abordou os efeitos da farinha de banana verde sobre as características físicas, sensoriais e químicas do sorvete. As análises revelaram que o teor de cálcio no sorvete diminuiu ao mesmo tempo em que o teor de enxofre aumentou. A análise organoléptica revelou que a amostra de sorvete contendo farinha de banana (2%) foi amplamente aceita pelos provadores.

A misturas de farinhas de banana com outras farinhas também pode ser uma forma de valorização dessas, como no estudo de Cândido *et al.* (2022) que estudaram a adição de farinha de folhas de Ora-pro-nóbis para enriquecimento proteico e mineral da farinha de banana (com e sem casca), essa mistura gerou um aumento de 229% no teor proteico da farinha de banana com a adição de 25% de farinha de Ora-pro-nóbis.

Outra aplicação potencial é a produção de biomassa a partir da banana verde. Auriema *et al.* (2021) identificaram que esse tipo de biomassa não só pode servir como uma fonte de calorias, mas também como um ingrediente funcional. Ela é rica em fibra dietética, amido resistente, minerais e ácido ascórbico. Além disso, o extrato obtido da biomassa de banana demonstra propriedades antimicrobianas e antioxidantes.

A polpa de banana madura, pode ser consumida *in natura* ou ser processada para gerar novos produtos, dentre eles estão as bebidas que são produzidas a base de banana, como por exemplo, podemos citar o licor de banana, a aguardente de banana e a cerveja de banana, ainda existindo diversos produtos nos quais a banana madura pode ser utilizada.

1.2.4.2 Casca do fruto da bananeira

A casca de banana recobre totalmente a polpa, por sua fácil remoção a casca da banana é via de regra retirada e descartada, entretanto há uma quantidade

considerável de carboidratos na casca sendo esse responsável pela maior fração de sua massa seca. As concentrações de carboidratos variam de 57,51 a 76,58%, as de proteínas variam de 5,5 a 7,87%, as concentrações de lipídeos variam de 2,24 a 11,65% dependendo das cultivares e dos manejos de campo empregados (Choudhury; Nickhil; Deka 2023; Hassan *et al.*, 2019; Kabenge *et al.*, 2018)

Alguns estudos analisaram a composição de celulose, hemicelulose e lignina encontrada na casca da banana, com o intuito de utilizar essas frações para produção de etanol de 2ª geração (Tabela 2).

Tabela 2 - Concentração de celulose, hemicelulose e lignina presente nas cascas de banana.

Autor	Celulose	Hemicelulose	Lignina
Oberoi (2011)	11,97 ± 0,31	9,76 ± 0,52	2,18 ± 0,05
Valásquez-Arredondo (2010)	13,2	14,8 ± 2,2	14,0 ± 0,6
Gebregergs (2016)	9	8	11
Souza (2013)	19,12	-	60,7
Souza (2012)	13,31	-	7,35

Fonte: o autor.

Essien, Akpane e Essien (2020) citaram em seu estudo que cascas de banana possuem 3% de amido, de 6 a 12% de lignina, de 10 a 21% de pectina, de 7,6 a 9,6% de celulose e de 6,4 a 9,4% de hemicelulose. Este estudo indica que, para a sacarificação da casca de banana, é interessante a utilização de pectinase, uma vez que a pectina é o polissacarídeo mais abundante. O estudo de Gebregergs (2016) aperfeiçoou as condições de hidrólise ácida para a sacarificação de casca de banana. Foi encontrado que as condições ideais são: concentração de ácido de 1,5% v/v, a 91,02 °C de temperatura e tempo de retenção de 21,66 minutos.

Após realizar a sacarificação, o mosto está pronto para passar por um processo de fermentação, sendo que muitos fatores podem influenciar na velocidade e na eficiência da fermentação. O estudo de Oberoi (2011) notou que a casca de banana seca e digerida enzimaticamente possui fermentação rápida de 15 horas, tornando o processo viável para produção em larga escala. Sendo a casca responsável por aproximadamente 30% do peso da banana em natura, tornando-a uma matéria prima abundante.

A produção de bioetanol a partir de casca de banana foi analisada por Gebregergs, Gebresemati e Sahu (2016), chegando a valores de 45% da matéria prima que foi transformada em etanol, com a produção de 6,8 milhões de toneladas, sendo dessas 30% de casca e 20% de matéria seca, com provável produção de 408 mil toneladas de casca de banana seca, sendo possível a produção de até 183,6 milhões de quilos de etanol no Brasil.

1.2.4.3 Inflorescência da bananeira

A inflorescência da bananeira (coração), que inclui as flores masculinas e femininas, pistilos e cerca de 30 camadas de brácteas, surge do centro do pseudocaule aproximadamente de 10 a 15 meses após o plantio (Amutha; Sudha; Saravanan, 2020). A remoção dessa estrutura reduz o peso do cacho, diminui o atrito entre as partes da planta e ajuda a prevenir doenças causadas por insetos e fungos. Além disso, acelera a maturação dos frutos e aumenta sua doçura, pois a inflorescência consome parte da seiva (Borges *et al.*, 2009).

A inflorescência também é amplamente utilizada na medicina tradicional para tratar doenças inflamatórias, diabetes, e problemas hepáticos e renais (Chiang *et al.*, 2021). Apriasari *et al.* (2020) a identificaram como uma fonte de pigmentos comestíveis, e sua estrutura fibrosa é empregada em diversos materiais, como fibras, embalagens, móveis e outras estruturas de construção.

A inflorescência da bananeira possui teor de carboidratos abaixo da polpa da banana, entretanto algumas frações podem apresentar um valor proteico que chega a 21,3% de proteína em base seca, tornando-se um material interessante para enriquecimento proteico de outros produtos (Silva; Sartori; Oliveira, 2014).

Os estudos de Bhaskar et al. (2012); Ravindran *et al*. (2021), Ramu *et al.* (2017), indicam que nas inflorescências de bananeiras as concentrações de carboidratos variam de 53,78 a 57,2 %, as de proteínas variam de 13,75 a 19,60 %, as concentrações de lipídeos variam de 0,23- 0,98% dependendo das cultivares e dos manejos de campo empregados.

1.2.4.4 Pseudocaule da bananeira

O pseudocaule é a parte da bananeira que mais pode ser aproveitada. Ele contém uma camada de bainhas foliares repleta de nutrientes, como açúcares simples, amido, minerais, fibra dietética, alcaloides, glicosídeos, saponinas, taninos,

flavonoides e diversos compostos com propriedades antioxidantes (Zarin *et al.*, 2020; Kundarto *et al.*, 2020). Além disso, o pseudocaule é útil para a indústria de papel, fabricação de fibras naturais, têxteis técnicos, compósitos e como material isolante (Brindha *et al.*, 2019; Cordeiro *et al.*, 2004; Monzón *et al.*, 2019; Sango *et al.*, 2019; Díaz *et al.*, 2021).

Anualmente, cerca de 1,2 bilhões de toneladas de resíduos são gerados pelos pseudocaules de banana. De cada hectare de pseudocaule, é possível extrair 400 kg de fibras de banana, valorizando essas fibras em aproximadamente 500 milhões de dólares globalmente (Mohamad *et al.*, 2019).

A integração bem-sucedida das fibras de banana na indústria de vestuário oferece uma solução eficaz para o manejo dos subprodutos dos pseudocaules de banana e também ajuda a diminuir as pegadas de carbono e de água associadas ao cultivo de fibras de algodão. A literatura aponta que os fios de fibra de banana podem ser misturados com fibras de algodão em diversas proporções, utilizando tanto a fiação por anel quanto a fiação por sistema aberto (Hossain; Begum, 2017).

Os estudos de Bhaskar *et al.* (2012), Ramu *et al.* (2017), Kabenge *et al.* (2018), Dayod e Abat (2016) e Aziz *et al.* (2000) indicam que as concentrações de carboidratos variam de 46,58 a 50 %, as de proteínas variam de 7,34 a 13 %, as concentrações de lipídeos variam de 12,30 a 87% dependendo das cultivares e dos manejos de campo empregados.

Alguns estudos analisaram a composição de celulose, hemicelulose e lignina encontrada em pseudocaule de bananeiras, com o intuito de utilizar essas frações para produção de etanol de 2ª geração (Tabela 3).

Tabela 3 - Concentração de celulose, hemicelulose e lignina presente no pseudocaule da bananeira.

Autor	Celulose	Hemicelulose	Lignina
Gabhane (2013)	44,32	22	9,66
Kusmiyati (2018)	51,66	23,29	11,44
Souza (2013)	43,83	16,38	39,79

Fonte: o autor.

O estudo de Silva (2009) quantificou cada substância presente na fibra de pseudocaules, encontrando um total de 60 a 65% de celulose, 6 a 8% de

hemicelulose, 5 a 10% de lignina e 4,7% de cinzas. Estes resultados demonstram que a celulose é o principal carboidrato presente nas fibras do pseudocaule, tornando este produto o melhor alvo para o processo de hidrólise e sacarificação.

Com a valorização do pseudocaule de banana, os agricultores passam a vender o subproduto de pseudocaule e as fibras para a indústria têxtil em vez de queimá-los ou deixa-los para se degradar no campo, o que reduz ainda mais a pegada de carbono associada aos resíduos da planta de banana (Khan *et al.*, 2024).

Khan *et al.* (2024) estudaram as fibras de banana, estas foram extraídas e amolecidas com sucesso a ponto de serem fiadas em fios, permitindo a produção de tecidos a partir desses fios. As fibras foram tratadas com diferentes métodos químicos em níveis variados de pH, incluindo ácido, neutro e básico. O tratamento mais eficaz foi a fervura em água destilada, que resultou na menor perda de resistência e peso durante o processo de amolecimento. Os resultados mostram que os fios feitos com fibras de banana têm características superiores em comparação com aqueles produzidos com misturas de fibras de algodão, destacando-se pela resistência superior dos fios de banana, especialmente na proporção de 20%.

1.2.4.5 Folha da bananeira

As folhas de banana são amplas, flexíveis, cerosas e impermeáveis, e são tradicionalmente empregadas na confecção de cestos e outros itens fibrosos. Além disso, são utilizadas em diversas aplicações, como na culinária, embalagem e serviço de alimentos, na fabricação de polímeros e em usos médicos, incluindo controle de diabetes, oxidação de LDL e curativos, entre outros (Yingyuen *et al.*, 2020; Kappel *et al.*, 2013).

Os estudos de Mat *et al.* (2020); Salama *et al.* (2020) indicam que as concentrações de carboidratos de 60,71%, as de proteínas variam de 11,52 a 14,98 %, as concentrações de lipídeos, de 10,07 % dependendo das cultivares e dos manejos de campo empregados.

O estudo de Sasidharan (2024) sintetizou nanopartículas de ZnO com sucesso através de uma abordagem de biossíntese eficiente, rápida, econômica e ecológica, utilizando extrato aquoso de folhas de banana (*Musa acuminata*) como agente. O extrato aquoso das folhas atuou como agente redutor, estabilizador e de revestimento durante todo o processo de síntese verde. Ambas as nanopartículas, biogênicas e químicas, apresentaram formato esférico com alta pureza. As

nanopartículas biogênicas mostraram uma maior área de superfície, o que aumentou sua eficácia na inibição de bactérias alimentares, como *S. typhimurium* e *S. aureus*. Além disso, os filmes produzidos com nanopartículas biogênicas exibiram propriedades físico-químicas superiores em comparação com os filmes produzidos com nanopartículas químicas e quitosana pura. Indicando assim, que a partir da reutilização de subprodutos de folhas de banana é possível criar novos materiais para embalagens alimentares sustentáveis, promovendo uma economia verde e circular.

1.2.5 Bebidas de banana

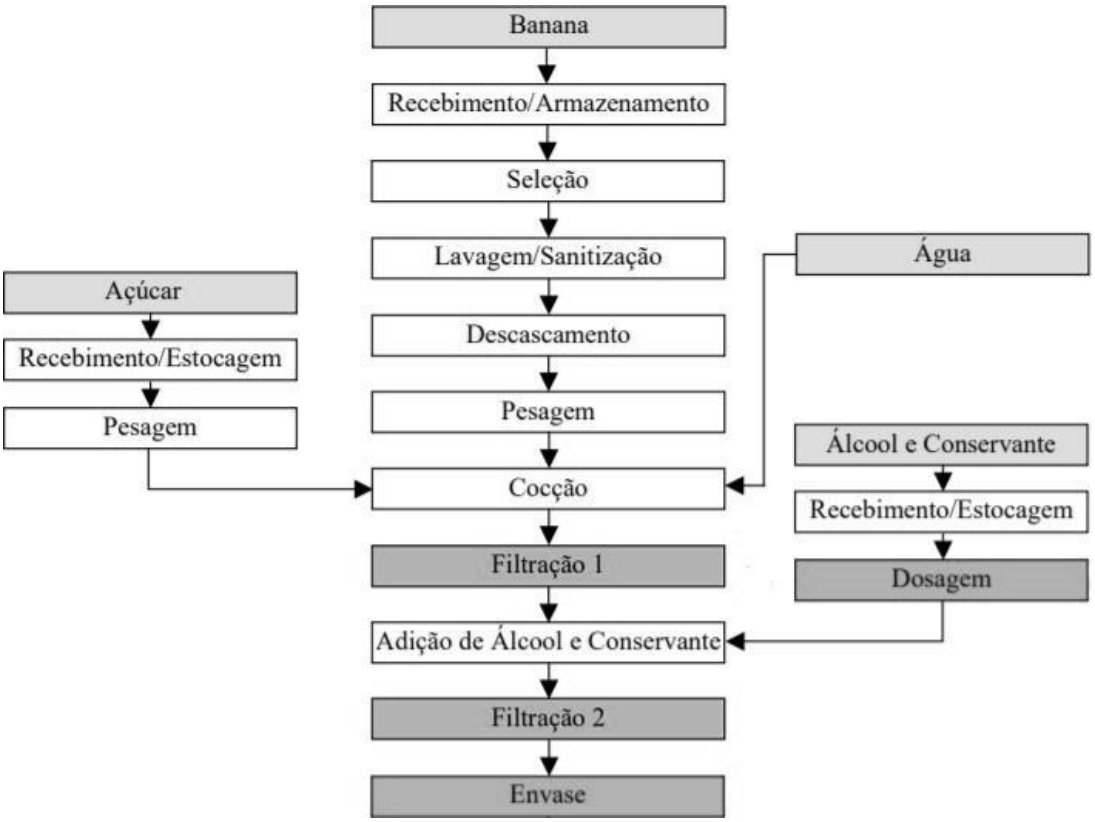
1.2.5.1 Licor de banana

De acordo com a legislação brasileira (Decreto n° 2.314, de 4 de setembro de 1997 , do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – Mapa) define o licor como uma “bebida com graduação alcoólica de 15% a 54% (v/v), a 20 °C, e um percentual de açúcar superior a 30 g/L, elaborado com álcool etílico potável de origem agrícola, ou destilado alcoólico simples de origem agrícola, ou bebidas alcoólicas adicionadas de extrato ou substâncias de origem vegetal ou animal, substâncias aromatizantes, saborizantes, corantes e outros aditivos permitidos por lei” (Brasil, 1997).

Jesus Filho *et al.* (2018) produziu licor por maceração de banana a partir de banana da Cultivar prata, álcool de cereais, açúcar e água destilada. O processo de produção consistiu em manter 40% m/v de bananas em álcool de cereais durante o período de 21 dias, após esse tempo o álcool foi filtrado e o extrato alcoólico foi misturado com xarope de água com açúcar na proporção 3:2, obtendo assim o produto licor de banana.

O estudo Oliveira (2008) criou um fluxograma para produção de licor de bananas (Figura 3).

Figura 3 - Fluxograma da produção de licor de banana por infusão



Fonte: Oliveira (2008)

A produção do licor começa com a chegada da banana, esta é selecionada para retirar as frutas que não estejam próprias para consumo, em seguida as frutas escolhidas são lavadas, sanitizadas, passam pelo descascadas e pesadas. É importante a etapa da pesagem para utilização das concentrações corretas que são essenciais para um produto final de qualidade. Após a pesagem da dose a ser utilizada, esta é adicionada de água e açúcar e levada para cocção, onde a mistura dos ingredientes gera um xarope da fruta. A solução é então filtrada para remoção de fragmentos da fruta, adicionada de álcool e conservantes, e então filtrada novamente para garantir que não sobrou nenhum pedaço sólido na bebida. Após a segunda filtração o licor está pronto e pode ser envasado para armazenamento e posterior venda.

1.2.5.2 Aguardente de banana

A aguardente de banana pode ser produzida com banana verde ou madura. Entretanto a verde necessita de uma quebra de carboidratos que se encontram na

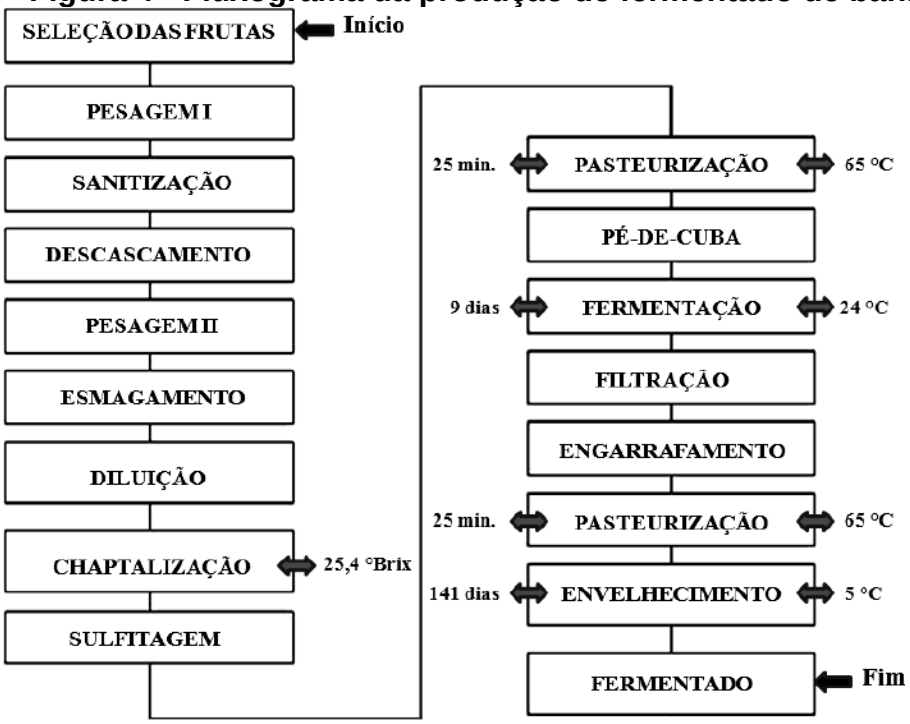
forma de amido. Essa quebra se dá através de hidrólise enzimática ou por meio químico, calor e pressão. Enquanto a aguardente produzida a partir da banana madura pode ser produzida utilizando os açúcares gerados na própria maturação de fruta (Lara, 2007).

Entretanto para o destilado de banana ser considerado aguardente de banana ele deve seguir alguns parâmetros de acordo com a legislação Brasileira (Brasil, 1997), sendo que a aguardente produzida de fruta deve possuir graduação alcoólica de 36 a 54% em v/v, a temperatura de 20º C, obtida de destilado alcoólico simples de fruta, ou pela destilação do mosto fermentado de fruta. A destilação deve ser efetuada de modo que o destilado preserve o aroma e o sabor, elementos naturais voláteis contidos no mosto fermentado.

Arruda *et al*. (2007) criou um protocolo de processamento de bananas para produção de fermentado de banana, para isso foi necessário adquirir os frutos e aguardar que estes chegassem à maturação ideal. Os frutos no ponto de maturação correto foram selecionados, lavados, sanitizados, descascados, passaram por processo de branqueamento (adição de 100mg/L de SO_2 de metabissulfito de sódio), despolpados, aquecidos à temperatura de 50 a 55 °C, tratados com pectinase, aquecido a 73 °C, tratados com α-amilase, prensados, filtrados, aquecidos a 80 °C para inativação enzimática, sulfitados (adição de 100mg/L de SO_2 de metabissulfito de sódio), o mosto foi corrigido com adição de água potável, inoculados, fermentados (de 16 a 30 °C), estabilizados (adição de 300mg/L de SO_2 de sorbato de potássio), trasfegados, maturados (temperatura de 5 °C), filtrados e finalmente engarrafados. Com isso foi possível obter um fermentado de banana com graduação alcoólica em torno de 9% que obteve notas positivas em teste de aceitação de escala hedônica.

O estudo Duarte, Tomé e Fragiorge (2018) criou um fluxograma para produção de fermentado a partir de polpa de bananas (Figura 4).

Figura 4 - Fluxograma da produção de fermentado de banana



Fonte: Duarte, Tomé e Fragiorge (2018)

A aguardente de banana pode ser facilmente obtida a partir do fermentado criado pelo estudo supracitado, seria somente necessária a destilação, separação das frações em cauda, coração e cabeça, e posterior maturação da fração do coração.

Sampaio e Santos (2020), em estudo sobre destilado de banana nanica encontraram a medida de 18 °Brix para mosto preparado com polpa de banana, este foi diluído para 16 °Brix para facilitação da fermentação e para obter maior padronização em seu estudo. O estudo de Moro (2016) encontrou teores um pouco mais elevados para banana da Cultivar Nanicão, chegando a valores como 23 e 24 °Brix, estes teores podem ser devido a diferentes etapas de maturação ou pela utilização de Cultivares diferentes de bananas. Com base nesses trabalhos é possível ter uma estimativa dos valores de teor de sólidos solúveis para as bananas que serão estudadas, sendo possível inferir que o melhor estágio para fermentação e destilação da banana é quando estão completamente maduros, deste modo haverá maior concentração de açúcares fermentescíveis.

1.2.5.3 Cerveja produzida com banana como adjunto

De acordo com a legislação brasileira (Decreto n° 6871, de 4 de junho de 2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – Mapa) define “A cerveja a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro, oriundo do

malte de cevada e água potável, por adição de levedura, com adição de lúpulo". A adição da banana se enquadra como um adjunto cervejeiro que tem como definição "carboidratos não maltados que complementam ou suplementam o malte de cevada" (Brasil, 1997).

O método tradicional de fabricação de cervejas do tipo *lager*, amplamente utilizado, pode ser descrito em poucas etapas, conforme detalhado por Virkajärvi (2001). O processo começa com a mosturação, onde o malte é moído e misturado com água, neste processo as enzimas naturais do malte são ativadas em um perfil de temperatura controlado, permitindo a conversão do amido em mono, di e trissacarídeos, além de dextrinas, e das proteínas em peptídeos e aminoácidos. Essa etapa leva cerca de 2 horas para ser concluída, a primeira etapa onde pode ser adicionada a banana como adjunto. Em seguida, a parte sólida do malte (bagaço de malte) é separada por filtração, resultando em uma solução conhecida como mosto.

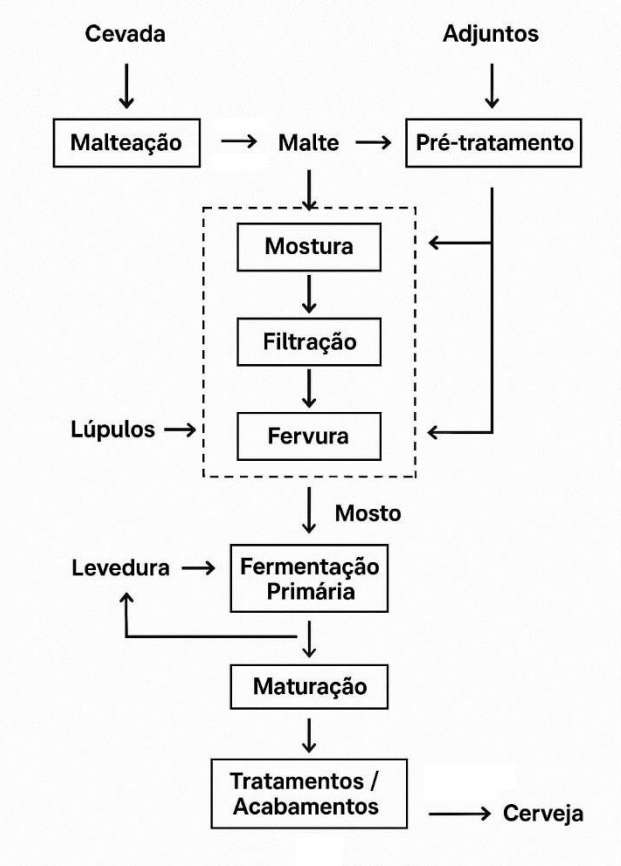
A etapa seguinte envolve a adição de lúpulo ao mosto, seguido de um cozimento que dura de 1 a 2 horas. Esse processo é importante para garantir a assepsia do mosto, facilitar a precipitação de compostos formados pela interação entre proteínas e polifenóis, solubilizar e isomerizar os componentes do lúpulo, eliminar compostos que podem gerar sabores indesejáveis no produto final, inativar as enzimas presentes e alcançar a concentração desejada de extrato. Após o cozimento, o precipitado é removido e o mosto é resfriado até a temperatura de fermentação, sendo esta a segunda etapa onde pode ser adicionada a banana como adjunto. Em seguida, é aerado e transferido para o fermentador (Linko *et al.*, 1998).

A fermentação inicial do mosto, conhecida como fermentação primária ou principal, é a fase em que a levedura tem a maior atividade metabólica. Durante essa etapa, quase todo o extrato fermentável é convertido em álcool e dióxido de carbono. Além disso, ocorrem reações que produzem subprodutos como ésteres e álcoois superiores, que influenciam o sabor da cerveja. Devido às baixas temperaturas utilizadas (entre 6 e 15ºC), a fermentação primária pode durar até 10 dias (Linko *et al.*, 1998).

A fase subsequente é a maturação da cerveja, durante a qual a temperatura é reduzida para cerca de 0ºC e mantida por 2 a 4 semanas. Se ainda houver extrato fermentescível residual, ele continuará a ser fermentado, embora de forma mais lenta, durante essa fase chamada fermentação secundária, sendo esta a terceira etapa onde pode ser adicionada a banana como adjunto. Na Figura 5, está disponível um

esquema simplificado do processo de fabricação da cerveja, conforme descrito por Linko *et al.* (1998).

Figura 5 - Fluxograma da produção de cerveja com adjunto de banana



Fonte: adaptado de Linko *et al.* (1998)

Carvalho (2009) concluiu em sua pesquisa que bananas muito maduras são mais adequadas para a produção de cerveja. Isso se deve à sua maior concentração de açúcares, que são facilmente fermentados, e ao menor teor de amido. Além disso, os aromas da banana se intensificam à medida que o fruto amadurece, o que também é um fator relevante.

Rosa (2021) realizou um estudo em que produziu cerveja com baixo teor alcoólico utilizando banana como ingrediente. O resultado foi um mosto mais diluído, gerando cervejas com teor alcoólico variando de 1,7% a 2,88%. Embora essas bebidas não estivessem em conformidade com as normas brasileiras de fabricação de cerveja, foram obtidas variações com 0%, 35%, 55% e 75% de banana. Entre essas variações, a cerveja com 35% de banana apresentou o maior teor alcoólico, enquanto a com 75% de banana teve o menor teor alcoólico.

O estudo conduzido por Pauline *et al.* (2017) em Camarões, embora também

não esteja em conformidade com a legislação brasileira, avaliou três diferentes formulações de cerveja: duas partes de banana para três partes de malte, partes iguais de banana e malte, e três partes de banana para duas partes de malte. Os resultados mostraram que as bebidas obtidas apresentaram avaliações muito semelhantes, exceto em relação ao aroma, onde a formulação com maior proporção de banana obteve uma avaliação superior.

1.2.6 Compostos de alto valor agregado da bananeira

As biorrefinarias são um método de purificação de compostos de alto valor agregado, este processo pode valorizar os subprodutos da bananeira pela extração de compostos químicos utilizados em química fina, assim como compostos que podem ser utilizados como matéria prima para produção de medicamentos (Choudhury; Nickhil; Deka, 2023). A Tabela 4 mostra alguns desses compostos e suas concentrações em cada fração da bananeira.

Tabela 4 - Compostos bioativos em diferentes partes da bananeira.

Fração da bananeira	Compostos bioativos	Atividade Biológica	Referências
Casca do fruto	• Galocatequina (158 mg/100g seco peso) • β-sitosterol (191 mg/100g seco peso) • Ácido málico (208 mg/100g seco peso) • Ácido succínico (100 mg/100g seco peso) • 12-hidroxiesteárico ácido (141 mg/100g peso seco) • Ácido palmítico (183 mg/100g seco peso)	• Antioxidante • Anti-inflamatório • Anticolesterol • Antimicrobiano	Someya *et al.* (2002); Mokbel e Hashinaga (2005); Sidhu e Zafar (2018); Mordi *et al.* (2016)
Inflorescência	• Ácido gálico (10,31 extrato de µg/mg) • Protocatecuico ácido (2,39 µg/mg extrato) • p-hidroxilbenzóico ácido (94,97 µg/mg extrato) • Ácido seríngico (5,38 extrato de µg/mg) • Ácido gentísico (0,47 extrato de µg/mg) • Ácido ferúlico (5,37 extrato de µg/mg) • Vanilina (7,62 µg/ extrato de mg) • Catequina (2,63 µg/ extrato de mg) • Epicatequina (5,37 extrato de µg/mg) • Quercetina (1,67 extrato de µg/mg) • Cianidina-3- rutinosídeo	• antioxidante • antibacteriano • anticancerígeno • Reduz riscos cardiovasculares • hipoglicemia • antidiabético	Bhaskar *et al.* (2012); Ramu *et al.* (2017); Arun, Thomas, Reshmitha, Akhil e Nisha (2017); Nisha e Mini (2013)
Pseudocaule	• Catequina (9,34 µg/ extrato de mg) • p-hidroxilbenzóico ácido (62,68 µg/mg extrato) • Ácido sinápico (37,06 µg/mg extrato) • Protocatecuico ácido (42,17 µg/mg extrato) • Ácido cinâmico (30,872 µg/mg extrato) • Ácido ferúlico (26,605 µg/mg extrato)	• Antioxidante, • antimicrobiano	Ramu *et al.* (2017); Saravanan e Aradhya (2011)

Fonte: Adaptado de Choudhury, Nickhil e Deka (2023)

A Tabela 4 mostra diversos compostos bioativos que podem ser recuperados do pseudocaule da bananeira a partir de métodos de biorrefinaria, todos esses compostos possuem valor agregado alto (Choudhury; Nickhil; Deka, 2023), e provavelmente ainda seja possível utilizar o resíduo de sua extração para outras utilidades menos nobres, que irão reduzir ainda mais os resíduos gerados.

Outro produto que possui grande potencial e alto valor agregado é a nanocelulose para aplicações alimentícias. Desde 1983, diversos estudos e patentes têm explorado o uso da nanocelulose como aditivo alimentar. A nanocelulose derivada da biomassa de banana apresenta propriedades variadas, que dependem do método de extração utilizado. Dada a grande quantidade de biomassa de banana produzida, isso adiciona valor ao subproduto. Com sua ampla área de superfície, alta estabilidade

térmica, resistência e propriedades mecânicas excepcionais, a nanocelulose é uma excelente escolha para biocompósitos em novas soluções de embalagem alimentar. Dado que o desempenho da maioria dos bioplásticos não atende plenamente às necessidades práticas, a inclusão de nanocelulose tem mostrado melhorar as propriedades gerais. Além disso, a possibilidade de modificar a superfície da nanocelulose com polifenóis, proteínas e outros polissacarídeos oferece uma vantagem adicional, podendo aumentar a estabilidade das emulsões, especialmente em produtos alimentícios baseados em emulsões (Zaini, 2023).

As principais biomassas da bananeira (inflorescência, pseudocaule e folhas) contêm vários componentes valiosos com diferentes potenciais de aplicação, se purificados adequadamente, nas indústrias farmacêutica, alimentícia, de polímeros e produtos químicos finos. É importante observar que o uso de métodos ecológicos para valorizar os subprodutos e resíduos da banana ainda não está amplamente explorado, o que representa uma oportunidade para aprimorar a cadeia de processamento da banana. Além disso, há uma lacuna de conhecimento sobre a avaliação do ciclo de vida dos subprodutos da bananeira em aplicações além dos biopolímeros, exigindo mais atenção para desenvolver novas aplicações nas áreas farmacêutica e alimentícia. No entanto, os estudos existentes já indicam que um melhor aproveitamento dos subprodutos da bananeira pode aumentar a competitividade econômica da cadeia da banana, e são necessárias mais pesquisas para esclarecer as vantagens do uso da biomassa da bananeira (Motta *et al*., 2022).

1.2.7 Rendimento de frações da bananeira para produção de bioetanol

A Tabela 5 demonstra outros estudos que realizaram fermentação a partir de diferentes frações da bananeira, sendo Gebregergs, Gebresemati e Sahu (2016), o estudo que encontrou uma maior produção de etanol utilizando para isso a hidrólise ácida.

Tabela 5 - Rendimento de produção de bioetanol a partir de diferentes biomassas de banana.

Autor	Parte da bananeira	Método de sacarificação	Rendimento
Oberoi *et al*. (2011)	Casca de banana	Hidrólise enzimática	0,29 g/g de casca (15h)
Velásquez-Arredondo (2010)	Casca de banana	Hidrolise ácida	0,2325 g/g de casca (10h)
Gebregergs (2016)	Casca de banana	Hidrolise ácida	42,2 a 45 g/g de casca (30 min)
Souza (2012)	Casca de banana	Hidrolise ácida	0,35 g/g de casca (8h)
Ferreira (2017)	Casca de banana	Hidrólise ácida	0,32 g/g casca (19h)
Ferreira (2015)	Casca de banana	Hidrólise ácida	0,16 g/g casca (8h)
Silveira (2020)	Casca de banana	Hidrólise enzimática	6,5ml/kg casca (5 dias) *
Souza (2013)	Casca de banana	Hidrolise ácida	0,41 g/g de casca (24h)
Cruz (2017)	Mix banana e casca de banana	Hidrolise ácida	0,046% g/g de casca (24h) *
Gabhane (2013)	Pseudocaule	Hidrólise enzimática	0,3017 g/g de casca (60 min)
Kusmiyati (2018)	Pseudocaule	Hidrólise enzimática	0,432 g/g de casca (3 dias)
Saryaningsih (2015)	Farinha de banana verde	Hidrolise ácida	0,24 ml/g de farinha de banana (120 horas)

Fonte: o autor
* Dado em base úmida

1.2.8 Possíveis utilizações das frações da bananeira

A Tabela 6 mostra resumidamente todas as possíveis utilizações citadas anteriormente neste estudo para cada uma das frações da bananeira.

Tabela 6 - Possível utilização de frações da bananeira.

Fração da bananeira	Possíveis utilizações
Inflorescência	Consumo *in natura*, produção de farinhas, extração de compostos bioativos, pigmentos e utilização para produção de etanol 2g.
Polpa da banana madura	Consumo *in natura,* extração de compostos bioativos e processamento para produção de alimentos e bebidas.
Polpa da banana verde	Produção de farinha e biomassa, extração de amido e compostos bioativos, além de produção de alimentos diversos.
Casca de banana	Produção de farinha, extração de celulose, compostos bioativos, e utilização para produção de etanol 2g.
Raque	Extração de fibras, celulose e compostos bioativos, além da utilização para produção de etanol 2g.
Folhas	Extração de celulose compostos bioativos, utilização em produções artesanais e utilização para produção de etanol 2g.
Pseudocaule	Extração de celulose, fibras, seiva e compostos bioativos, além da utilização para produção de etanol 2g.

Fonte: o autor.

1.3 Conclusões e prospecções futuras

A cultura da banana apesar de ser extremamente difundida no Brasil e no mundo, ainda apresenta grandes deficiências em termos de aprimoramento dentro do conceito de produção sustentável e economia circular, com o aproveitamento da produção quase que completamente concentrado nos frutos, os quais, ainda assim, possuem taxas que chegam a um terço de perda na pós-colheita. Deste modo, estudos que diminuam as perdas dos frutos e que aumentem o aproveitamento das bananeiras devem ser realizados para que seja possível deixar de perder alimentos e matérias primas energéticas.

É possível concluir que existem estudos que sustentam a possibilidade de aperfeiçoar o uso da cultura bananeira, entretanto ainda são necessários mais estudos de otimização e simplificação dos processos para que os subprodutos possam ser aproveitados sem que haja a necessidade de estruturas extremamente complexas e caras por trás de uma produção, muitas vezes, de menor escala.

Todas as frações da bananeira podem ser aproveitadas para produção de bebidas, farinhas ou etanol de segunda geração. Deste modo, estudos que aperfeiçoem os processos são essenciais para que exista um maior engajamento desde os pequenos até os grandes produtores de banana. A otimização necessária pode ser dividida em duas partes: uma para aumentar o portfólio de produção e, consequentemente, o lucro final; e outra para simplificar o processo, reduzindo os custos e aumentando também o lucro final.

REFERÊNCIAS

ALAM, M. J. *et al.* Development of fiber and mineral enriched cookies by utilization of banana and banana peel flour. Journal of Microbiology, **Biotechnology and Food Sciences**, v. 10, n. 3, p. 329–334, 2020.

Al-DAIRI, M.; PATHARE, P. B.; Al-MAHDOURI, A. The contribution of impact damage to the quality changes of stored banana fruit. **Biol. Life Sci. Forum**, v. 16, n. 1, 31, abr., 2022.

Al-DAIRI, M. *et al*. Postharvest quality, technologies, and strategies to reduce losses along the supply chain of banana: a review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 134, p. 177-191, abr., 2023.

ALVARENGA, R. M. *et al*. Potential application of Saccharomyces cerevisiae strains for the fermentation of banana pulp. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 18, p. 3608–3615, 2011.

ALZATE ACEVEDO, S. *et al*. Recovery of banana waste-loss from production and processing: a contribution to a circular economy. **Molecules**, v. 26, n. 17, p. 5282, 31 ago. 2021. DOI: 10.3390/molecules26175282. Disponível em: https://www.mdpi.com/1420-3049/26/17/5282.

AMORIM, T. P. *et al*. Composição química de polpa e cascas de cultivares de banana desidratadas. In: SIMPÓSIO DE SEGURANÇA ALIMENTAR ALIMENTAÇÃO SAÚDE, 5., 2015, Bento Gonçalves. **Anais Bento Gonçalves**, 2015.

AMUTHA, K.; SUDHA, A.; SARAVANAN, D. Characterization of natural fibers extracted from banana inflorescence bracts. **Journal of Natural Fibers**, 2020. DOI: 10.1080/15440478.2020.1764437.

APRIASARI, M. L. *et al*. Anti-inflammatory effect of Musa acuminata stem. **European Journal of Dentistry**, v. 14, n. 2, p. 294–298, 2020. DOI: 10.1055/s-0040-1709944.

ARRUDA, A. R. *et al.* Caracterização físico-química e avaliação sensorial de bebida fermentada alcoólica de banana. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 4, p. 377–384, 2007.

AURIEMA, B. E. *et al.* Green banana biomass: physicochemical and functional properties and its potential as a fat replacer in a chicken mortadella. **LWT - Food Science and Technology**, v. 140, p. 110686, 2021. Disponível em https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110686

AURORE, G.; PARFAIT, B.; FAHRASMANE, L. Bananas, raw materials for making processed food products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 20, n. 2, p. 78-91, 2009. DOI: 10.1016/j.tifs.2008.10.003.

AZIZ, A. A. *et al.* Nutritional studies on banana plants. **Journal of Plant Production**, v. 25, n. 1, p. 433–439, 2000

BHASKAR, J. J.; CHILKUNDA, N. D.; SALIMATH, P. V. Banana (Musa sp. var. elakki bale) flower and pseudostem: Dietary fiber and associated antioxidant capacity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 1, p. 427–432, 2012.

BORGES, A. L.; SILVA, A. L.; BATISTA, D. C. **Sistema de Produção da Bananeira Irrigada**. 2009. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/110622/1/Sistema-de-Producao-da-Bananeira-Irrigada.pdf.

BRASIL. Ministério da Fazenda. Receita Federal. Decreto nº 2.314, de 04 de setembro de 1997. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 05 set. 1997. Seção 1, p. 10104.

BRINDHA, R. *et al.* Effect of different retting processes on yield and quality of banana pseudostem fiber. **Journal of Natural Fibers**, v. 16, p. 58–67, 2019. DOI: 10.1080/15440478.2017.1401505.

CÂNDIDO, H. T. *et al.* Green banana and ora-pro-nóbis mixed flours: nutritional and technological characteristics. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 25, e2022081, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1981-6723.08122.

CÂNDIDO, H. T.; MARZULLO, Y. O. T.; LEONEL, M. Green Banana Flour Technology: from Raw Material to Sensory Acceptance of Products Made with Green Banana Flour in the Brazilian Scenario*.* **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 66, e23210543, 2023. DOI: 10.1590/1678-4324-2023210543

CARVALHO, G. B. M. Obtençao de cerveja usando banana como adjunto e aromatizante. 2009 Tese (Doutorado em biotecnologia industrial) – Universidade de São Paulo, Lorena, 2009.

CASTELO-BRANCO, V. N., GUIMARÃES, J. N, SOUZA, L. The use of green banana (Musa balbisiana) pulp and peel flour as an ingredient for tagliatelle pasta. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, p. e2016119, 2017. DOI: 10.1590/1981-6723.11916.

CHIANG, S. H. *et al.* Evaluation of the in vitro biological activities of banana flower and bract extracts and their bioactive compounds. **International Journal of Food Properties**, v. 24, p. 1–16, 2021. DOI: 10.1080/10942912.2020.1856134.

CHOWDHURY, N.; NICKHIL, C.; DEKA, S. C. Comprehensive review on the nutritional and therapeutic value of banana by-products and their applications in food and non-food sectors. **Food Bioscience**, v. 56, art. 103416, 2023. DOI: 10.1016/j.fbio.2023.103416.

CHRISTI, W. A.; SUWONDO, A.; SETYANINGSIH, Y. Reduction of fatigue levels of workers in the construction worker by consuming banana chips with the vacuum frying method. **E3S Web of Conferences**, v. 125, p. 05004, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912505004.

CORDEIRO, N. *et al.* Chemical composition and pulping of banana pseudo-stems.

Industrial Crops and Products, v. 19, p. 147–154, 2004. DOI: 10.1016/j.indcrop.2003.09.001.

DAMATTO JÚNIOR, E. R. D. *et al.* Produção e caracterização de frutos de bananeira Prata-Anã e Prata Zulu. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 3, p. 622–627, dez. 2005.

DANTAS, J. L. L.; SOARES FILHO, W. S. Classificação botânica, origem e evolução da bananeira. In: ALVES, E. J.; DANTAS, J. L. L. (Orgs.). Banana para exportação: aspectos técnicos da produção. Brasília: **Embrapa**, 1995. p. 9–13.

DAYOD, M.; ABAT, M. The tender core of young banana pseudostem could be nutritionally better than the banana fruit. In: **International symposia on tropical and temperate horticulture-istth2016**. 1205, 2016. p. 225–234.

DE PASCALE, A. *et al.* The circular economy implementation at the European Union level. Past, present and future. **Journal of Cleaner Production**, v. 423, p. 138658, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.202344138658.

DÍAZ, S.; ORTEGA, Z.; BENÍTEZ, A. N. Assessment of the effect of autohydrolysis treatment in banana's pseudostem pulp. **Waste Management**, v. 119, p. 306–314, 2021. DOI: 10.1016/j.wasman.2020.09.034.

DUARTE, L. G. O.; TOMÉ, P. H. F.; FRAGIORGE, E. J. Desenvolvimento e análises físico-químicas do fermentado alcoólico da polpa de banana nanica (Musa spp.). **Revista Científica Semana Acadêmica**, v. 1, n. 132, 2018.

EICHLER, P. *et al.* Biomethanol Production via Gasification of Lignocellulosic Biomass. **Química Nova**, v. 38, n. 6, p. 828–835, 2015.

ESSIEN, J. P.; AKPAN, E. J.; ESSIEN, E. P. Studies on mould growth and biomass production using waste banana peel. **Bioresource Technology**, v. 96, n. 13, p. 1451–1456, 2005.

FALCOMER, A. L. *et al*. Health Benefits of green banana consumption: a systematic review. **Nutrients**, v. 11, n. 6, p. 1222. 2019. https://doi.org/10.3390/nu11061222

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistical database**. 2023. Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/#home. Acesso em: 10 Julho. 2025.

FIALLOS-CÁRDENAS, M.; PÉREZ-MARTÍNEZ, S.; RAMIREZ, A. D. Prospects for the development of a circular bioeconomy around the banana value chain. **Sustainable Production and Consumption**, v. 30, p. 541-555, mar. 2022. DOI: 10.1016/j.spc.2021.12.014. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.12.014.

FIGUEIREDO, D. V.; BRIOSO, P. S. T. PCR multiplex para a detecção de BSV e CMV em bananeiras micropropagadas. **Revista Summa Phytopathology**, v. 33, n. 2, p. 118–123, 2007.

GABHANE, J. *et al.* Pretreatment of banana agricultural waste for bio-ethanol production: Individual and interactive effects of acid and alkali pretreatments with autoclaving, microwave heating and ultrasonication. **Waste Management**, v. 34, p. 498–503, 2014.

GASPAROTTO, L.; PEREIRA, M. C. N.; MUNIZ, A. W. **'BRS Pacoua'**: cultivar de bananeira para o estado do Amazonas. 4 p. (Embrapa. Comunicado Técnico, 170). ISSN 1517-3887, 2024.

GEBREGERGS, A.; GEBRESEMATI, M.; SAHU, O. Industrial ethanol from banana peels for developing countries: Response surface methodology. **Pacific Science Review A: Natural Science and Engineering**, v. 18, n. 1, p. 22–29, 2016.

GEISSDOERFER, M. *et al.* The Circular Economy – A new sustainability paradigm?. **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 757-768, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048.

HASSAN, U. F. *et al.* Musa sapientum peels as infallible components in ruminants feed formulation. **Chemistry Research Journal**, v. 4, n. 3, p. 105–110, 2019.

HOSSAIN, M. B.; BEGUM, H. Investigation of spinnability of banana fibers through yarn formation along with analysis of yarn properties. **American Journal of Engineering Research (AJER)**, v. 6, n. 10, p. 322–327, 2017.

IBGE. Indicadores IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - **IBGE**, 2023. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/banana/br Acesso em: 10 Julho. 2025.

IBGE. Pesquisa de Orçamentos Familiares: 2017-2018 **Avaliação Nutricional da Disponibilidade Domiciliar de Alimentos no Brasil.** Brasília, 2020.

JESUS FILHO, M. *et al.* Banana liqueur: Optimization of the alcohol and sugar contents, sensory profile and analysis of volatile compounds. **LWT – Food Science and Technology**, v. 97, p. 31–38, 2018.

KABENGE, I. *et al.* Characterization of banana peels wastes as potential slow pyrolysis feedstock. **Journal of Sustainable Development**, v. 11, n. 2, 2018.

KAPPEL, V. D.; CAZAROLLI, L. H.; PEREIRA, D. F. Beneficial effects of banana leaves (Musa x paradisiaca) on glucose homeostasis: multiple sites of action. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 23, p. 706–715, 2013. DOI: 10.1590/S0102-695X2013005000062.

KHAN, A. *et al.* Sustainable yarns and fabrics from tri-blends of banana, cotton and tencel fibres for textile applications. **Journal of Cleaner Production**, v. 426, p. 140545, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109252.

KHOOZANI, A. A.; KEBEDE, B.; EL-DIN AHMED BEKHIT, A. Rheological, textural and structural changes in dough and bread partially substituted with whole green banana flour. **LWT**, v. 126, p. 109252, 2020. Disponível em:

https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109252.

KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; HEKKERT, M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 127, p. 221-232, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005.

KUMAR, P. S. *et al.* Structural, functionalcharacterization and physicochemical properties of green banana flour from dessert and plantain bananas (Musaspp.).**LWT –Food Science and Technology**, 116, 2019. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108524

KUMAR, V. *et al.* Potential of banana based cellulose materials for advanced applications: A review on properties and technical challenges. **Carbohydrate Polymer Technologies and Applications**. V. 6, p. 100366, 2023.

KUNDARTO, W. *et al.* Wound healing activity of skin incision and skin burn from spray gel formula containing combination of banana stem (Musa acuminata Colla) and Aloe vera ethanol extracts on mice. IOP Conference Series: **Materials Science and Engineering**, v. 858, art. 012027, 2020. DOI: 10.1088/1757-899X/858/1/012027.

KUSMIYATI, SUKMANINGTYAS, R. P. Pretreated of banana pseudo-stem as raw material for enzymatic hydrolysis and bioethanol production. **MATEC Web of Conferences**, v. 154, 2018.

LARA, C. A. **Produção de aguardente de banana: emprego de enzimas pectinoliticas e efeito de fontes de nitrogênio e quantidade de inóculo na formação de álcoois superiores.** 2007. 118 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

LAU, B. F. *et al.* Banana inflorescence: Its bio-prospects as an ingredient for functional foods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 97, p. 14–28, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.023

LEONEL, M. *et al.* Blends of cassava starch with banana flours as raw materials for gluten-free biscuits. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 4, p. 2293-2312, 2021. DOI: 10.5433/1679-0359.2021v42n4p2293

LINKO, M. *et al.* Recent advances in the malting and Brewing industry. **Journal of Biotechnology**, n. 65, p. 85-98, 1998.

LORENA, D. R. **Produtividade e qualidade de bananas das cultivares 'Grand Naine' e 'BRS Tropical' em função de irrigação e adubação na região do Distrito Federal.** 2015. 118 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2015.

MARTINS, A. N. *et al.* Desempenho de Genótipos de Bananeiras em Cultivos Irrigado e Seco, na Região Centro Oeste Paulista. **Colloquium Agrariae** 2020, 16(1), 11–18. https://doi.org/10.5747/ca.2020.v16.n1.a343

MAT, K. *et al.* Effects of fermentation on the nutritional composition, mineral content and physical characteristics of banana leaves. In: **IOP CONFERENCE SERIES: EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCE.** Vol. 596. IOP Publishing, 2020. Article 012089, p. 1.

MIRANDA, T. F. *et al.* Evaluation of Banana BRS Pacoua and Mysore Cultivars in Different Cultivation Conditions. **Canadian Center of Science and Education**, v. 11, n. 18, 2019.

MOHAMAD, N. *et al.* Innovative and sustainable green concrete–A potential review on utilization of agricultural waste. **IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng**. 601, 012026, 2019. https://doi.org/10.1088/1757899X/601/1/012026.

MONZÓN, M.; PAZ, R.; VERDAGUER, M. Experimental analysis and simulation of novel technical textile reinforced composite of banana fibre. **Materials**, v. 12, n. 7, art. 1134, 2019. DOI: 10.3390/ma12071134.

MORO, K. I. B. **Desenvolvimento e caracterização de aguardente de frutas a base de polpa de banana (Musa sp.) e de syci de abacaxi (Ananas comusus (L) Merril).** 2016. 87 f. Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

MURRAY, A.; SKENE, K.; HAYNES, K. The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. **Journal of Business Ethics**, v. 140, n. 3, p. 369-380, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2.

MOTTA, G. E. *et al.* Beyond the peel: Biorefinery approach of other banana residues as a springboard to achieve the United Nations' sustainable development goals. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v. 30, art. 100893, 2022. DOI: 10.1016/j.scp.2022.100893.

NAPOLEÃO, G. M.; JESUS, P. R. R.; LEONEL, S. Cultivar diversification of banana production in Brazil. **Agronomy Science and Biotechnology**, v. 7, p. 1-14, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.33158/ASB.r127.v7.2021.

OBEROI, H. S. *et al.* Ethanol production from banana peels using statistically optimized simultaneous saccharification and fermentation process. **Waste Management**, v. 31, n. 7, p. 1576–1584, 2011.

OLIVEIRA, M. M. **Efeito da aplicação de ferramentas da qualidade sobre as características do licor de banana.** 2008. 92 f. Tese (Mestrado em Nutrição) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

PAULINE, M. *et al.* Production technique and sensory evaluation of traditional alcoholic beverage based maize and banana. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 10, p. 11–15, 2017.

PRAGATI, S.; GENITHA, I.; RAVISH, K. Comparative study of ripe and unripe banana flour during storage. **Journal of Food Processing & Technology**, v. 5, n.

11, p. 1–6, 2014.

RAMU, R. *et al.* Assessment of nutritional quality and global antioxidant response of banana (Musa sp. CV. Nanjangud Rasa Bale) pseudostem and flower. **Pharmacognosy Research**, v. 9, n. 1, p. 74, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.4103/pr.pr_67_17.

RAVINDRAN, A.; JOHN, J. A.; JACOB, S. Nutritional, functional and shelf-life assessment of processed banana inflorescence (Musa paradisiaca). **Journal of Postharvest Technology**, v. 9, n. 2, p. 58–70, 2021.

REIS, R. C. *et al.* Physicochemical and sensorial quality of banana genotypes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, p. 89–95, 2016.

REN, Q.; ALBRECHT, J. Toward circular economy: the impact of policy instruments on circular economy innovation for European small medium enterprises. **Ecological Economics**, v. 207, p. 107761, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2023.107761.

ROSA, A. M. E. B. **Produção e avaliação de cerveja com baixo teor alcoólico utilizando banana como adjunto do malte.** 2021. 92 p. Tese (Doutorado em Biotecnologia Industrial, área de concentração em Microbiologia Aplicada) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2021.

SALAMA, Z. A. *et al.* In-vitro antioxidant, antimicrobial and anticancer activities of banana leaves (Musa acuminata) and olive leaves (Olea europaea L.) as by-products. **Research Journal of Pharmacy and Technology**, v. 13, n. 2, p. 687–696, 2020.

SAMPAIO, C. A. P.; SANTOS, D. F. **Obtenção do destilado da banana nanica a partir de alambique confeccionado com material alternativo**. 2020. 15 f. Tese (Conclusão de Curso em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Rio Grande do Norte, 2020.

SANCHES, J. **Avaliação de danos mecânicos causados em banana "Nanicão" durante as etapas de beneficiamento, transporte e embalagem**. 2004. Dissertação (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, 2004.

SANGO, T.; STOCLET, G.; JOLY, N. Water–soluble extracts from banana pseudo–stem as functional additives for polylactic acid: thermal and mechanical investigations. **European Polymer Journal**, v. 112, p. 466–476, 2019. DOI: 10.1016/j.eurpolymj.2019.01.009.

SANTOS, E. O. **Adubações orgânica e mineral em mudas micropropagadas de banananeira cv Prata Catarina durante a aclimatização**. 2014. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014. 81 f.

SASIDHARA, S. *et al.* Development of novel biofilm using Musa acuminata (waste

banana leaves) mediated biogenic zinc oxide nanoparticles reinforced with chitosan blend. **Journal of King Saud University – Science.** V. 36, p. 103080. 2024. https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.103080.

SCARPARE FILHO, J. A. *et al.* **Cultivo e produção de banana**. Piracicaba: ESALQ, 2016.

SCHEEL, C. Beyond sustainability: transforming industrial zero-valued residues into increasing economic returns. **Journal of Cleaner Production**, v. 131, p. 376-386, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.018.

SHANDILYA, N. K.; SIDDIQ, M. Ripe banana processing, products, and nutrition. In: SHARMA, R.; BELL, M. (Eds.). **Handbook of Banana Production, Postharvest Science, Processing Technology, and Nutrition**. Hoboken: Wiley, 2020. p. 99–116. Disponível em: https://doi.org/10.1002/9781119528265.ch6.

SILVA, V. F. N. **Estudos de pré-tratamento e sacarificação enzimática de resíduos agroindustriais como etapas no processo de obtenção de etanol celulósico**. 2009. Tese (Mestrado em Biotecnologia Industrial) – Universidade de São Paulo, Lorena, 2009. 113 f.

SILVA, M. B. G. *et al.* Qualidade físico-química e sensorial de aguardentes de polpa de banana e banana integral submetidas à hidrólise enzimática. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 20, n. 2, p. 217-221, 2009.

SILVA, S. O. E. *et al.* Melhoramento genético da bananeira: Estratégias e tecnologias disponíveis. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 3, p. 919–931, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000300032.

SILVA, A. C. P.; SARTORI, G. V.; OLIVEIRA, A. L. Composição nutricional do coração da bananeira e sua utilização como um alimento alternativo. **Revista Saúde e Biologia**, v. 9, n. 2, p. 40–45, 2014. Campo Mourão.

SILVA, N. C. **Uso de metodologias alternativas na secagem de diferentes materiais visando a preservação de compostos bioativos**. 2019. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. 209 f.

SILVA, T. G. E. *et al.* Economia circular: um panorama do estado da arte das políticas públicas no Brasil. **Revista Produção Online**, Florianópolis, SC, v. 21, n. 3, p. 951-972, 2021.

SILVA, L. J. *et al.* Desenvolvimento da antracnose e caracterização física e química em bananas ‘Prata-Anã’ e ‘Prata Catarina’ no semiárido mineiro. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 17, n. 1, p. 3457–3469, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.55905/revconv.17n.1-205.

SILVEIRA, P. R. N. **Uso da α-amilase na produção de etanol a partir de resíduos da casca de banana**. 2020. Tese (Conclusão de Curso em Engenharia de Alimentos) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiás, 2020. 45 f.

SOUZA, O. *et al.* Energia alternativa de biomassa: Bioetanol a partir da casca e da polpa de banana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 915–921, 2012.

SOUZA, P. K. *et al.* Simulation of dilute acid hydrolysis of banana waste for ethanol production: Comparison between the use of fruits, peel and pseudostem. **Chemical Engineering Transactions**, v. 32, p. 231–236, 2013.

SUPRAYITNO, E. *et al.* Banana blossom addition to increase food fiber in tuna (Thunnus sp.) floss product as functional food for degenerative disease's patient. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 1036, n. 1, p. 012095, 2022.

VALÁSQUEZ-ARREDONDO, H. I.; RUIZ-COLORADO, A. A.; OLIVEIRA JUNIOR, S. Ethanol production process from banana fruit and its lignocellulosic residues: Energy analysis. **Energy**, v. 35, p. 3081–3087, 2010.

VILAS BOAS, E. V. B. *et al.* Características da fruta: banana pós-colheita. Brasília: **EMBRAPA**, 2001. p. 15–19.

VIRKAJÄRVI, I. **Feasibility of continuous main fermentation of beer using imobilized yeast**. 2001. 137p. Tese (Doutorado em tecnologia), HUT, Helsinki, Finlandia, 2001.

WORLD POPULATION REVIEW. **Banana consumption by country 2024**. Disponível em: https://worldpopulationreview.com/country-rankings/banana-consumption-by-country.

YANGILAR, F. Effects of green banana flour on the physical, chemical and sensory properties of ice cream. **Food Technology and Biotechnology**, v. 53, n. 3, p. 315–323, 2015.

YINGYUEN, P.; SUKRONG, S.; PHISALAPHONG, M. Isolation, separation and purification of rutin from banana leaves (Musa balbisiana). **Industrial Crops and Products**, v. 149, art. 112307, 2020. DOI: 10.1016/j.indcrop.2020.112307.

ZAINI, H. M. *et al.* Banana biomass waste: A prospective nanocellulose source and its potential application in food industry – A review. *Heliyon*, v. 9, art. e18734, 2023. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e18734.

ZARIN, M. A. *et al.* Investigation of potential anti-urolithiatic activity from different types of Musa pseudo-stem extracts in inhibition of calcium oxalate crystallization. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, v. 20, art. 317, 2020. DOI: 10.1186/s12906-020-03113-0.

CAPÍTULO 2
PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHAS DA INFLORESCÊNCIA DE BANANEIRAS [1]

Resumo

A inflorescência da bananeira, que também é conhecida como “flor de bananeira” ou “coração da bananeira”, é uma estrutura em forma de coração vermelho-púrpura escuro que se encontra no final do caule ou pedúnculo. A inflorescência da bananeira é geralmente removida quando atinge um certo tamanho para evitar que interfira com o crescimento e a maturação dos frutos, apresentando-se como um subproduto da produção agrícola. Para cada 10 kg de bananas são produzidos aproximadamente 375 gramas da inflorescência. Com a produção de bananas no Brasil, estima-se que são produzidas, em média, 257,8 toneladas de inflorescência. Esse subproduto é frequentemente descartado, mas sua valorização como matéria-prima para a produção de farinha representa uma alternativa sustentável. Este estudo desenvolveu farinhas a partir da inflorescência masculina de sete cultivares de banana para explorar novas formas de utilização desse subproduto e promover práticas sustentáveis na bananicultura. Análises indicaram que as frações da inflorescência possuem diferentes composições, sendo que a parte apical da inflorescência contém altas concentrações de proteínas e cinzas, as flores contêm altas concentrações de lipídeos e massa seca, e as brácteas altas concentrações de açúcares totais, açúcares redutores e fibras.

Palavras-chave: farinha; subproduto bananicultura; coração da bananeira; inflorescência.

1 – Esté Capítulo foi publicado na Agriculture – MDPI.

Abstract

The banana inflorescence, also known as "banana flower" or "banana heart," is a heart-shaped structure with a dark red-purple color found at the end of the stalk or peduncle. The banana inflorescence is typically removed when it reaches a certain size to prevent it from interfering with the growth and ripening of the fruit, and it ends up as an agricultural by-product. For every 10 kg of bananas, approximately 375 grams of inflorescence are produced. With banana production in Brazil, it is estimated that an average of 257.8 tons of inflorescence is produced. This by-product is often discarded, but its use as a raw material for flour production represents a sustainable alternative. This study developed flours from the male inflorescence of seven banana cultivars to explore new ways to utilize this byproduct and promote sustainable practices in banana cultivation. Analyses indicated that different parts of the inflorescence have varied compositions, with the heart containing high concentrations of proteins and ash, the flowers containing high concentrations of lipids and dry mass, and the bracts having high concentrations of total sugars, reducing sugars, and fibers.

Keywords: four; banana byproduct; banana heart; inflorescence.

2.1 Introdução

A banana é uma das frutas mais cultivadas globalmente, com predominância em nações tropicais. A Índia lidera a produção mundial, alcançando 36,64 milhões de toneladas. Em seguida, a China ocupa o segundo lugar com uma produção de 11,702 milhões de toneladas. A Indonésia posiciona-se em terceiro lugar com 9,335 milhões de toneladas, seguida pela Nigéria com 7,308 milhões de toneladas, pelo Equador com produção de 7,198 milhões de toneladas e pelo Brasil, com uma produção de 6,825 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2025)

Com uma produção de 976,5 mil toneladas de banana no ano de 2022. Em segundo lugar está a Bahia, com 862,6 mil toneladas, seguido por Minas Gerais, com 846,8 mil toneladas, e Santa Catarina, com 693,4 mil toneladas. A maior região produtora de banana do estado de São Paulo se concentra no Vale do Ribeira (IBGE, 2025).

A inflorescência da bananeira surge do centro do pseudocaule, aproximadamente de 10 a 15 meses após o plantio (Amutha; Sudha; Saravanan, 2020). A remoção dessa estrutura reduz o peso do cacho (diminuindo as chances de

tombamento da planta), diminui o atrito entre as partes da planta e ajuda a prevenir doenças causadas por insetos e fungos. Além disso, acelera a maturação dos frutos e aumenta sua doçura, pois a inflorescência consome parte da seiva que seria destinada para a produção dos frutos (Borges *et al.*, 2009).

De acordo com Fiallos-Cárdenas, Pérez-Martínez e Ramirez (2022) para a produção de 10 kg de banana são produzidos aproximadamente 375 gramas de inflorescência. Apesar de não ser um volume grande considerando cada planta individualmente, observando a produção do estado de São Paulo é possível deduzir que são produzidas em média 37,3 toneladas de inflorescência de bananeira, valor que aumenta para 257,8 toneladas quando se considera a produção do Brasil, sendo que na maioria das vezes a inflorescência é vista como um resíduo para a bananicultura e descartado no campo.

As Inflorescências são compostas de três principais componentes, as brácteas de coloração roxa que protegem as flores, as flores que podem ser femininas ou masculinas e a parte apical da inflorescência, onde as brácteas e as flores se desenvolvem (Amutha; Sudha; Saravanan, 2020; Marinho; Pascoal, 2023).

Soni e Saxena (2022) avaliaram composição centesimal da inflorescência de bananeira, os valores em g/100g encontrados foram: 71,516 de umidade, 3,58 de cinzas, 12,379 de fibras, 4,502 de lipídeos, 5,639 de proteínas e 2,64 de carboidratos.

Na indústria alimentícia, estudos recentes revelam que a farinha de banana verde, pode ser usada como ingrediente em uma vasta gama de alimentos, apresentando boa aceitação sensorial (Stragliotto *et al.*, 2022; Cândido; Leonel; Marzulo, 2023). Nessa perspectiva também podem ser exploradas as inflorescências para produção de farinhas e utilização destas como substitutas parciais para as farinhas convencionais (Carvalho *et al.*, 2015; Ramu *et al.*, 2017; Basumatary; Nath, 2018; Marinho; Pascoal, 2023; Kumari; Gaur; Tiwari, 2023).

Atualmente, as práticas de gerenciamento dos resíduos gerados na produção de bananas, como a incineração e o envio para aterros, não são vistas como ambientalmente sustentáveis. Uma alternativa promissora é a valorização desses resíduos, reintegrando-os ao ciclo produtivo com uma abordagem de "circularidade" e o classificando como um subproduto. Essa estratégia pode diminuir a geração de resíduos e reduzir as emissões de gases de efeito estufa no cultivo de bananas, além de fomentar a bioeconomia e apoiar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 2, 7, 8, 9 e 12. (Fiallos-Cárdenas; Pérez-Martínez; Ramirez, 2022).

No contexto de avanços na bananicultura atrelado aos princípios do desenvolvimento sustentável, este estudo visou produzir e avaliar farinhas obtidas pelo processamento de diferentes partes da inflorescência de sete cultivares de bananeiras, gerando um maior conhecimento destes tecidos e um maior aproveitamento deste alimento, como forma de contribuir para os avanços nos conhecimentos sobre potencialidades de uso de subproduto da bananicultura.

2.2 Materiais e métodos

2.2.1 Área experimental

O cultivo das bananeiras foi realizado na Fazenda Experimental de São Manuel, localizada no município de São Manuel-SP, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista (FCA/UNESP). A fazenda está situada a 22º44’48’’S, 48º34’37’’, a uma altitude de 740 metros acima do nível do mar. A região possui um clima Cwa, classificado como temperado quente (mesotérmico) e úmido, segundo o sistema de classificação de Köppen (Cunha; Martins, 2009). O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico de textura arenosa, de acordo com a nomenclatura do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa *et al.*, 2013).

O campo experimental foi preparado dois meses antes do plantio por meio de aração e gradagem. Quarenta mudas das cultivares de bananeira Prata-Anã, SCS451 Catarina, Galil-18, BRS Japira, BRS Fhia Maravilha, BRS Pacoua e BRS Vitória, produzidas por cultura de tecidos na biofábrica no município de Cruz das Almas, estado da Bahia, Brasil, passaram três meses aclimatação na estufa. A Tabela 1 mostra algumas das caraterísticas das cultivares plantadas.

Tabela 1 - Características das cultivares de banana.

Cultivares	Genótipos	Altura da planta (m)	Frutos por penca	Comprimento do fruto (cm)	Peso do fruto (g)	Produção (t ha^{-1})
Prata-Anã	AAB	2,3	149-190,5	17,3-20	115-119	19,7
SCS451 Catarina	AAB	3,22-3,3	121,3	17	135-145	23,5-36,7
Galil 18	AAAB	2,12-2,5	97,8-118	13,8-16,4	167,9	16,3-21
BRS Japira	AAAB	2,48	80,5	12,8-20,5	122,8-184,78	20
BRS Fhia Maravilha	AAAB	2,6-2,31	145,6-175	24,3-25	243-245	17,8
BRS Pacoua	AAAB	2,4-3,5	120-130	15	150	17,2-30
		Susceptibilidade a pragas e doenças				
Prata-Anã	Suscetível à Sigatoka Amarela (Mycosphaerella musicola, Leach), à Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet), ao Moko (*Ralstonia solanacearum*), moderadamente suscetível à Doença do Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. cubense), moderadamente resistente aos nematoides e à Broca do Rizoma (*Cosmopolites sordidus*)					
SCS451 Catarina	Suscetível à Sigatoka Amarela e à Sigatoka Negra e moderadamente suscetível à Doença do Panamá.					
Galil 18	Resistente à Sigatoka Negra, moderadamente suscetível à Sigatoka Amarela e tolerante à Doença do Panamá.					
BRS Japira	Resistente à Sigatoka Negra, Sigatoka Amarela, Doença do Panamá e Antracnose.					
BRS Fhia Maravilha	Resistente à Sigatoka Negra e à Doença do Panamá, moderadamente resistente à Sigatoka Amarela e moderadamente suscetível à Broca do Rizoma.					
BRS Pacoua	Resistente à Sigatoka Amarela e à Doença do Panamá e moderadamente resistente à Sigatoka Negra.					

Fonte: Costa *et al.* (2012), Albuquerque, Schurt, Alves (2022), Silva *et al*., (2015), Embrapa, (2016), Lichtemberg *et al.*, (2011), Pereira, Gasparotto, Pereira, (2005), Jesus *et al.*, (2024) e Martins *et al.*, (2020).

Após aclimatação em casa de vegetação, as mudas foram transplantadas para o campo em novembro de 2020, com espaçamento de 3 m entre linhas e 2,5 m entre plantas, com quatro linhas por cultivar. O plantio e o manejo da cultura seguiram as recomendações técnicas para a região (Teixeira *et al.*, 2014). A adubação foi realizada com base nos resultados das análises de solo.

As bananeiras foram cultivadas em sistema de sequeiro. O controle das plantas

daninhas foi efetuado sempre que necessário, com recurso a monda manual e roçadora. Foram realizados os tratos culturais recomendados para a cultura, tais como: adubação de cobertura, controle de ervas daninhas, desbaste de perfilhos, retirada de folhas velhas, escoramento das plantas, ensacamento dos cachos, controle fitossanitário e desbaste. O desbaste das bananeiras iniciou-se no quinto mês após o plantio (abril de 2021), seguindo o sistema tradicional de manejo da cultura, deixando-se três plantas por touceira, o que corresponde à planta “mãe”, “filha” e uma muda (neta) (Teixeira *et al.*, 2014; Nomura *et al.*, 2020).

2.2.2 Colheita das inflorescências

Foram colhidas dez inflorescências de bananeira por cultivar, em plantas saudáveis, durante a manhã. As inflorescências foram colhidas da planta filha 15 a 20 dias após a emissão do último ponteiro do cacho, quando o espaço entre o último ponteiro e a inflorescência atingiu 15 cm. Após a colheita, as inflorescências foram transportadas para o laboratório onde foram pesadas, e suas frações foram separadas manualmente com facas higienizadas. As brácteas e as flores masculinas foram destacadas até a separação da parte apical, também conhecida como palma ou palmito (parte interna amarela) (Figura 1). Após a separação das partes da inflorescência, estas foram pesadas e foi calculada a percentagem de cada parte em relação à massa total.

Figura 1 - Inflorescência da bananeira e suas frações. 1 – Flores; 2 – Brácteas; 3 – Parte apical; 4 – Fração do Pseudocaule

Fonte: o autor.

2.2.3 Produção e analise das farinhas

As partes da inflorescência foram lavadas em água para remover resíduos contaminantes, higienizadas (solução de hipoclorito 200 ppm/ 15 min), e enxaguadas em água potável para remover o cloro residual. As amostras foram cortadas em pedaços utilizando facas higienizadas. As amostras foram secas em estufa com circulação de ar a 50°C durante 8-24 horas (até as amostras terem um teor de umidade próximo de 10%). Os materiais secos foram moídos num moinho de facas, peneirados (40 mesh), armazenados em embalagens seladas de polietileno de alta densidade e mantidos a 5°C para análises futuras.

As farinhas foram analisadas quanto à composição centesimal, minerais, parâmetros de cor, índice de absorção de água e índice de solubilidade em água.

2.2.4 Composição centesimal das farinhas das frações da inflorescência de bananeiras

As farinhas de Bráctea, flor e parte apical da inflorescência das sete cultivares de bananeiras foram analisadas para umidade, cinzas, lipídeos, proteína, fibras, açúcares totais e açúcares redutores, conforme metodologia internacional proposta pela AOAC (AOAC, 2000).

2.2.4.1 Umidade

Foram levados cadinhos a estufa a temperatura de 105±2 °C durante uma hora e em seguida estes cadinhos foram mantidos em dessecador com sílica perolada por uma hora, garantindo assim a padronização do recipiente, para que fossem pesados. Foram pesados aproximadamente 1000mg de cada amostra e acondicionadas em seus respectivos cadinhos, que agora com a amostra retornaram para a estufa a 105 °C pelo período de oito horas, seguido de resfriamento de uma hora em dessecador. Os cadinhos foram pesados novamente e o resultado foi utilizado na equação 1 para determinação do teor de umidade expresso em g/100g de amostra (Método 968.11, AOAC, 2000).

$$Umidade = (1 - \frac{(Peso\ cadinho\ com\ amostra\ seca - peso\ cadinho\ vazio)}{Peso\ da\ amostra\ úmida}) * 100 \quad (1)$$

2.2.4.2 Cinzas

Foram levados cadinhos a estufa a temperatura de 105 °C durante uma hora e

em seguida estes cadinhos foram mantidos em dessecador por uma hora, sendo então pesados em balança analítica. Posteriormente, foram pesados aproximadamente 1000mg de cada parcela experimental e acondicionadas em seus respectivos cadinhos, os cadinhos agora com amostra foram levados a mufla inicialmente a 150 °C, sendo esta aquecida gradualmente até 550 °C onde foi mantida durante o período de 2 horas e então desligada. Após o resfriamento da mufla para 200 °C, os cadinhos foram retirados e colocados no dessecador por uma hora para resfriamento e então pesados novamente e o resultado calculado de acordo com a equação 2 e expresso em g/100g (Método 941.12, AOAC, 2000).

$$Cinzas = \frac{(Peso\ cadinho\ com\ amostra\ calcinada - peso\ cadinho\ vazio)}{Peso\ da\ amostra\ \text{úmida}} \qquad (2)$$

2.2.4.3 Lipídeos

Foram levados balões de fundo chato a estufa a temperatura de 105 °C durante uma hora e em seguida estes balões foram mantidos em dessecador por uma hora, garantindo assim a padronização do recipiente, para que fossem pesados. Foram pesados aproximadamente 2000mg de cada amostra e acondicionadas em cartuchos de papel filtro utilizando algodão para evitar que a amostra pudesse sair de dentro do copinho. Os cartuchos foram acondicionados na câmara de extração do extrator Soxhlet e foram adicionados aproximadamente 200 ml de éter de petróleo no balão de fundo chato. Em seguida o extrator foi montado com o balão, a câmara de extração e o condensador. O conjunto foi acondicionado sobre manta térmica durante o período de 6 horas. Após este período os balões foram levados à estufa a temperatura de 105 °C durante uma hora e, posteriormente, mantidos em dessecador por uma hora para então serem pesados. O teor de lipídeos (g/100g) foi calculado através da equação 3 (Método 920.39, AOAC, 2000).

$$Lipídeos = \frac{(Peso\ final - Peso\ balão\ vazio)}{Peso\ da\ amostra} * 100 \qquad (3)$$

2.2.4.4 Proteínas

Foram pesados 0,25g de cada amostra em tubo digestor de proteínas, em seguida todos os tubos identificados com sua respectiva amostra foram adicionados de 0,5g de mistura digestora de proteínas e adicionados de 4ml de ácido sulfúrico P.A. em capela. Os tubos preparados foram levados para bloco digestor a 250 °C dentro

de capela para exaustão dos gases até que perdessem sua coloração se tornando incolor. Após o resfriamento da amostra, os tubos foram levados para o equipamento destilador de nitrogênio (arraste a vapor). Um erlenmeyer contendo 10 ml de solução receptora para Proteínas (2% acido bórico e 0,1% indicadores vermelho de metila e verde de bromocresol) foi acondicionado na saída do destilador e 25 ml de NaOH 50% foi liberado internamente no destilador para entrar em contato com a amostra no tubo digestor. Após a reação do NaOH e com a solução receptora posicionada foi iniciado a destilação que foi mantida até se destilar 75ml. O destilado foi titulado com acido sulfúrico 0,1N até a viragem de verde para rosa e o volume de acido foi anotado. O cálculo do teor de proteína seguiu a equação 4 e o resultado expresso em g/100g (Método 979.09, AOAC, 2000).

$$Proteínas = \frac{(Valor\ titulação - Branco) * 0{,}00014 * 10}{Peso\ da\ amostra} * 6{,}25 \qquad (4)$$

2.2.4.5 Fibras

Foram selados três lados de recipiente produzido a partir de TNT (5cm x 5cm), e estes foram marcados de acordo com a amostra que seria posteriormente inserida no mesmo e então foram levados a estufa a temperatura de 105 °C durante uma hora e em seguida estes recipientes foram mantidos em dessecador por uma hora, garantindo assim a padronização da umidade. Os recipientes foram pesados e então adicionados com 1g de amostra e sua extremidade aberta foi então lacrada em seladora a quente. As amostras foram levadas ao digestor de fibras (Marconi, MA-444/CI) e foi adicionado H_2SO_4 (1,25%) em quantidade suficiente para garantir total imersão de todas as amostras. O equipamento então foi aquecido a 45 °C e mantido sobre agitação durante 45 minutos. Após a digestão ácida o equipamento foi drenado e as amostras lavadas com água deionizada fervente. Em seguida, o equipamento foi novamente drenado e foi então adicionado de NaOH (1,25%) em quantidade suficiente para garantir total imersão das amostras. Novamente o equipamento foi aquecido a 45 °C e mantido sobre agitação durante 45 minutos. Após a digestão básica o equipamento foi drenado e as amostras lavadas três vezes com água deionizada fervente. As amostras foram acondicionadas em bandeja metálica e levadas a estufa a temperatura de 105 °C durante oito horas e em seguida mantidas em dessecador por uma hora. Decorrido o resfriamento das amostras estas foram

pesadas e o resultado calculado pela equação 5 e expresso em g/100g (Método 985.29, AOAC, 2000).

$$Fibras = \frac{(Peso\ final - peso\ envelope)}{Peso\ da\ amostra} * 100 \quad (5)$$

2.2.5 Cor da farinha

A caraterização da cor das farinhas foi efetuada utilizando um colorímetro (Minolta CR-400, JAPÃO). As medições foram efetuadas através de leituras diretas das amostras sob o iluminante D65 (luz do dia, 6500 K) com um ângulo de observação de 10◦. Foi utilizada uma placa de calibração branca para padronizar o equipamento antes das medições de cor (Y=93,69, x=0,3170, y=0,3335). Foram registados os valores de L* (coordenada de luminosidade CIE), a* (atributo de cor CIE vermelho(+) /verde(-)) e b* (atributo de cor CIE amarelo(+)/azul(-)). O índice de brancura (WI) e o índice de acastanhamento (BI) foram calculados (Equações 8 e 9) (Pathare; Opara; Ai-Said, 2013; Wrolstad; Smith, 2017).

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L*) + a^{*2} + b^{*2}} \quad (8)$$

$$BI = \frac{100(X - 0{,}31)}{0{,}172} \quad (9)$$

2.2.6 Capacidade de retenção de água e solubilidade em agua

A Capacidade de Retenção de Água (CRA) das farinhas foi determinada seguindo a técnica de centrifugação proposta por Rodríguez-Ambriz *et al.* (2008). Para a análise, foram adicionados 0,5 g de amostra e 10 ml de água destilada a 28 °C num tubo de centrifugação. Após agitação durante 1 min com um agitador vortex, manteve-se à temperatura ambiente durante 30 min e depois foi realiazada centrifugação a 3000 rpm durante 30 min. Após a centrifugação, o sobrenadante foi eliminado e o tubo foi virado ao contrário durante 1 minuto. O resíduo foi pesado e o CRA foi expresso em g de água retida por g de amostra (Equação 10).

$$CRA = \frac{PR}{PA} \quad (10)$$

Onde: PR: peso do resíduo da centrifugação (g); PA= peso da amostra (g).

Para a determinação da solubilidade (SS) das farinhas de inflorescência, 1 g de farinha foi cuidadosamente adicionado a 50 mL de água destilada em um tubo plástico e agitado por 5 min. A solução foi centrifugada a 3000 x g por 5 min. Uma alíquota de 20 mL do sobrenadante foi transferida para placas de Petri pré-pesadas e foram levadas imediatamente para estufa a 105 °C por 5 h.
Em seguida, a solubilidade (%) foi calculada por diferença de peso (De Sá Mendes *et al.*, 2020).

2.2.7 Análise dos minerais

As farinhas foram avaliadas para determinação das concentrações dos minerais fosforo, potássio, calcio, magnésio, cobre, ferro manganes e zinco foram avaliados seguindo a metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1997)

2.2.8 Análise dos dados

Os resultados das análises físico-químicas foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5 % de significância. As comparações estatísticas dos resultados foram feitas entre cada parte das inflorescências de cada cultivar (Vieira, 2006). Todos os testes estatísticos foram realizados com auxílio do software SISVAR (Ferreira, 2019). Foi efetuada uma análise de componentes principais (PCA) para correlacionar e discriminar cultivar e identificar as relações entre os diferentes componentes utilizando o software XLSTAT (Addinsoft, Nova Iorque, EUA).

2.3 resultados e discussão

2.3.1 Massas das frações da inflorescência e rendimento

A inflorescência é composta por três partes principais: as brácteas, uma estrutura externa em forma de bainha, de cor avermelhada a roxa, flores esbranquiçadas conhecidas como floretes, e a parte apical (Pushpaveni,

Visagaperumal, Chandy, 2019). As inflorescências colhidas das cultivares Prata-Anã e BRS Fhia Maravilha se diferenciaram pelo maior peso, o que se deve à maior massa de brácteas e flores. A 'BRS Pacoua' e a 'BRS Vitória' apresentaram inflorescências de menor peso, semelhante ao peso de 558,48 g relatado por Silva Neto *et al.* (2024) como a média de 23 amostras de inflorescências colhidas de banana (Musa sp. cv. Pacovan). Para todas as cultivares, a fração com maior peso fresco foi a das brácteas, seguida das flores e da parte apical (Tabela 2).

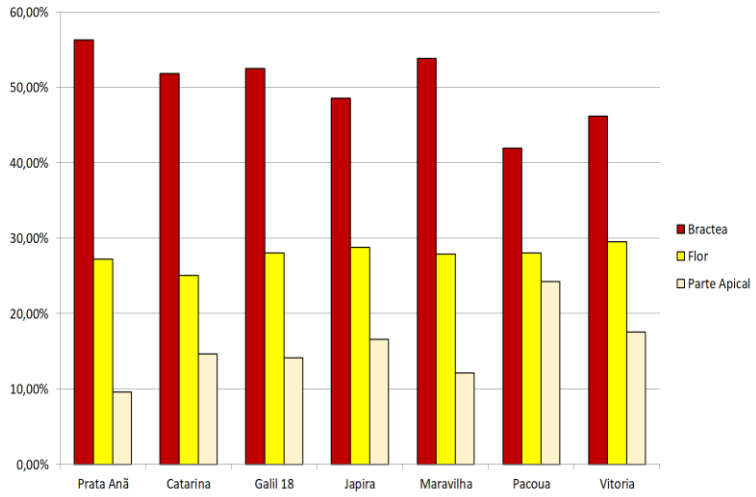
Tabela 2 - Medias dos pesos frescos em gramas das inflorescências sem o raqui e de suas frações nas diferentes cultivares de bananeira.

	Inflorescência	Brácteas	Flores	Parte apical da inflorescência
Prata-Anã	1245,42 ± 247,09 a	701,38 ± 156,72 a	339,02 ± 53,96 a	119,66 ± 24,89 b
SCS 451 Catarina	895,42 ± 122,53 b	464,3 ± 76,25 b	224,48 ± 22,97 b	131,36 ± 28,98 b
Galil 18	874,14 ± 69,21 b	459,08 ± 34,23 b	245,3 ± 20,9 b	123,26 ± 15,69 b
BRS Japira	874,14 ± 195,14 b	314,54 ± 85,1 c	186,32 ± 60,89 b	107,24 ± 37,33 b
BRS Fhia Maravilha	1129,4 ± 228,99 a	607,72 ± 128,75 a	314,8 ± 87,21 a	137,15 ± 13,57 b
BRS Pacoua	777,42 ± 62,49 b	325,96 ± 49,83 c	217,8 ± 21,43 b	188,56 ± 34,86 a
BRS Vitoria	681,26 ± 114,47 b	314,46 ± 57,4 c	201,16 ± 30,98 b	119,28 ± 22,7 b

Fonte: o autor.
Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p<0,05$).

As cultivares Prata-Anã e BRS Fhia Maravilha apresentam inflorescências maiores, com maiores volumes de Brácteas e flores, entretanto apresentam um volume de parte apical da inflorescência menor quando comparada a cultivar BRS Pacoua, a qual se sobressai dos demais cultivares neste parâmetro (Figura 2).

Figura 2 - Distribuição percentual de massa fresca das partes das inflorescências das bananeiras



Fonte: o autor

É possível observar que a distribuição de peso para todos os cultivares segue o mesmo padrão, onde as brácteas são a fração responsável pela maior fração de peso, em seguida as flores e por último a parte apical da inflorescência da bananeira que apresenta o menor peso dentre as frações

2.3.2 Composição centesimal das farinhas produzidas a partir das frações das inflorescências de bananeiras

O cultivar da banana e a parte da inflorescência influenciaram a composição centesimal das farinhas (Tabela 3). Independentemente da cultivar e da parte da inflorescência, os intervalos de umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, fibras e carboidratos das inflorescências de banana foram 8,42 a 10,1 para umidade, 9,48 a 13,3 para cinzas, 7,19 a 19,4 para proteínas, 3,52 a 7,97 para lipídios, 27,7 a 41,9 para fibras e 18,44 a 32,64 para carboidratos.

A inflorescência da banana tem um teor de umidade muito elevado (Tabela 3), o que resulta num curto período de conservação, justificando a produção de farinhas para ampliar as possibilidades de utilização. As farinhas foram desidratadas até atingirem valores próximos a 10g/100g. O baixo teor de umidade das farinhas de inflorescência neste estudo significa que são mais estáveis e podem ter um prazo de validade mais longo.

Tabela 3 - Composição centesimal das farinhas de Brácteas obtidas das diferentes cultivares.

g/100g	Parte da inflores-cência	Cultivares						
		Prata-Anã	SCS 451 Catarina	Galil 18	BRS Japira	BRS Fhia Maravilha	BRS Pacoua	BRS Vitória
Umidade	Bractea	9,83 Ac	9,63 Bd	9,50 Ae	9,64 Ad	9,35 Be	10,06 Aa	10,1 Ab
	Flores	9,58 Ba	9,15 Cb	8,42 Cd	9,17 Bb	8,82 Cc	9,67 Ca	8,89 Bc
	Parte Apical	9,99 Aa	10,1Aa	8,97 Bc	8,80 Cd	9,79 Ab	10,0 Ba	9,03 Bc
Cinzas	Bractea	10,0 Bc	10,9 Ba	9,56 Cd	11,0 Ba	9,73 Bd	9,57 Bd	10,5 Bb
	Flores	9,60 Cd	11,1 Ba	10,0 Bc	9,58 Cd	9,48 Bd	9,86 Bc	10,7 Bb
	Parte Apical	11,8 Ac	13,3 Aa	12,6 Ab	11,7 Ac	12,1 Ac	12,0 Ac	12,5 Ab
Proteína	Bractea	7,76 Cd	8,19 Cc	7,19 Ce	10,1 Cb	7,52 Cd	7,66 Cd	10,6 Ca
	Flores	13,6 Bb	13,2B b	11,8 Bc	12,1 Bc	11,1 Bd	12,2 Bc	14,4 Ba
	Parte Apical	19,4 Aa	17,4 Ac	17,3 Ac	18,5 Ab	17,8 Ac	17,4 Ac	19,3 Aa
Lipídeos	Bractea	4,95 Ba	4,37 Cb	5,00 Ca	3,99 Cc	3,99 Cc	3,87 Bc	4,29 Cb
	Flores	5,89 Ad	6,80 Ab	7,97 Aa	6,41 Ac	6,41 Ac	6,65 Ab	5,98 Ad
	Parte Apical	4,27 Cd	5,53 Bc	5,84 Bb	4,40 Bd	4,40 Bd	6,65 Aa	5,61 Bc
Fibra	Bractea	34,8 Ab	40,0 Aa	40,6 Aa	40,6 Aa	40,0 Aa	41,9 Aa	39,9 Aa
	Flores	37,2 Aa	36,8 Ba	35,0 Bb	35,0 Bb	38,6 Aa	31,1 Bb	40,7 Aa
	Parte Apical	27,7 Bb	33,8 Ba	30,2 Cb	30,2 Cb	30,8 Bb	35,4 Ba	32,4 Ba
Carboi-dratos	Bractea	32,64 Aa	26,92 Ab	31,22 Aa	25,04 Ab	29,41 Aa	26,41 Ab	24,62 Ab
	Flores	24,11 Bb	22,90 Bb	26,48 Ba	27,51 Aa	25,56 Aa	30,47 Aa	19,36 Bc
	Parte Apical	26,85 Ba	19,90 Bb	22,33 Bb	24,77 Aa	25,12 Aa	18,44 Bb	21,25 Bb

Fonte: o autor.
Letras maiúsculas na coluna comparam as médias das diferentes partes da inflorescência para a cultivar, e letras minúsculas na linha comparam as médias das cultivares para a mesma parte da inflorescência. Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Scott & Knott ($p<0,05$).

A composição aproximada das farinhas (Tabela 3) variou de acordo com a parte da inflorescência e das cultivares. A ordem dos nutrientes presentes na matéria seca para todas as partes das inflorescências foi: fibras> carboidratos> proteínas> cinzas> lipídeos. Senevirathna e Karim (2024) também relataram variações na composição centesimal de toda a inflorescência (base de peso seco): 16,09 a 59,68 % de carboidratos, 1,53 a 19,60 % de proteína, 23,71 a 52,16 % de fibra e 6,51 a 18,30 % de cinzas. Os dados apresentados na Tabela 3 estão dentro do intervalo do referido estudo.

O teor de cinzas obtido da farinha representa o conteúdo mineral e o seu nível é um indicador de qualidade. As farinhas de inflorescência apresentaram teores de cinzas que variaram de 9,48 a 13,3 g/100g (Tabela 3). Nogueira *et al.* (2024) analisaram o parte apical, a parte central amarela da inflorescência masculina, de duas cultivares de banana e relataram um teor de umidade de 92,7 - 93,2 g/100g e um teor de cinzas de 0,86 - 0,87 g/100g (cerca de 12,27 g/100g em base seca),

semelhantes aos observados neste estudo para esta parte da inflorescência.

Foram observados teores consideráveis de proteínas nas farinhas de inflorescência de banana (Tabela 3). É importante destacar os maiores teores observados para as farinhas obtidas pelo processamento da parte apical (17,3 a 19,4 g/100g), sendo os maiores teores observados para as farinhas das cultivares BRS Vitória e Prata-Anã. O alto teor de proteína na inflorescência da banana também foi observado por Schmidt *et al.* (2015), os autores estudaram a inflorescência da banana Musa cavendishii e registaram 15,80 g/100g (base seca). Tasnim *et al.* (2020) registaram valores de 14,2 % de proteína na farinha de flor de bananeira, superiores aos 12,34 % da farinha de trigo. Analisando os aspectos nutricionais das inflorescências de duas cultivares de bananeira, Sheng *et al.* (2010) verificaram que continham aminoácidos essenciais (valina, metionina, isso-leucina, leucina, triptofano, fenilalanina, lisina) e aminoácidos não essenciais (ácido aspártico, serina, ácido glutâmico, prolina, glicina, alanina, cisteína, tirosina, histidina, arginina).

O conteúdo total de lipídeos das farinhas de inflorescência variou entre 3,87 e 7,97 g/100g. Os níveis mais elevados de lipídeos foram observados nas farinhas de flores de todas as cultivares, com o teor mais elevado na farinha da cultivar Galil 18. O estudo de Ramu *et al.* (2017) com a inflorescência da banana mostrou que o ácido linoleico era o principal ácido graxo (84,8%), sugerindo que a inflorescência da banana é uma boa fonte de ácidos gordos insaturados benéficos.

Independentemente das cultivares, o teor de fibras variou de 34,8 a 41,9 g/100g para as farinhas de brácteas, 31,1 a 40,7 g/100g para as farinhas de flores e 27,7 a 35,4 g/100g para as farinhas de parte apical, mostrando que as farinhas de brácteas possuem o maior teor de fibras. Estas diferenças são explicadas pelo fato de as brácteas serem uma proteção que normalmente tem uma estrutura mais rígida. Uma alta concentração de fibra alimentar total (FDT), fibra alimentar solúvel (FDS) e fibra alimentar insolúvel (FDI) foi relatada por Begum e Deka (2019) na inflorescência da banana (Musa ABB), com valores variando de 61,13 a 66,22 g/100g para FDT, 4,36 a 7,23 g/100g para FDS e 53,9-61,86 g/100g para FDI.

O consumo de fibras está associado a uma redução do risco de doenças crónicas, incluindo doenças cardiovasculares, diabetes tipo 2 e vários tipos de câncer, o que levou à recomendação de uma ingestão diária de 25-30 g/dia para adultos em muitos países (Shewry *et al.*, 2024).

A inclusão da farinha de inflorescência de banana nas formulações alimentares

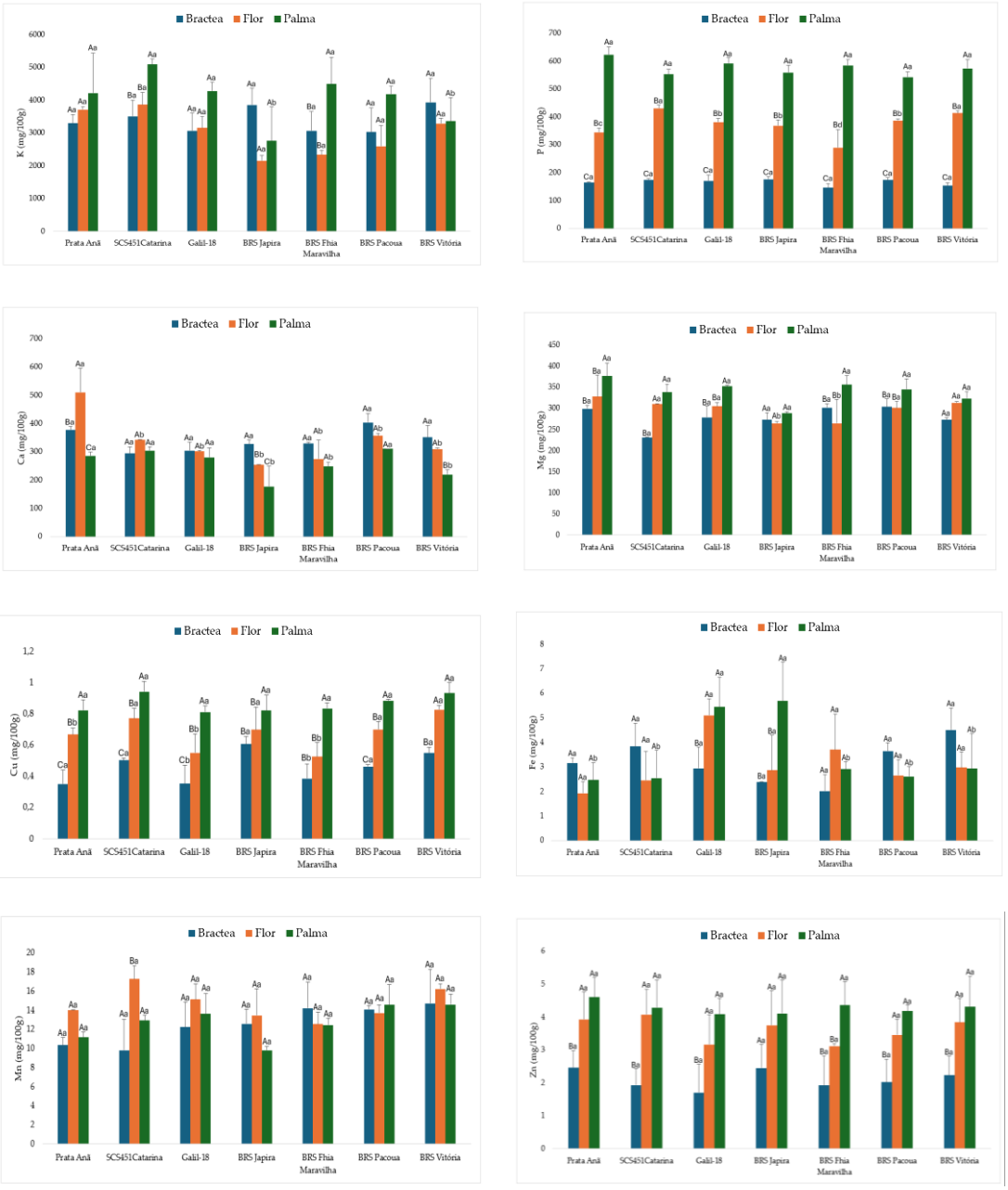
poderia ajudar a atingir a ingestão recomendada. Adicionalmente, a importância funcional das farinhas de frutas e vegetais como fontes de fibra foi discutida numa revisão por Santos *et al.* (2022). O elevado teor de fibra geralmente observado nestas farinhas pode ser um transportador de compostos bioativos ao longo do trato gastrointestinal, permitindo assim a sua libertação no intestino após a fermentação da fibra pela microbiota intestinal.

As farinhas de inflorescência têm níveis mais elevados de carboidratos. As brácteas apresentaram valores mais elevados. O alto teor de carboidratos totais foi relatado em estudos com inflorescência de banana. Kavya *et al.* (2023) observaram 9,9 g/100g na inflorescência com 88,75 g/100g de umidade. Kraithong e Issara (2021), numa revisão sobre a composição das inflorescências de bananeira, relataram teores acima de 90 g/100g de matéria seca.

Galvão *et al.* (2023) relataram que as farinhas de frutas comerciais (banana, maçã, laranja, maracujá, uva, amora, ameixa) contêm de 2,9 a 12,9 carboidratos, 2,9 a 12,9 proteínas, 1 a 8,1 lipídeos e 1 a 7 cinzas, mostrando que as farinhas de frutas são importantes fontes de carboidratos e fibras.

Na nutrição humana, os minerais são classificados de acordo com as necessidades diárias de ingestão, sendo o cálcio (Ca), o fósforo (P), o potássio (K) e o magnésio (Mg) os macrominerais e o ferro, o zinco e o manganês os microminerais. O conteúdo mineral das diferentes farinhas de inflorescência de banana é apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Conteúdo de minerais da farinha em função da cultivar de banana e da parte da inflorescência



Fonte: o autor.
Letras maiúsculas comparam as médias das diferentes partes da inflorescência para a cultivar, e letras minúsculas comparam as médias das cultivares para a mesma parte da inflorescência. Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste Scott & Knott (p <0,05).

Os minerais desempenham um papel muito importante na saúde humana, sendo que uma ingestão adequada contribui para menor suscetibilidade a doenças infecciosas devido a um sistema imunológico enfraquecido. Os minerais são geralmente classificados em duas categorias principais, macrominerais e microminerais, dependendo da sua ingestão diária necessária e não da sua importância relativa ou funções fisiológicas. Os macrominerais são aqueles que

requerem uma ingestão diária de mais de 100 mg por dia, enquanto um mineral requerido em quantidades inferiores a 100 mg por dia é considerado um micromineral (Prasad; Majumdar; Shivary, 2016). O principal macromineral observado em todas as farinhas de inflorescência de banana foi o potássio (2151,5-5090 mg/100g), seguido pelo cálcio (177,55 -510,15 mg/100g), fósforo (146,4-623,05 mg/100g) e magnésio (230,85-376,85 mg/100g) (Ramu *et al.*, 2017; Basumatary, 2018).

Rosa *et al.* (2020), analisando os macro e microminerais presentes nas flores e brácteas de inflorescências secas de bananeira, registaram teores de cálcio entre 285,444 ± 5,412 mg/100 g para as flores e 380,632 ± 4,066 mg/100 g para as brácteas. Com base na dose diária recomendada, os autores concluíram que as flores e as brácteas são uma excelente fonte de Ca para pessoas de todas as idades. A ingestão recomendada para adultos entre os 31 e 50 anos de 1000 mg/dia e para as crianças entre 4 e 8 anos 800mg/dia, podendo dessa forma 100g de farinha de bráctea representar 38% de todo o consumo diário de Ca para adultos e 47,5% para crianças.

Os macrominerais desempenham vários papéis fundamentais na manutenção das funções básicas do corpo humano. O potássio é necessário para o funcionamento normal de todas as células, tecidos e órgãos do corpo humano, atuando no controle da pressão arterial e desempenhando um papel importante na função cardíaca. A deficiência de potássio prejudica o metabolismo da glucose e, em casos graves, está associada a arritmias cardíacas. O cálcio e o fosfato são macrominerais essenciais necessários para a função neuromuscular e a mineralização do esqueleto. O cálcio desempenha um papel fundamental na função da membrana celular e na sinalização intracelular. O fosfato é um importante constituinte dos minerais ósseos e é um componente essencial do ADN e do ARN, da estrutura das membranas celulares e está envolvido na síntese de ATP. É também necessário para a fosforilação de muitas proteínas e açúcares. O magnésio é o segundo cátion mais abundante nas células do corpo depois do potássio e é um cofator em numerosos sistemas enzimáticos que regulam as reações bioquímicas no corpo, sendo essencial para a produção de energia (ATP), fosforilação oxidativa e glicólise. O magnésio também desempenha um papel fundamental no transporte ativo de cálcio e potássio através das membranas celulares (Pohl *et al.*, 2013; Grober; Schmidt; Kisters, 2015; Sun *et al.*, 2020; Farag *et al.*, 2023).

A ordem de concentração dos microminerais analisados nas inflorescências de banana foi Mn>Zn>Fe>Cu. O conteúdo de manganês nas farinhas variou de 9,84 a

16,24 mg/100g, o ferro de 1,94 a 5,69 mg/100g, o zinco de 1,7 a 4,36 mg/100g e o cobre de 0,35 a 0,94 mg/100g. Kraithong e Issara (2021), na sua revisão dos aspectos nutricionais das inflorescências da bananeira, relataram variações de 4,8 a 56,4 mg/100g para o ferro, 9,13 a 28,62 mg/100g para o zinco, 5,53 a 79,59 mg/100g para o cobre.

Os microminerais têm funções importantes para a saúde e uma ingestão inadequada pode causar vários problemas. O ferro é um componente essencial para a formação da molécula heme e participa na formação de várias proteínas, sendo essencial para o transporte de oxigênio, a produção de energia celular e a manutenção de um sistema imunológico saudável. O manganês está envolvido no metabolismo dos carboidratos, do colesterol, dos aminoácidos e na formação dos ossos. O zinco é necessário para o funcionamento normal do sistema imunológico e para a regulação da pressão arterial. O cobre é importante para o metabolismo e o crescimento celular e é um componente de muitas enzimas, incluindo as envolvidas na síntese de neurotransmissores, no metabolismo energético e na ligação cruzada do colágeno e da elastina (Prasad; Majumdar; Shivary, 2016; Vallinoto; Moreira; Maihara, 2022).

2.3.3 Propriedades de cores das farinhas de Inflorescências da bananeira

As diferenças nos parâmetros de cor das farinhas de inflorescência são apresentadas na Tabela 4. Foram observados efeitos da parte da inflorescência e da cultivar nos parâmetros de cor. Os valores de luminosidade (L*) variaram de 32,85 a 44,16, o valor a* de 3,04 a 5,83, o valor b* de 7,73 a 12,89 e o índice de escurecimento (BI) de 32,96 a 48,29.

Tabela 4 - Parâmetros de cor da farinha de diferentes partes da inflorescência de cultivares de bananeira.

	Parte da Inflorescências	Cultivares						
		Prata-Anã	SCS 451 Catarina	Galil 18	BRS Japira	BRS Fhia Maravilha	BRS Pacoua	BRS Vitória
L*	Bractea	42,88 Ab	39,08 Ae	41,08 Ac	38,83 Ae	44,16 Aa	42,91 Ab	39,8 Ad
	Flor	32,54 Be	33,52 Cc	34,96 Ba	32,85 Cd	32,97 Cd	34,27 Cb	34,92 Ca
	Parte Apical	32,78 Bc	33,93 Bb	33,86 Cb	34,14 Bb	33,97 Bb	35,8 Ba	35,52 Ba
a*	Bractea	5,07 Ac	4,98 Ad	5,65 Ab	4,79 Ae	5,83 Aa	5,01 Ad	5,08 Ac
	Flor	3,22 Bf	3,94 Be	5,11 Ba	4,05 Cd	4,5 Bc	4,43 Cc	4,6 Cb
	Parte Apical	3,04 Ce	3,62 Cd	4,37 Cc	4,42 Bc	4,38 Cc	4,69 Bb	4,84 Ba
b*	Bractea	12,63 Aa	11,67 Ab	11,87 Ab	10,78 Ac	12,89 Aa	11,85 Ab	11,92 Ab
	Flor	8,29 Be	9,73 Bc	11,19 Ba	8,88 Bd	8,99 Bd	9,52 Bc	10,04 Bb
	Parte Apical	7,73 Cf	8,91 Cd	9,41 Cc	8,95 Bd	8,7 Ce	9,66 Bb	9,85 Ba
WI	Bractea	15,57Ab	14,90Ad	15,22Ac	14,15Ae	16,00Aa	14,92Ab	15,10Ac
	Flor	12,11Bf	13,29Bc	14,71Ba	12,74Be	12,97Bd	13,27Bc	13,68Bb
	Parte Apical	11,67Cf	12,59Cf	13,18Cc	12,86Bd	12,68Ce	13,40Bb	13,60Ba
BI	Bractea	42,65Ab	43,89Aa	43,29Bb	40,71Ac	43,29Ab	40,03Ac	44,02Aa
	Flor	35,87Be	42,01Bb	48,29Aa	39,72Bb	41,00Bd	41,16Ac	42,67Bb
	Parte Apical	32,96Ce	37,47Cc	41,16Ca	39,08Cc	38,24Cd	40,22Bb	41,61Ca

Fonte: o autor.

Letras maiúsculas na coluna comparam as médias das diferentes partes da inflorescência para a cultivar, e letras minúsculas na linha comparam as médias das cultivares para a mesma parte da inflorescência. Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Scott & Knott (p <0,05).

A cor e a aparência atraem o consumidor para um produto e podem ajudar na compra por impulso. A análise dos parâmetros de cor das farinhas de inflorescência mostrou que, independentemente das cultivares, a farinha de brácteas foi menos luminosa do que as farinhas de flores e de parte apical, sendo a farinha mais escura obtida do processamento das brácteas da 'BRS Fhia Maravilha'. Todas as farinhas de inflorescência apresentaram a* e b* positivos, demonstrando um alto índice de escurecimento (IB). A coordenada vermelho-verde, vermelhidão (a*) e a coordenada amarelo-azul, amarelecimento (b*) são afetadas pela integridade estrutural da fibra, pelo conteúdo e disposição dos pigmentos, com b* relacionado aos carotenoides presentes nas farinhas (Viuda-Martos *et al.*, 2012).

Os pigmentos dão cores diferentes à farinha, com os carotenoides a darem as cores amarela, laranja e vermelha, e as antocianinas as cores vermelha, roxa e azul. Os polifenóis que são oxidados conferem uma cor acastanhada à farinha (Santos; Silva; Pintado, 2022).

Nogueira *et al.* (2024), após retirarem as brácteas externas arroxeadas e as flores da inflorescência masculina das bananeiras 'Prata-Anã' e 'Grand Naine', produziram farinha a partir das brácteas internas amarelas. Os autores relataram que

as brácteas internas frescas apresentaram maior valor de L* (65,6), indicando uma cor mais clara, porém as farinhas apresentaram menor luminosidade, com valores de L* próximos a 40.

Os baixos valores de luminosidade (L*), somados aos altos valores de índice de escurecimento (IB) observados neste estudo, podem ser devidos à composição química das farinhas, o que pode ter levado às reações de Maillard e de caramelização. A reação de Maillard ocorre durante o tratamento térmico, onde os aminoácidos e os açúcares redutores induzem reações não enzimáticas que produzem melanoidina, um composto de elevado peso molecular que resulta numa cor acastanhada (Kunyanee *et al.*, 2024).

2.3.4 Propriedades de absorção e solubilidade em água de Inflorescências da bananeira

A capacidade de retenção de água (CRA) da farinha é um parâmetro de hidratação que avalia a capacidade do pó de absorver água e atingir a consistência correta, enquanto a solubilidade (SS) refere-se à quantidade de moléculas solúveis. A análise dos dados mostrou que houve um efeito significativo da interação de fatores na capacidade de retenção de água e na solubilidade das farinhas de inflorescências de banana (Tabela 5). A CRA da farinha de inflorescência preparada pelo processamento de diferentes partes da inflorescência de cultivares de banana variou de 2,2 a 6,8 g de água/g de amostra seca, e a SS variou de 4,9 a 9,2%.

Tabela 5 - Capacidade de retenção de água das farinhas de inflorescência de bananeira.

		Cultivares						
	Parte da inflorescência	Prata-Anã	SCS 451 Catarina	Galil 18	BRS Japira	BRS Fhia Maravilha	BRS Pacoua	BRS Vitória
CRA (g/g)	Bractea	6,78 Aa	6,47 Aa	6,34 Aa	5,85 Ab	5,85 Ab	6,22 Aa	5,62 Ab
	Flores	4,38 Ba	3,35 Bb	3,90 Ba	3,64 Bb	3,64 Bb	3,54 Bb	4,09 Ba
	Parte Apical	2,43 Cb	2,60 Cb	2,47 Cb	2,2 Cb	2,2 Cb	2,9 Ca	2,33 Cb

Fonte: o autor.
Letras maiúsculas na coluna comparam as médias das diferentes partes da inflorescência para a cultivar, e letras minúsculas na linha comparam as médias das cultivares para a mesma parte da inflorescência. Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Scott & Knott ($p<0,05$).

A capacidade de retenção de água (CRA) representa a quantidade de água que permanece ligada ao material hidratado após a aplicação de uma força externa (centrifugação). A capacidade de retenção de água das farinhas de inflorescências de bananeira seguiu a ordem brácteas > flores > palma. A maior CRA observada nas

farinhas de brácteas sugere sua potencial utilidade em diversas formulações alimentícias, como embutidos, massas, queijos processados e produtos de panificação; no entanto, estudos futuros devem ser realizados para determinar as concentrações nas formulações. Uma indicação da quantidade de sólidos solúveis presentes na farinha é sua solubilidade (SS). Maior solubilidade foi observada para as farinhas de palma e flores. As farinhas das brácteas de 'Prata Anã' apresentaram a maior CRA (Tabela 5). A CRA das farinhas de inflorescência foi menor do que o de outras farinhas ricas em fibras alimentares, como casca de bambangan (11,6 g/g) e bagaço de maçã (8,4 g/g), mas semelhante ao suco de romã, bagaço de frutas inteiras (4,9 g/g) e farinhas de casca de manga (4,47–4,96 g/g) e polpa (3,2–3,62 g/g) (Basumatary; Nath, 2018; Pohl; Wheeler; Murray, 2013; Grober; Schmidt; Kisters, 2015; Sun *et al.*, 2020).

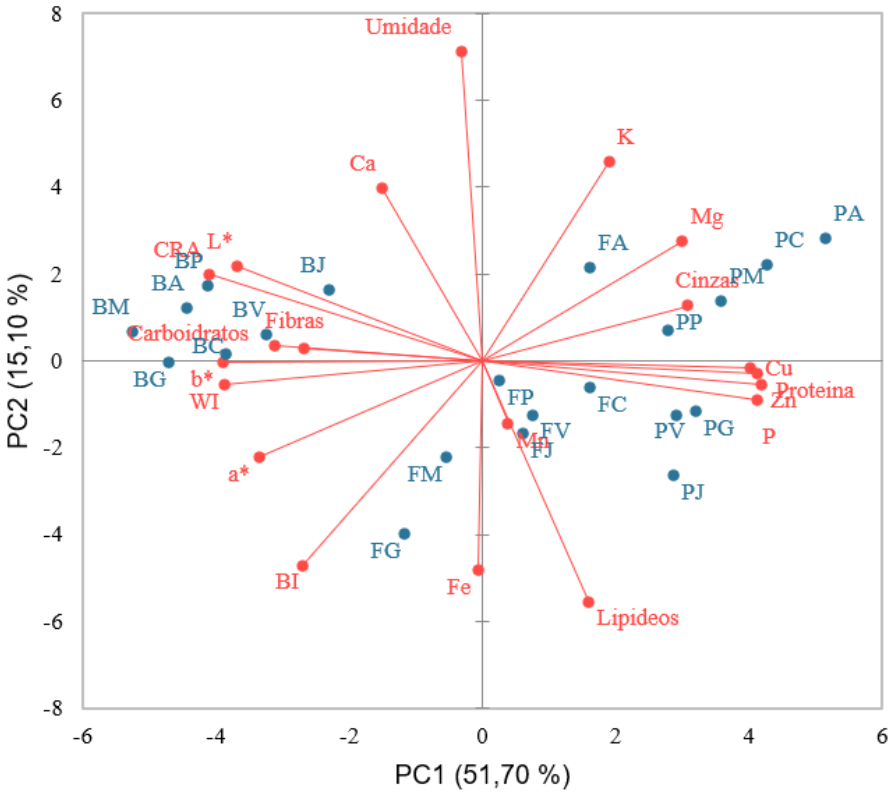
A capacidade de retenção de água da farinha define sua qualidade e sua capacidade de formar uma massa viscoelástica. Farinhas com maior teor de fibras insolúveis têm maior probabilidade de reduzir a absorção de água do produto, uma vez que as fibras de celulose têm menor capacidade de retenção de água. O maior nível de proteína nas farinhas de palma pode estar relacionado a um maior CRA, pois a presença de aminoácidos polares na proteína facilita a ligação de hidrogênio com moléculas de água, levando ao aumento da adsorção de água. A alta capacidade de retenção de água melhora a qualidade dos alimentos ao reduzir a retração por desidratação, geralmente necessária para alimentos funcionais (Kraithong *et al.*, 2021; Larossa; Oterro, 2021; Babu; Mahalaksimi; Parimalavalli, 2014).

2.3.5 Análise dos componentes principais (PCA)

No gráfico de carga PCA (Figura 4), os parâmetros que estão próximos uns dos outros em pares ou grupos estão positivamente correlacionados, enquanto os que estão em direções opostas estão negativamente correlacionados e os que estão em direções ortogonais são independentes uns dos outros. Os resultados para a farinha de inflorescência mostraram que o primeiro e o segundo componentes principais (PC1 e PC2) foram responsáveis por uma variação total de 66,8%. No PC1, potássio, cálcio, magnésio e cinzas contribuíram para a diferenciação da farinha de parte apical das cultivares Prata-Anã, SCS451 Catarina, BRS Fhia Maravilha e BRS Pacoua. O cobre, o zinco e o fósforo contribuíram para diferenciar a farinha de parte apical das cultivares Galil 18, BRS Vitória e BRS Fhia Maravilha. O teor de lipídios diferenciou as farinhas

de flores das cultivares SCS451 Catarina, BRS Vitória e BRS Pacoua. Na PC2, os carboidratos, fibras, capacidade de retenção de água e luminosidade foram os principais parâmetros que desempenharam um papel na diferenciação das farinhas de brácteas de todas as cultivares.

Figura 4 - Biplot de componentes principais



Fonte: o autor.
***** A primeira letra na abreviatura da farinha representa a parte da inflorescência com B = farinha da bráctea, F = farinha da flor, P = farinha da parte apical. A segunda letra representa a cultivar de banana com A = Prata-Anã; C = SCS451 Catarina, G = Galil 18, J = BRS Japira, M = BRS Fhia Maravilha, P = BRS Pacoua e V = BRS Vitória.

2.4 Conclusões

A procura de alimentos que combinem aspectos nutricionais e contribuam para o desenvolvimento sustentável é uma prioridade mundial. Neste contexto, as farinhas produzidas a partir de subproduto e do processamento de frutas têm surgido como uma fonte promissora de enriquecimento alimentar, contribuindo não só para a nutrição, mas também para a redução de perdas.

O presente estudo demonstra que a inflorescência da banana foi o principal fator de diferenciação das farinhas. As farinhas de parte apical podem ser exploradas como fontes de proteínas e minerais, o que as torna valiosas para a produção de suplementos alimentares. As farinhas de brácteas são ricas em fibras, o que pode ser

valorizado como alimento funcional, mas também pode ser utilizado por indústrias não alimentares. A farinha de flores deve ser investigada para o fornecimento de lipídeos. As diferenças entre cultivares podem contribuir para a diversificação em diferentes regiões, uma vez que acrescentam valor a um importante subproduto. As misturas com proporções diferentes das encontradas nas inflorescências, bem como as de diferentes cultivares, podem aumentar as suas aplicações

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, T. C. S.; SCHURT, D. A.; ALVES, A. B. **BRS Japira: Cultivar Resistente à Sigatoka-Negra para Produção de Bananas de Qualidade em Roraima.** Boa Vista: Embrapa, 2022; p 18.

AMUTHA, K.; SUDHA, A.; SARAVANAN, D. Characterization of natural fibers extracted from banana inflorescence bracts. **Journal of Natural Fibers**, 2020. DOI: 10.1080/15440478.2020.1764437.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 12. ed. Washington: **Association of Official Analytical Chemists**, 1975. 1094 p.

BASUMATARY, S.; NATH, N. Assessment of chemical compositions and in vitro antioxidant properties of Musa balbisiana colla inflorescence. **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**, v. 10, n. 1, p. 80–85, 2018.

BORGES, A. L.; SILVA, A. L.; BATISTA, D. C. **Sistema de Produção da Bananeira Irrigada**. 2009. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/110622/1/Sistema-de-Producao-da-Bananeira-Irrigada.pdf.

CÂNDIDO, H. T. *et al.* Green banana and ora-pro-nóbis mixed flours: nutritional and technological characteristics. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 25, e2022081, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1981-6723.08122.

CÂNDIDO, H. T.; MARZULLO, Y. O. T.; LEONEL, M. Tecnologia da farinha de banana verde: da matéria-prima à aceitação sensorial dos produtos feitos com farinha de banana verde no cenário brasileiro**. Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 66, e23210543, 2023.

CARVALHO, K. *et al.* Análise de cor, atividade de água e da composição proximal de brácteas de bananeira in natura. **I Mostra Científica de Alimentos**, v. 1, n. 3, p. 13-17, 2015. Medianeira-PR.

COSTA, F. S. *et al.* Crescimento, Produção e Acúmulo de Potássio em Bananeira ‘Galil 18’ Sob Irrigação e Fertilização Potássica. **Pesq. Agropecuária Bras.** 2012, 47(3), 409–416. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000300013

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. **Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. Irriga**, Botucatu, v. 14, p. 1-11, mar., 2009.

DE SÁ MENDES, N. *et al.* Flour from ‘fruits and vegetables’ waste with addition of a South American pepper (Capsicum baccatum) proposed as food ingredient. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 55, p. 1230–1237, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1111/ijfs.14358. Acesso em: 19 jul. 2025.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2013. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos - Centro

Nacional de Pesquisa de Solos.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2016 **BRS Pacoua: Nova Cultivar de Bananeira do Tipo Pacovan; Embrapa Mandioca e Fruticultura e Embrapa Amazônia Ocidental** Brazil, 2016; Folder técnico, 2 p.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistical database**. 2023. Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/#home. Acesso em: 10 Julho. 2025.

FARAG, M. A. *et al.* Dietary Macrominerals: Updated Review of Their Role and Orchestration in Human Nutrition Throughout the Life Cycle with Sex Differences. **Curr. Res. Food Sci.** 2023, 6, 100450. https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100450

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biomentria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

GALVÃO, F. *et al.* Nutritional Composition and Minerals Bioaccessibility of Commercial Fruit Flours. **J. Food Meas. Charact.** 2023, 17, 2547–2554. https://doi.org/10.1007/s11694-022-01747-x

GROBER, U.; SCHMIDT, J.; KISTERS, K. Magnesium in Prevention and Therapy. **Nutrients** 2015, 7, 8199–8226. https://doi.org/10.3390/nu7095388

IBGE. Indicadores IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - **IBGE**, 2023. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/banana/br Acesso em10 Julho. 2025.

JESUS, P. R. R. *et al.* Performance and Leaf Nutritional Content of Banana Cultivars Intercropped with Lemongrass. **Rev. Caatinga** 2024, 37, e12448. https://doi.org/10.1590/1983-21252024v3712448rc.

KAVYA, M. H. *et al.* Review on Banana Flower: Nutritional Composition, Processed Products, and Health Benefits. **IP J. Nutr. Metabol. Health Sci**. 2023, 6(3), 110–115. https://doi.org/10.18231/j.ijnmhs.2023.019

KRAITHONG, S.; ISSARA, U. A STRATEGIC REVIEW ON PLANT BY-PRODUCT FROM BANANA HARVESTING: A Potentially Bio-based Ingredient for Approaching Novel Food and Agro-industry Sustainability. **J. Saudi Soc. Agric. Sci**. 2021, 20, 530–543. https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.06.004

KUNYANEE, K. *et al.* Enhancing Banana Flour Quality through Physical Modi-fications and Its Application in Gluten-Free Chips Product. **Foods** 2024, 13, 593. https://doi.org/10.3390/foods13040593.

LICHTEMBERG, L. A. *et al.* SCS451 Catarina – Novo Cultivar de Bananeira do Subgrupo Prata. **Agropecuária Catarinense** 2011, 24(2), 70–75.

MARINHO, R. M.; PASCOAL, G. B. Análise da composição centesimal do coração de bananeira (Musa paradisiaca) proveniente de Uberlândia, MG. **Observatório de**

la economía latinoamericana, v. 21, n. 12, p. 26215–26226, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.55905/oelv21n12-148.

MARTINS, A. N. *et al.* Desempenho de Genótipos de Bananeiras em Cultivos Irrigado e Seco, na Região Centro Oeste Paulista. **Colloquium Agrariae** 2020, 16(1), 11–18. https://doi.org/10.5747/ca.2020.v16.n1.a343

NAPOLEÃO, G. M.; JESUS, P. R. R.; LEONEL, S. Cultivar diversification of banana production in Brazil. **Agronomy Science and Biotechnology**, v. 7, p. 1-14, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.33158/ASB.r127.v7.

NOGUEIRA, P. V. *et al.* Composition and Functional Properties of Banana Tree Male Inflorescence Flour. **J. Culinary Sci. Technol**. 2024, 22(2), 242–262. https://doi.org/10.1080/15428052.2022.2040677

NOMURA, E. S. *et al.* Tratos Culturais. In **Cultivo da Bananeira**, 1st ed.; Nomura, E. S.; Damatto-Junior, E. R., Eds.; CDRS: Campinas, Brazil, 2020; Vol. 1, pp 49–71.

PATHARE, P.B.; OPARA, U.L.; AL-SAID, F.A. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. **Food Bioproc**. Technol. 2013, 6, 36–60.

PEREIRA, J. C. R.; GASPAROTTO, L.; PEREIRA, M. C. N. BRS Vitória: **Nova Cultivar de Bananeira do Subgrupo Prata para o Agro-negócio do Estado do Amazonas.** Embrapa Amazônia Ocidental: Manaus, Comunicado Técnico 34, 2005; p 2.

POHL, H. R. *et al.* Sodium and Potassium in Health and Disease. In **Metal Ions in Life Sciences**, Vol. 13; Springer: 2013; pp 29–47. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7500-8_2.

PRASAD, R.; MAJUMDAR, K.; SHIVAY, Y. S. **Minerals in Plant and Human Nutrition and Health**; Peachtree Corners: International Plant Nutrition Institute, 2016.

PUSHPAVENI, C.; VISAGAPERUMAL, D.; CHANDY, VINEETH. A Review on Banana Blossom: The Heart of Banana. **World J. Pharm. Res**. 2019, 8, 440–450. https://doi.org/10.20959/wjpr201911-15892.

RAMU, R. *et al.* Assessment of nutritional quality and global antioxidant response of banana (Musa sp. CV. Nanjangud Rasa Bale) pseudostem and flower. **Pharmacognosy Research**, v. 9, n. 1, p. 74, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.4103/pr.pr_67_17.

RODRÍGUEZ-AMBRIZ, S.L. *et al.* Characterization of a fibre-rich powder prepared by liquefaction of unripe banana flour. **Food Chem**. 2008, 107, 1515–1521. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.007

ROSA, R. H. *et al.* Determination of Macro- and Microelements in the Inflorescences of Banana Tree Using ICP OES: Evaluation of the Daily Recommendations of Intake for Humans. **The Scientific World Journal** 2020, 2020, 8383612.

https://doi.org/10.1155/2020/8383612

SANTOS, D.; DA SILVA, J. A. L.; PINTADO, M. Fruit and Vegetable By-products' Flours as Ingredients: A Review on Production Process, Health Benefits, and Technological Functionalities. **LWT - Food Sci. Technol**. 2022, 154, 112707. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112707.

SCHMIDT, M. M. *et al.* Evaluation of Antioxidant Activity of Extracts of Banana Inflorescences (Musa cavendishii). CyTA - **J. Food** 2015, 13, 498–505. https://doi.org/10.1080/19476337.2015.1007532

SHENG, Z. W. *et al.* Investigation of Dietary Fiber, Protein, Vitamin E, and Other Nutritional Compounds of Banana Flower of Two Cultivars Grown in China. **Afr. J. Biotechnol**. 2010, 9 (25), 3888–3895.

SILVA, L. de J. *et al.* Desenvolvimento da antracnose e caracterização física e química em bananas 'Prata-Anã' e 'Prata Catarina' no semiárido mineiro. **Contribuciones a las ciencias sociales**, v. 17, n. 1, p. 3457–3469, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.55905/revconv.17n.1-205.

SILVA NETO, P. A. *et al.* Processing of Banana Mangará: Microbiological Evaluation and Development of Preserves and Appetizers with a Focus on Sensory Qualities and Gastronomic Applications. **Int. J. Gastronomy Food Sci**. 2024, 38, 101028. https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2024.101028.

SILVA, T. S. *et al.* Características Agronômicas de Seis Cultivares de Bananeiras Tipo Prata. **Rev. Verde Agroecologia Desenvolv. Sustent**. 2015, 10(2), 1–4. https://doi.org/10.18378/rvads.v10i2.3096

SONI D.; SAXENA G. Analysis of Physico-chemical and Functional Properties of Banana Flower. **Research Journal of Agricultural Sciences**, v. 12 2022.

SOUZA, O. *et al.* Energia alternativa de biomassa: bioetanol a partir da casca e da polpa de banana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 915-921, 2012.

STRAGLIOTTO, L. K.; FERRARI, G. T.; CAMPAGNOL, P. C. B.; STRASBURG, V. J.; ZANDONADI, R. P.; OLIVEIRA, V. R. Green banana by-products on the chemical, technological and sensory quality of meat products. International Journal of Gastronomy and food Science, v. 30, 100614, dez., 2022.

SUN, M. *et al.* Disorders of Calcium and Phosphorus Metabolism and the Proteomics/Metabolomics-Based Research. **Front. Cell Dev. Biol.** 2020, 8, 576110. https://doi.org/10.3389/fcell.2020.576110.

TASNIM, T. *et al.* Nutritional, Textural and Sensory Quality of Plain Cake Enriched with Rice Rinsed Water Treated Banana Blossom Flour. **J. Agric. Food Res.** 2020, 2, 100071. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100071.

TEIXEIRA, L. A. J. *et al.* Banana. In **Instruções Agrícolas Para as Principais**

Culturas Econômicas, 1st ed.; Aguiar, A. T. E.; Gonçalves, C.; Paterniani, M. E. A. G.; Tucci, M. G. S.; Castro, C. E. F., Eds.; Instituto Agronômico de Campinas: Campinas, Brazil, 2014; pp 46–51.

VALLINOTO, P.; MOREIRA, E. G.; MAIHARA, V. A. Estimation of Daily Dietary Intake of Essential Minerals and Trace Elements in Commercial Complementary Foods Marketed in Brazil. **Food Chem. Adv.** 2022, 1, 100039. https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100039.

VIEIRA, S. **Análise de Variância: (ANOVA)**. São Paulo: Atlas, 2006.

VIUDA-MARTOS, M. *et al.* Chemical, Physico-Chemical, and Functional Properties of Pomegranate (Punica granatum L.) Bagasse Powder Coproduct. **J. Food Eng.** 2012, 110, 220–224. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.05.029

WROLSTAD, R.E.; SMITH, D.E. Color Analysis. In **Food Analysis**, 2nd ed.; Nielsen, S.S., Ed.; Springer: Cham, Switzerland, 2017; pp. 573–586.

CAPÍTULO 3
FARINHAS MISTAS DE BANANA VERDE E PARTE APICAL DA INFLORESCÊNCIA DA BANANEIRA: CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E TECNOLÓGICAS

Resumo

A indústria alimentícia precisa inovar constantemente para atender às novas demandas dos consumidores e do mercado, especialmente no segmento de produtos sem glúten e ricos em proteínas, que vem crescendo de forma contínua e exige o desenvolvimento de novas farinhas mistas. Neste estudo, bananas da cultivar SCS 451 Catarina foram processadas para obter Farinha de Banana Verde Integral (FBVI) e Farinha de Polpa de Banana Verde (FPBV), bem como Farinha da Parte Apical da Inflorescência da Bananeira (FPAIB). As farinhas mistas foram preparadas misturando farinhas de banana (FBVI ou FPBV) como base e substituindo com níveis crescentes de FPAIB (de 5 a 25%). As farinhas foram analisadas quanto às características físico-químicas, teores minerais, Índice de Absorção de Água (IAA), Índice de Solubilidade em Água (ISA) e cor. O principal componente das farinhas de banana foi o amido, no qual a FPBV tem um teor mais elevado. A FPAIB teve maior teor mineral, de proteínas e de lipídeos quando em comparação a em ambas as farinhas de banana. A FBVI apresentou os maiores teores minerais em comparação a FPBV, devido a utilização da fração da casca do fruto. Independente do tipo de farinha de banana, as farinhas mistas eram mais escuras e tinham maior IAA e ISA e aumentos consideráveis em proteínas, lipídeos e minerais. A mistura de farinhas de banana e farinha da parte apical da Inflorescência da bananeira pode ser uma alternativa viável para preparar uma variedade de produtos alimentícios, sem glúten, porém contendo um alto valor nutritivo devido às suas propriedades nutricionais e tecnológicas.

Palavras-chave: musa spp.; amido; proteína; minerais; livre de glúten.

Abstract

The food industry must constantly innovate to meet the evolving demands of consumers and the market, particularly in the growing segment of gluten-free and high-protein products, which calls for the development of new mixed flours. In this study, SCS 451 Catarina bananas were processed to obtain Whole Green Banana Flour (FBVI) and Green Banana Pulp Flour (FPBV), as well as Flour from the Apical Part of the Banana Inflorescence (FPAIB). The mixed flours were prepared by mixing banana flours (FBVI or FPBV) as a base and replacing them with increasing levels of FPAIB (from 5 to 25%). The flours were analyzed for their physicochemical characteristics, mineral content, Water Absorption Index (WIA), Water Solubility Index (WSA) and color. The main component of the banana flours was starch, of which FPBV had the highest content. FPAIB had a higher mineral, protein and lipid content compared to both banana flours. FBVI had the highest mineral content compared to FPBV, due to the use of the fruit peel fraction. Regardless of the type of banana flour, the mixed flours were darker and had higher IAA and ISA and considerable increases in protein, lipids and minerals. The mixture of banana flour and flour from the apical part of the banana inflorescence could be a viable alternative for preparing a variety of food products that are gluten-free but have a high nutritional value due to their nutritional and technological properties.

Keywords: musa spp.; starch; protein; minerals; gluten-free.

3.1 Introdução

A grande oferta de alimentos não saudáveis e todos os problemas que esta oferecem tem feito com que as pessoas busquem um estilo de vida mais saudável, o que impulsionou as indústrias alimentícias para inovar e buscar desenvolver novos produtos, mais naturais, mais funcionais e mais saudáveis, além de serem mais sustentáveis e se possível de menor custo. Entretanto a qualidade adicionada acaba gerando um maior valor agregado nos produtos (Martínez-Villaluenga *et al.*, 2020; Mente *et al*., 2023).

As farinhas mistas ganham espaço no mercado por suprir alguns problemas encontrados nos produtos convencionais, dentre esses temos como grandes dificuldades o crescente número de pessoas alérgicas ao glúten e a deficiência proteica, muitos estudos são realizados para criar farinhas mistas que apresentem ausência desse problema. Outro fator importante que propulsiona a produção das

farinhas mistas é dar valor de partes vegetais que não seriam consumidas ou que seriam classificadas como perdas pós-colheita, gerando assim uma receita a partir do que seria descartado (Arise *et al*., 2021; Komeroski *et al*., 2021; Benes *et al*., 2022; Cândido *et al*., 2022).

A banana é a fruta mais consumida *in natura* do mundo, apresentando enormes produções que somando os cinco maiores produtores chega a um volume que ultrapassa os 79 milhões de toneladas. Esta enorme produção, combinado com a sua rica gama de nutrientes e altos teores de açúcares faz com que a banana seja muito importante para a segurança alimentar de vários países. Apesar da parte benéfica da grande produção, esta acarreta uma grande perda pós-colheita, tanto de frutos verdes como maduros. Os frutos maduros podem ser utilizados na confecção de doces ou bebidas alcoólicas, enquanto os frutos verdes podem ser aproveitados para produção de farinhas (Aurore *et al*., 2009; Silva *et al.*, 2009; Castelo-Branco *et al*., 2017; Leonel *et al*., 2021; Faostat, 2025).

A utilização da banana integralmente pode acarretar algumas preocupações em relação aos anti nutrientes que existem na casca, entretanto estudos demonstram que essas quantias são seguras para o consumo e não gerarão grande interferência na absorção de nutrientes. Deste modo é possível a utilização da polpa de banana ou da banana inteira para a produção de farinhas, esta que auxilia os produtores com o manejo dos frutos que não são comercialmente aceitos, gerando um novo produto e com isso uma nova fonte de renda (Adeniji *et al.*, 2007; Oyeyinka; Afolayan, 2019; Zaini *et al.*, 2022).

A inflorescência da bananeira é um dos subprodutos menos utilizados da bananicultura, esta é classificada como uma PANC (Planta Alimentícia Não Convencional), apresentando importantes conteúdos de proteínas, minerais, fibras totais, vitaminas, flavonoides (especialmente quercetina), taninos e β-tocoferol (Lau *et al.*, 2020; Suprayitno *et al.*, 2022). Entretanto, a viabilidade de uma farinha mista não depende somente de suas propriedades nutricionais, também é importante levar em consideração as suas características funcionais e tecnológicas, pois a farinha mista deve entregar um produto final que seja de qualidade e bem aceito pelo consumidor (Santana *et al.*, 2017).

Este estudo teve como objetivo quantificar e avaliar a composição e as características físico-químicas das farinhas FPBV (Farinha de polpa de banana verde), FBVI (Farinha de banana verde integral), e FPAIB (Farinha da parte apical da

inflorescência da bananeira), assim como os efeitos da substituição parcial da FPAIB nas farinhas de banana.

3.2 Materiais e métodos

3.2.1 Descrição do local e do material vegetal

Frutos imaturos de bananeiras e as Inflorescências da cultivar SCS451 Prata Catarina foram cultivadas dentro da propriedade do “Nume espaço botânico” localizado na cidade de Botucatu, estado de São Paulo, Brasil (22° 51' 25" S e 48° 26' 35" W e 825 de altitude) até o seu momento de colheita.

A cultivar SCS451 Prata Catarina (AAB), também conhecida como Banana Prata Catarina, é classificada como uma mutação natural proveniente do subgrupo Prata, originada a partir da cultivar Prata-Anã, selecionada em 1999 em Sombrio (SC). Apresenta vantagens em relação a bananas prata, sendo essas: cachos e frutos maiores, maior produção de cachos comerciais na primeira safra, presença de casca mais vistosa e maior tolerância ao mal-do-panamá. O sabor da polpa se assemelha ao da Prata-Anã, a qual é amplamente aceita e consumida no mercado nacional. Essa cultivar possui genoma triploide AAB, possuindo resistência a fusariose da bananeira e a “Fuligem do fruto”, características nas quais se sobressai em comparação a sua antecessora Prata-Anã, entretanto ainda possua uma suscetibilidade moderada a Sigatoka amarela (Santos, 2014).

3.2.2 Preparo das farinhas

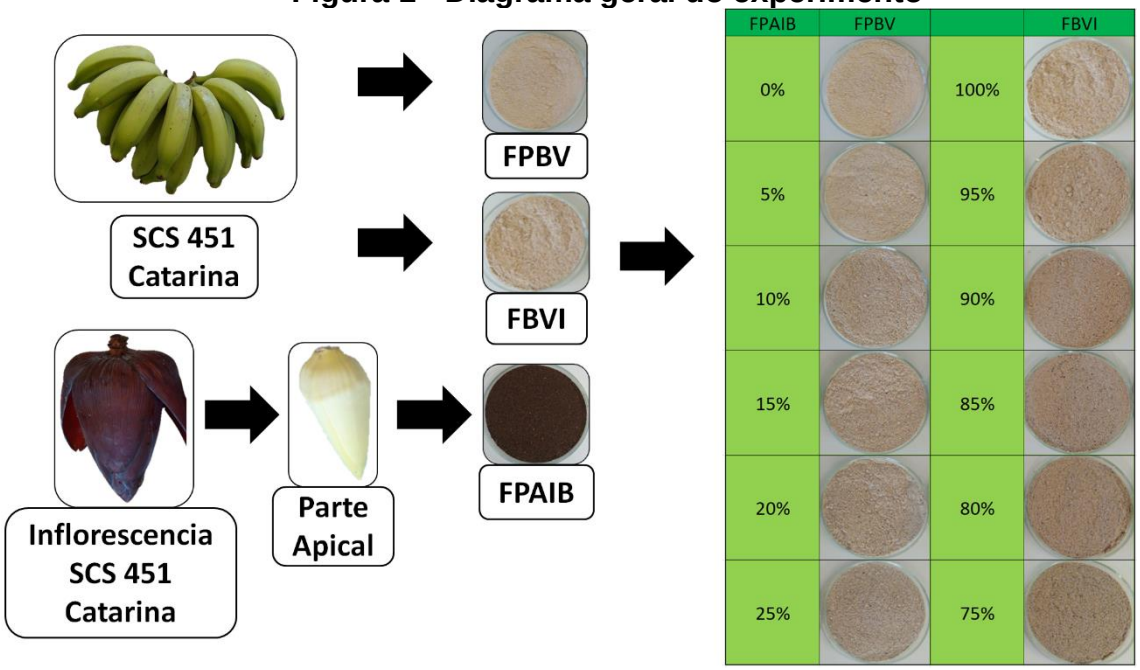
Os frutos da cultivar SCS451 Prata Catarina foram colhidos no estádio 1 de maturação (possui a casca totalmente verde) (VON LOESECKE, 1950), enquanto as inflorescências foram colhidas das bananeiras após emitir duas levas de flores masculinas. Estas matérias primas então foram processados para produção das duas farinhas de banana FBVI (utilizando a casca e a polpa) e FPBV (Utilizando somente a polpa), e da FPAIB (utilizando somente a parte apical da Inflorescência).

As pencas de banana foram separadas dos cachos, e então junto das Inflorescências foram lavadas em água corrente e higienizadas com solução de hipoclorito armazenadas sobre peneira para secagem. Tanto a banana como as Inflorescências foram separadas em três grupos para processamento, gerando assim as três repetições que foram posteriormente analisadas.

Após a secagem em peneira as inflorescências foram separadas em suas frações (Brácteas, flores e parte apical), a parte apical foi levada integra à estufa com circulação de ar a 50 ºC por 24 h. Enquanto as Bananas foram cortadas integras (para produção da FBVI) ou após serem descascadas (para produção de FPBV) em fatias de aproximadamente 5mm de espessura e acondicionadas pelo período de 15 minutos em solução contendo 0,1% g/L de ácido ascórbico e 0,3% g/L de acido cítrico, após este período as fatias foram levadas à estufa com circulação de ar a 50 ºC por 24 h.

Todo o material desidratado pela estufa foi levado ao moinho de facas, acoplado de peneira 250 µm, a farinha produzida foi armazenada em recipiente hermético, sendo posteriormente utilizados para a produção das farinhas mistas. As proporções de substituição de FPAIB em FBVI e FPBV foram crescentes, aumentando 5% de substituição por tratamento (0%, 5%, 10%, 15%, 20% e 25%), gerando assim seis farinhas de banana verde integral, farinhas de polpa de banana verde e 1 farinha da parte apical da inflorescência, totalizando 13 (Figura 1).

Figura 1 - Diagrama geral do experimento



Fonte: o autor.

3.2.3 Análises das farinhas

3.2.3.1 Caracterização físico-química das farinhas

As farinhas de banana inteira, polpa de banana e da parte apical da Inflorescência foram analisadas para as características físico-químicas de acordo com

os métodos da *American Association Of Official Analytical Collaboration* (AOAC) (2000). As análises realizadas foram de umidade (Método 968.11), cinzas (Método 941.12), proteínas (Método 979.09), amido total (Método 996.11), açúcares totais (Método 932.23) e lipídeos (Método 920.39).

3.2.3.2 Análise de absorção de água e solubilidade em água.

A Capacidade de Retenção de Água (CRA) das farinhas foi determinada seguindo a técnica de centrifugação proposta por Rodríguez-Ambriz *et al.* (2008). Para a análise, foram adicionados 0,5 g de amostra e 10 ml de água destilada a 28 °C num tubo de centrifugação. Após agitação durante 1 min com um agitador vortex, manteve-se à temperatura ambiente durante 30 min e depois centrifugou-se a 3000 rpm durante 30 min. Após a centrifugação, o sobrenadante foi eliminado e o tubo foi virado ao contrário durante 1 minuto. O resíduo foi pesado e o CRA foi expresso em g de água retida por g de amostra (Equação 10).

$$CRA = \frac{PR}{PA} \quad (1)$$

Onde: PR: peso do resíduo da centrifugação (g); PA= peso da amostra (g).

Para a determinação da solubilidade (SS) das farinhas de inflorescência, 1 g de farinha foi cuidadosamente adicionado a 50 mL de água destilada em um tubo plástico e agitado por 5 min. A solução foi centrifugada a 3000 x g por 5 min. Uma alíquota de 20 mL do sobrenadante foi transferida para placas de Petri pré-pesadas e foram levadas imediatamente para estufa a 105 °C por 5 h. Em seguida, a solubilidade (%) foi calculada por diferença de peso (De Sá Mendes *et al.*, 2020).

3.2.3.3 Análise de cor

As farinhas FPBV, FBVI e FPAIB, assim como as suas misturas foram acondicionadas em placas de petri e avaliadas para cor utilizando um colorímetro Minolta CR-400 (Konica Minolta, Ramsey, NJ, EUA). As coordenadas foram L* indicando a luminosidade, que varia numa escala de zero (preto) a 100 (branco); os parâmetros a* indicando a gama de cores de -60 (verde) a +60 (vermelho) e b* indicando a gama de cores de -60 (azul) a +60 (amarelo). O índice de brancura (WI) e Índice de luminosidade (BI) foram determinados de acordo com Savlak *et al.* (2016).

3.2.4 Análise de dados

Os resultados das análises foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tuckey, ao nível de 5 % de significância. As comparações estatísticas dos resultados foram feitas avaliando as 3 variedades de farinhas diferentes. A análise estatistica das doses foi realizada com metodologia de regressão linear, onde os valores foram adequados a uma equação que descreve o comportamento geral da substituição das farinhas (Vieira, 2006). Todos os testes estatísticos foram realizados com auxílio do software SISVAR (Ferreira, 2019).

3.3 Resultados e discussão

3.3.1 Caracterização físico-química das farinhas

As farinhas de polpa (FPBV) e integral (FBVI) com 0% substituição mostraram que a casca gera uma diferença estatística para as características de Amido, Cinzas e Lipídeos, além de modificar a absorção de água (IAA) e a solubilidade em água (ISA) como pode ser observado na Tabela 1 e 2. Isto indica que a fração de casca de banana que pode chegar a representar até 40% do volume total do fruto gera uma interferência significativa nos seus nutrientes (Sardá *et al.*, 2016).

Tabela 1 - Composição centesimal das FPBV, FBVI e FPAIB.

	FPBV	FBVI	FPAIB
Cinzas (%)	2,09 c	3,39 b	13,03 a
Proteínas (%)	2,53 b	2,88 b	17,90 a
Fibras (%)	2,05 c	10,37 b	36,01 a
Acúcares Totais (%)	3,47 b	3,05 b	7,08 a
Lipídeos	1,07 c	2,00 b	6,60 a
Amido	83,11 a	72,31 b	11,64 c
Umidade	5,66 b	5,99 b	7,64 a

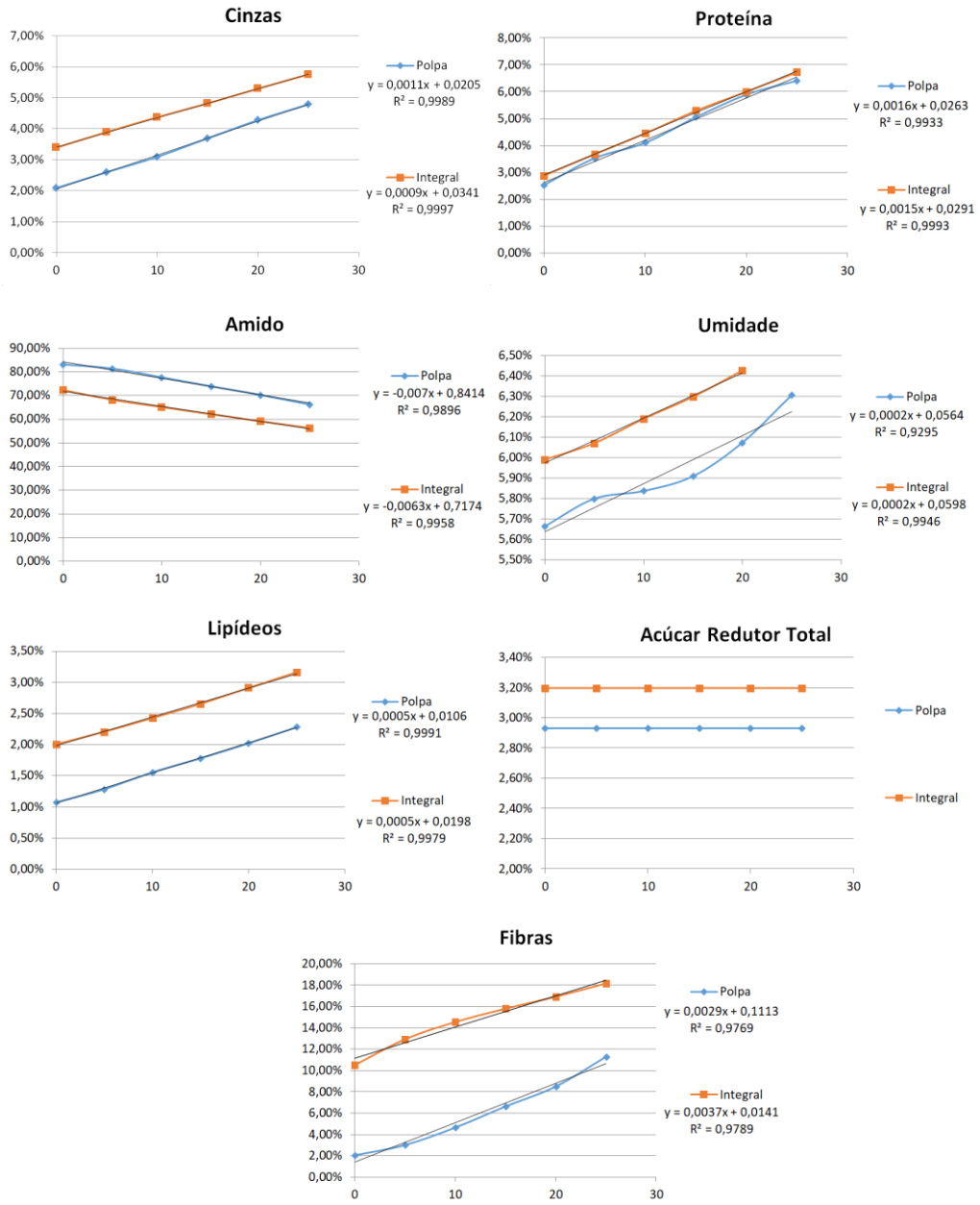
Fonte: o autor.
Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tuckey ($p<0,05$).

As divergências dos valores de cinzas, amido e proteínas estão em acordo com os valores encontrados por Cândido *et al.* (2022), ao avaliar farinha de polpa de banana verde e farinha de banana verde da cultivar BRS Platina (Tabela 1). Assim como o enriquecimento em relação a cinzas e proteínas conforme a substituição

parcial da farinha mista aumenta (Figura 1). Entretanto o autor não verificou diferença entre as taxas de absorção e solubilidade entre as farinhas de banana, resultados que são divergentes dos encontrados no presente estudo.

Marinho e Pascoal (2023) e Ramu *et al.* (2017) encontraram valores que são condizentes com as concentrações para a parte apical da Inflorescência da bananeira e que corroboram com os valores encontrados neste estudo, os valores encontrados nos estudos são de 19 e 20% de proteínas, 6 a 14% de cinzas e 4 a 5,8% de lipídeos.

Figura 2 - Regressão linear da composição centesimal



Fonte: o autor.

O enriquecimento proteico deste estudo chegou a 6,41% para farinha de polpa de banana e 6,72 para farinha de banana integral, estes valores estão próximos aos encontrados por Cândido *et al*. (2022) de 7,1 e 7,2 que evidencia uma diferença menor da farinha de polpa de banana em relação a farinha de banana integral do que a encontrada neste estudo. Estas diferenças entre as farinhas sem substituição podem ser observadas no estudo de Sardá *et al.* (2016), que encontraram valores de 3,72% para farinha de polpa de banana e 5,79% para farinha de banana integral antes de substituição.

Outra característica importante enriquecida com a adição da farinha da parte apical são as cinzas, ou seja, os minerais presentes na farinha, que aumentaram de 2,09% na farinha de polpa e 3,39% na farinha integral para 4,78% e 5,75% respetivamente. Estudos semelhantes encontraram valores de 2,45 a 3,34% de cinzas para farinha de polpa e 3,58 a 4,27% para farinha integral, valores que apesar de superiores aos encontrados se mostram próximos dos encontrados para a cultivar SCS451 Prata Catarina (Fasolin *et al.*, 2007; Borges *et al.*, 2009; Bezerra *et al.*, 2013; Sardá *et al.*, 2016; Reis *et al.*, 2019; Khoza *et al.*, 2021; Cândido *et al.*, 2022).

A mistura das farinhas foi capaz de aumentar até 192% a concentração de proteínas da farinha de polpa e 133% para farinha de banana integral, sendo que os tratamentos Polpa (15, 20 e 25%) e integral (20 e 25%) apresentaram valores de pelo menos 100% de enriquecimento proteico. O mesmo ocorre para os teores de cinzas onde a farinha de poupa obteve um enriquecimento de 128% e a farinha integral 69%, para este parâmetro somente os tratamentos Polpa (20 e 25%) apresentaram enriquecimento superior a 100% no teor de cinzas.

3.3.2 Índice de absorção e solubilidade em água

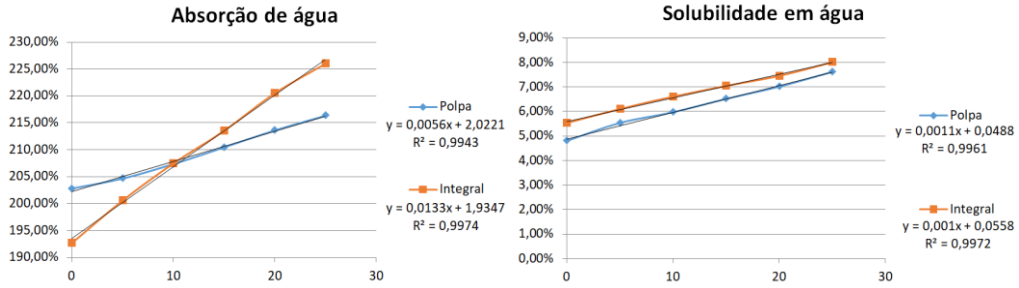
Os Índices de absorção e solubilidade em água são de extrema importância para a indústria de alimentos, uma vez que a variação em cada uma dessas propriedades pode deixar a farinha mais ou menos propicia para cada utilização, por exemplo, a absorção de água é importante para produção de produtos cárneos, pães e bolos, para manter a umidade do produto evitando produtos demasiadamente secos (Santana *et al.*, 2017).

Tabela 2 - Índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA).

	FPBV	FBVI	FPAIB
Absorção de agua (%)	202,79 b	192,62 c	262,21 a
Solubilidade (%)	4,80 c	5,53 b	17,13 a

Fonte: o autor.
Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tuckey (p<0,05).

Figura 3 - Regressão linear das caracteristicas de absorção e solubilidade me agua



Fonte: o autor.

É conhecida uma relação entre o aumento da concentração de Proteínas em farinhas mistas e o seu aumento consequente na absorção de água, padrão que pode ser observado na Tabela 2 e Figura 3, porém este não é tão acentuado como o encontrado por Cândido *et al.* (2022), que chegou a observar valores que aumentaram a absorção de água em até 69% com a adição de 25% de farinha de Ora-pro-nóbis.

Campuzano *et al.* (2018) em seu estudo encontrou 2,92 de Índice de absorção para farinha de polpa e 3,58 para farinha de para farinha integral de banana Prata-Anã, enquanto Savlak *et al.* (2016) encontrou valores de 3,7 e 4,6 respetivamente. Outro estudo avaliando a cultivar BRS Platina encontrou valores de 3,98 e 3,72, para farinha de polpa e farinha integral (Cândido *et al.*, 2022). Todos esses valores se encontram próximos aos encontrados neste estudo e dão suporte para os dados encontrados.

3.3.3 cor

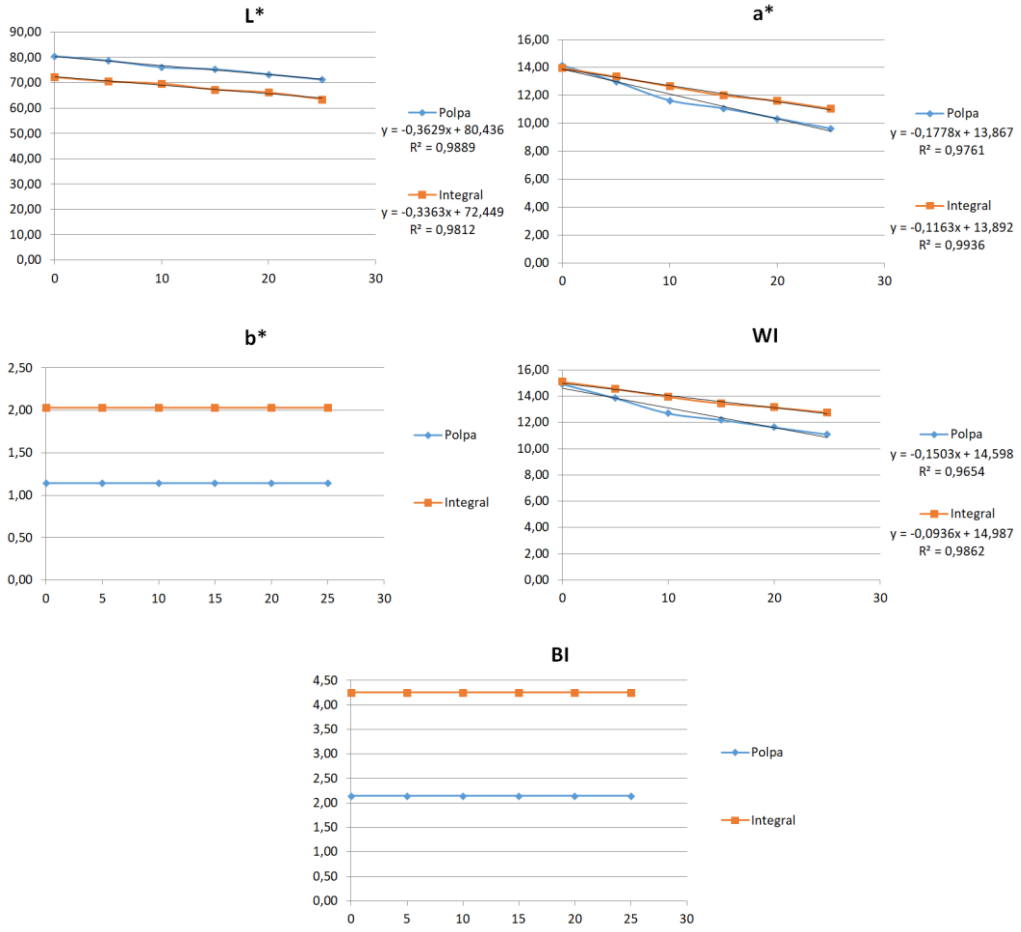
A cor é um atributo muito importante para um alimento, pois este pode influenciar diretamente o apetite do consumidor. Os valores encontrados podem ser observados na Tabela 3 e Figura 4.

Tabela 3 - Análise de cor de farinhas.

	FPBV	FBVI	FPAIB
L*	80,53 a	72,21 b	33,62 c
a*	14,16 a	13,96 b	8,43 c
B*	1,48 c	2,18 b	2,68 a
WI	14,91 a	15,08 a	12,03 b
BI	2,63 c	4,31 b	11,40 a

Fonte: o autor.
Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tuckey (p<0,05).

Figura 4 - **Regressão linear das caracteristicas de cor**



Fonte: o autor.

É possível observar que a farinha da parte apical é mais escura devido a diferença no parâmetro L (33,62) em relação a farinha integral (72,21) e a farinha de polpa (80,53). A produção de farinha mista gerou uma variação em todos os tratamentos, sendo que quanto maior a percentagem substituída, menor era o valor de L.

Savlak *et al.* (2016) encontrou valores de “L” de 84,6 para farinha de polpa e 70,44 para farinha integral, enquanto Cândido *et al.* (2022) ao avaliar farinhas de banana mistas com Ora-pró-nóbis encontrou valores de “L” de 89,61 para farinha de polpa, 72,42 para farinha integral e 35,10 para farinha de Ora-pró-nóbis, as farinhas mistas demonstraram uma queda para valores próximos de 60, dando assim suporte para os dados encontrados neste estudo.

Cândido *et al.* (2022) encontrou para as farinhas mistas com farinha de ora-pró-nóbis valores de a* entre 1,47 e 6,3, faixa que se encontra abaixo das encontradas neste estudo, enquanto valores de b* encontrados no mesmo estudo variam entre 8,76 e 10,17. Esta variação demonstra que cada fonte de enriquecimento terá influências diferentes nas características final da farinha mista.

3.4 Conclusões

A farinha de polpa de banana possui maiores valores de teor de amido e de coloração (L), enquanto a farinha de casca apresentou maiores teores de cinzas e lipídeos. É possível concluir que as farinhas mistas aumentaram os minerais, as Proteínas, lipídeos, absorção e solubilidade em água, tendo como contrapartida a redução da concentração de amido e do valor do Índice de luminosidade da análise de cor. Deste modo é possível concluir que a adição de Farinha da Parte Apical da Inflorescência da Bananeira foi capaz de enriquecer nutricionalmente ambas as farinhas de banana.

REFERÊNCIAS

ADENIJI, T. A. *et al.* Nutritional and anti-nutritional composition of flour made from plantain and banana hybrid pulp and peel mixture. **Nigerian Food Journal**, v. 25, n. 2, p. 68-76, 2007.

ARISE, A. K. *et al.* Development and quality evaluation of wheat cookies enriched with bambara groundnut protein isolate alone or in combination with ripe banana mash. **Applied Food Research**, v. 1, n. 1, p. 100003, 2021. DOI: 10.1016/j.afres.2021.100003.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 12. ed. Washington: **Association of Official Analytical Chemists**, 1975. 1094 p.

AURORE, G.; PARFAIT, B.; FAHRASMANE, L. Bananas, raw materials for making processed food products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 20, n. 2, p. 78-91, 2009. DOI: 10.1016/j.tifs.2008.10.003.

BENES, E. *et al.* Analysis of wheat flour-insect powder mixtures based on their near infrared spectra. **Food Chemistry X**, v. 13, p. 100266, 24 fev. 2022. DOI: 10.1016/j.fochx.2022.100266.

BEZERRA, C. V. *et al.* Nutritional potential of green banana flour obtained by drying in spouted bed. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 1140-1146, 2013. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000400025.

BORGES, A.; PEREIRA, J.; LUCENA, E. Caracterização da farinha de banana verde. **Food Science and Technology** (Campinas), v. 29, n. 2, p. 333-339, 2009. DOI: https://doi.org/10.1590/S0101-20612009000200015.

CAMPUZANO, A.; ROSELL, C. M.; CORNEJO, F. Physicochemical and nutritional characteristics of banana flour during ripening. **Food Chemistry**, v. 256, p. 11-17, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.113.

CÂNDIDO, H. T. *et al.* Green banana and ora-pro-nóbis mixed flours: nutritional and technological characteristics. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 25, e2022081, 2022. DOI: 10.1590/1981-6723.08122.

CASTELO-BRANCO, V. N., GUIMARÃES, J. N, SOUZA, L. The use of green banana (Musa balbisiana) pulp and peel flour as an ingredient for tagliatelle pasta. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, p. e2016119, 2017. DOI: 10.1590/1981-6723.11916.

DE SÁ MENDES, N. *et al.* Flour from ‘fruits and vegetables’ waste with addition of a South American pepper (Capsicum baccatum) proposed as food ingredient. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 55, p. 1230–1237, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1111/ijfs.14358. Acesso em: 19 jul. 2025.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistical**

database. 2023. Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/#home. Acesso em: 10 Julho. 2025.

FASOLIN, L. H. *et al.* Biscoitos produzidos com farinha de banana: Avaliações química, física e sensorial. **Food Science and Technology** (Campinas), v. 27, n. 3, p. 524-529, 2007. DOI: https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000300016.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biomentria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

KHOZA, M.; KAYITESI, E.; DLAMINI, B. C. Physicochemical characteristics, microstructure and health promoting properties of green banana flour. **Foods**, v. 10, n. 12, p. 2894, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/foods10122894.

KOMEROSKI, M. R. *et al.* Effect of whey protein and mixed flours on the quality parameters of gluten-free breads. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 24, p. 100361, 2021. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2021.100361.

LAU, B. F. *et al.* Banana inflorescence: Its bio-prospects as an ingredient for functional foods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 97, p. 14-28, mar. 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.005.

LEONEL, M. *et al.* Blends of cassava starch with banana flours as raw materials for gluten-free biscuits. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 4, p. 2293-2312, 2021. DOI: 10.5433/1679-0359.2021v42n4p2293.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, A. S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações.** 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997.

MARINHO, R. M.; PASCOAL, G. B. Análise da composição centesimal do coração de bananeira (Musa paradisiaca) proveniente de Uberlândia, MG. **Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 21, n. 12, p. 26215–26226, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.55905/oelv21n12-148.

MENTE, A. *et al.* Dieta, doenças cardiovasculares e mortalidade em 80 países. **European Heart Journal**, v. 44, n. 28, p. 2560-2579, 21 jul. 2023. DOI: 10.1093/eurheartj/ehad269.

OYEYINKA, B. O.; AFOLAYAN, A. J. Comparative evaluation of the nutritive, mineral, and antinutritive composition of Musa sinensis L. (banana) and Musa paradisiaca L. (plantain) fruit compartments. **Plants**, v. 8, n. 12, p. 598, 2019. DOI: 10.3390/plants8120598.

RAMU, R. *et al.* Assessment of nutritional quality and global antioxidant response of banana (Musa sp. CV. Nanjangud Rasa Bale) pseudostem and flower. **Pharmacognosy Research**, v. 9, n. 1, p. 74, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.4103/pr.pr_67_17.

REIS, R. C. *et al.* Promising green banana and plantain genotypes for making flour.

Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 54, e01303, 2019. DOI: https://doi.org/10.1590/s1678-3921.pab2019.v54.01303.

RODRÍGUEZ-AMBRIZ, S.L. *et al.* Characterization of a fibre-rich powder prepared by liquefaction of unripe banana flour. **Food Chem**. 2008, 107, 1515–1521. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.007

SANTANA, G. S.; OLIVEIRA FILHO, J. G.; EGEA, M. B. Características tecnológicas de farinhas vegetais comerciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 2, p. 88-95, 2017. Disponível em: http://dx.doi.org/10.32404/rean.v4i2.1549.

SANTOS, E. O. **Adubações orgânica e mineral em mudas micropropagadas de bananeira cv Prata Catarina durante a aclimatação**. 2014. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

SARDÁ, F. A. H. *et al.* Identification of carbohydrate parameters in commercial unripe banana flour. **Food Research International**, v. 81, p. 203-209, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.11.016.

SAVLAK, N.; TÜRKER, B.; YEŞILKANAT, N. Effects of particle size distribution on some physical, chemical and functional properties of unripe banana flour. **Food Chemistry**, v. 213, p. 180-186, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.064.

SILVA, M. B. G. *et al.* Qualidade físico-química e sensorial de aguardentes de polpa de banana e banana integral submetidas à hidrólise enzimática. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 20, n. 2, p. 217-221, 2009.

VIEIRA, S. **Análise de Variância: (ANOVA)**. São Paulo: Atlas, 2006.

VON LOESECKE, H. W. **Bananas**. 2. ed. New York: Interscience Publisher, 1950.

ZAINI, H. M. *et al.* Banana peels as a bioactive ingredient and its potential application in the food industry. **Journal of Functional Foods**, v. 92, p. 105054, 2022.

CAPÍTULO 4

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE AGUARDENTE DE BANANA DE CINCO NOVAS CULTIVARES

Resumo

Atualmente, o Brasil possui milhares de marcas de cachaças e aguardentes que são comercializadas. O número de marcas apresenta crescimento ano a ano, demostrando assim a potência que o país tem neste setor. A banana é a fruta mais produzida globalmente, sendo possível e bem aceita a sua utilização para a produção de aguardente. Com a introdução de novos cultivares de bananeiras no Brasil com intuito aumentar a biodiversidade e a resistência dos frutos a doenças, ocorre a disseminação de bananas com características únicas, as quais podem ser exploradas pela indústria de aguardente. O processamento de bananas é especialmente relevante devido às perdas pós-colheita significativas, que podem alcançar até um terço da produção. Este estudo produziu aguardente a partir de cinco cultivares de banana como uma forma de contribuir para o desenvolvimento sustentável e a valorização dos subprodutos da bananicultura. Foi possível observar que a utilização de diferentes cultivares apresentou grande influência no teor alcoólico final das bebidas e que a metodologia de produção utilizada gerou destilados com baixa concentração de acidez, gerando assim produtos com características diferentes das encontradas em literatura.

Palavras-chave: aguardente; subproduto; bananicultura; polpa de banana; destilação.

Abstract

Currently, Brazil has thousands of brands of cachaça and aguardente being marketed, with the number of brands increasing year after year, demonstrating the country's strength in this sector. Banana is the most produced fruit globally, and its use in aguardente production is both possible and well-received. With the introduction of new banana cultivars in Brazil aimed at increasing biodiversity and fruit resistance to diseases, bananas with unique characteristics are being disseminated, which can be explored by the aguardente industry. The processing of bananas is especially relevant due to significant post-harvest losses, which can reach up to one-third of production. This study produced brandy from five banana cultivars as a means of contributing to sustainable development and the valorization of banana cultivation by-product. It was observed that the use of different cultivars had a significant influence on the final alcoholic content of the beverages, and the production methodology used resulted in distillates with low acidity levels, thus creating products with characteristics different from those found in the literature.

Keywords: firewater; banana by-product; banana pulp; distillation.

4.1 Introdução

A banana é produzida em regiões tropicais e subtropicais e é uma fruta amplamente consumida em todo o mundo (Matthew; Negi, 2017; Zaini *et al.*, 2022). Esta fruta tem o maior índice global de produção (cerca de 128 milhões de toneladas) e ocupa o quarto lugar em termos de valor de commodities agrícolas (63,6 bilhões de dólares), depois do arroz, trigo e leite (Panigrahi, 2021).

Um dos desafios para o desenvolvimento sustentável é a redução das perdas e do desperdício de alimentos (Ishangulyyev *et al.*, 2019). O processamento de banana se torna muito interessante quando analisados os dados de perdas pós-colheitas, uma vez que qualquer dano na casca ou modificação no formato pode fazer com que o fruto seja descartado. A banana por ser um fruto climatérico de alta produção de etileno, é vulnerável à deterioração desde o cultivo, colheita e armazenamento, até seus cuidados pós-colheita e transporte, acumulando perdas que podem chegar a um terço durante todo o percurso até seu consumidor final (Al-Dairi *et al.*, 2022, 2023).

As perdas e os desperdícios na produção de frutos de banana representam um custo significativo no mercado, sendo importante desenvolver produtos alternativos

para a banana. A indústria dos destilados têm demonstrado interesse em produzir novas bebidas alcoólicas a partir de novas matérias-primas, apresentando-se como um mercado potencial para os produtores de banana (Capobiango *et al*., 2015; Mathew; Negi, 2017; Isangulyyev *et al.*, 2019; Kraithong; Issara, 2021; Panigrahi *et al*., 2021; Zaini *et al*., 2022).

A aguardente de fruta é uma bebida alcoólica que possui de trinta e seis a cinquenta e quatro por cento em volume de graduação alcoólica, enquanto a aguardente é a bebida de graduação alcoólica entre trinta e oito e cinquenta e quatro por cento, sendo a denominação cachaça, atribuída para a aguardente produzida a partir de cana-de-açúcar no Brasil (Brasil, 2009).

O Brasil possui atualmente 5.523 marcas de cachaça e aguardente disponíveis no mercado, que são comercializadas, colecionadas e degustadas por entusiastas e colecionadores desses destilados. Em 2020, houve um aumento de 18,5% no número de marcas de cachaça registradas em comparação ao ano anterior, e as marcas de aguardente também cresceram 11,3%. No total, o país conta com 4.743 marcas de cachaça e 780 marcas de aguardente registradas. Sendo o estado de Minas Gerais o principal produtor tanto em termos de produtores de cachaça quanto de aguardente. A região Sudeste destaca-se com a maior proporção de estabelecimentos registrados para a produção de cachaça, representando 68,7% do total, o que equivale a 3258 produtores (Brasil, 2022).

A normativa do Ministério da Agricultura e Pecuária nº 13 de 29/06/2005 regulamenta os limites máximos aceitos para algumas substâncias, sendo descartada a necessidade de um limite mínimo.

Tabela 1 - Concentrações permitidas para aguardentes pelo MAPA.

Substâncias	Limite máximo
Acidez volátil, expressa em ácido acético em mg/100 ml de álcool anidro	150
Ésteres totais, expressos em acetato de etila, em mg/100 ml de álcool anidro	200
Aldeídos totais, em acetaldeído, em mg/100 ml de álcool anidro	30
Soma de Furfural e Hidroximetilfurfural, em mg/100 ml de álcool anidro	5
Soma dos álcoois isobutílico (2-metil propanol), isoamílicos (2-metil -1- butanol +3 metil-1-butanol) e n-propílico (1-propanol), em mg /100 ml de álcool anidro	360
Metanol, em mg/100 ml de álcool anidro	20

Fonte: Brasil (2005)

Os principais contaminantes organicos são o álcool metílico (20mg/100ml etanol), carbamato de etila (150ug/100ml etanol), acroleína (2-propenal) (5mg/100ml etanol), álcool sec-butílico (2-butanol) (10mg/100ml etanol), álcool n-butílico (1-butanol) (3mg/100ml etanol). Enquanto os contaminantes inorganicos são cobre (5mg/100ml etanol), chumbo (200ug/100ml etanol) e arsênio (100ug/100ml etanol) (Brasil 2005).

No contexto de avanços na bananicultura atrelado aos princípios do desenvolvimento sustentável e diminuição de perdas, este estudo visou produzir aguardente de banana obtida pelo processamento de cinco cultivares de bananas como forma de contribuir para os avanços na cadeia agrícola e industrial desta fruta.

4.2 Materiais e métodos

4.2.1 Bananal

O cultivo das bananeiras foi realizado na Fazenda Experimental de São Manuel, localizada no município de São Manuel-SP, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista (FCA/UNESP). A fazenda está situada a 22º44’48’’S, 48º34’37’’, a uma altitude de 740 metros acima do nível do mar. A região possui um clima Cwa, classificado como temperado quente

(mesotérmico) e úmido, segundo o sistema de classificação de Köppen (Cunha; Martins, 2009). O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico de textura arenosa, de acordo com a nomenclatura do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA *et al.*, 2013).

4.2.2 Bananas

Foram utilizados neste estudo, frutos maduros de cinco cultivares de banana; Prata-Anã, SCS451 Catarina, BRS Fhia Maravilha , BRS Pacoua e BRS Vitória, obtidos pela colheita de quatro cachos/cultivar com frutos em estádio 1 de maturação (casca totalmente verde, 34 mm de diâmetro) de acordo com a escala de Von Loesecke (CEAGESP, 2006). Os cachos foram colhidos das plantas filhas (segundo ciclo), e levados para o Centro de Raízes e Amidos Tropicais, localizado no campus lageado da Unesp–Botucatu, sendo cada um dos cachos pesados, e suas pencas, separadas. As bananas foram tratadas com solução spray de 0,4% de “Ethrel” (Bayer), um composto a base de etileno, para homogeneização do ponto de amadurecimento.

Estas cultivares foram escolhidas por suas características únicas. A Prata-Anã foi escolhida por ser a mais cultivada no Brasil. A cultivar SCS451 Catarina foi escolhida por ser uma mutação gerada da Prata-Anã em clima mais frio, deste modo sendo mais adaptada para o clima de Botucatu-SP. As cultivares tetraploides BRS Fhia Maravilha , BRS Pacoua e BRS Vitória foram escolhidas devido a sua resistência às principais pragas e doenças que afligem a bananicultura (EMBRAPA, 2003; EMBRAPA, 2012; EMBRAPA, 2016; Pereira *et al.*, 2019; Napoleão; Jesus; Leonel, 2021).

Quando as bananas atingiram o ponto 6 de maturação (casca totalmente amarela) de acordo com a escala de Von Loesecke (CEAGESP, 2006), estas foram higienizadas com água potável e transportadas imediatamente até o Centro de Raízes e Amidos Tropicais (CERAT)/UNESP, onde foram descascadas e a polpa foi pesada e acondicionada em freezer horizontal a temperatura de -20 °C até o momento do processamento dos mostos fermentativos.

4.2.3 Teste preliminar para a avaliação das condições de fermentação

Para a determinação dos melhores padrões a serem estabelecidos para a fermentação foram realizados três ensaios experimentais. Os testes consistiram em

avaliar o melhor fator de diluição do mosto, o melhor tratamento térmico (com uma hora de duração), e a viabilidade da utilização de reinóculo. O pré-teste foi conduzido utilizando uma mistura de massas iguais das cinco cultivares de bananas utilizadas no estudo, fermentados com levedura de panificação seca (*Saccharomyces cerevisiae*) (Tabela 2).

Tabela 2 - Pré-testes realizados para otimização do padrão fermentativo de mosto de banana.

	Teste Diluição	Teste Temperatura	Teste Reinóculo
Tratamento 1	**A**: Diluição 1:1 banana e água	**E**: Diluição 1:1,5 sem tratamento térmico	**I**: Diluição 1:1,5, sem tratamento térmico e sem reinóculo
Tratamento 2	**B**: Diluição 1:1,3 banana e água	**F**: Diluição 1:1,5 com aquecimento a 50 °C	**J**: Diluição 1:1,5, sem tratamento térmico e com reinóculo
Tratamento 3	**C**: Diluição 1:1,5 banana e água	**G**: Diluição 1:1,5 com aquecimento a 70 °C	
Tratamento 4	**D**: Diluição 1:2 banana e água	**H**: Diluição 1:1,5 com aquecimento a 90 °C	

Fonte: o autor.

Cada um dos pré-testes foi realizado com quatro parcelas experimentais e foram avaliados em relação ao teor alcoólico final dos mostos. O tratamento que apresentou maior produção de etanol no teste de diluição foi adotado como padrão para os próximos tratamentos, o mesmo ocorreu com o teste de temperatura.

4.2.4 Produção de aguardentes das diferentes cultivares de banana

O processo de obtenção das aguardentes de banana passou desde o cultivo da bananeira; obtenção dos cachos de banana; higienização, remoção da casca e corte da polpa; congelamento da polpa em freezer; armazenamento; trituração em

liquidificador industrial da polpa com adição de água; adição de levedura; fermentação; destilação e obtenção de aguardente.

Após a análise dos dados dos testes preliminares, realizou-se os ensaios de produção das aguardentes de banana objetivando verificar a interferência da cultivar sobre os parâmetros qualitativos das aguardentes. Foram produzidos quatro mostos por cultivar utilizando a proporção de 1:1,5 (peso/peso) de polpa de banana e água.

As bananas foram descongeladas em temperatura de geladeira (5±2 °C) e trituradas em liquidificador industrial (Vithory, TR015, Catanduva/Brasil) juntamente com 1,5 vezes o seu peso em água. O mosto foi dividido e acondicionado 12 litros em cada um dos quatro fermentadores de 20 litros munidos de batoque hidráulico. Cada um dos mostos foi inoculado com fermento seco biológico (*Saccharomyces cerevisiae*, Fleischmann) na proporção de 1,5g/L para primeira inoculação e então colocado em freezer horizontal com controle de temperatura regulado para 20±1,5 °C. Esta concentração de leveduras foi utilizada para evitar derramamento do mosto. Diariamente os mostos foram avaliados em relação à leitura de refratômetro.

Ao sexto dia de fermentação foi realizado um segundo inóculo com adição de mais 1,5g/L de levedura para aumentar a concentração de células. Após a finalização da fermentação foram coletados 25ml do fermentado alcoólico que foram destilados em destilador de arraste a vapor (Buchi, K-335) e então analisadas em densímetro digital para verificação do teor alcoólico.

Os mostos foram levados integralmente para a destilação, a qual foi dividida em duas etapas. Primeiramente foram realizadas duas destilações para concentração de teor alcoólico. Cada destilação foi realizada com 18 L de mosto, totalizando 3 fermentadores gastos na destilação, sendo o destilado recolhido integralmente para ser utilizado na segunda etapa. A segunda etapa consistiu em adicionar o destilado das primeiras deslilações junto ao último mosto de 12L para aumentar o seu teor alcoólico e então iniciar a segunda destilação.

Ambas as destilações foram separadas em dez frações de 200 ml e cada uma foi analisada com auxílio de Alcoômetro analógico, termômetro analógico e tabela de correção de temperatura, deste modo sendo possível verificar o teor alcoólico de cada fração.

Os destilados obtidos foram classificados em cabeça, coração e cauda, sendo a fração de cabeça e cauda descartadas por serem impróprios para o consumo humano, uma vez que a cabeça possui altas concentrações de compostos tóxicos

como o metanol, enquanto a cauda possui álcoois de cadeia longa que são conhecidos por carregar um sabor desagradável (Venturini Filho, 2016). Além disso, as alíquotas foram selecionadas para manter o teor alcoólico mínimo exigido para uma aguardente de fruta (36%) (BRASIL, 1997).

4.2.4 Análises na aguardente de banana

As frações de aguardente de banana foram analisadas para teor alcoólico, pH, acidez e também foram analisadas em cromatografia gasosa para verificação dos componentes presentes na bebida final.

O pH foi determinado pelo método potenciométrico com auxílio de pHmetro de bancada digital (Tecnal, TEC-5), a acidez foi analisada por método titulométrico sendo o ponto de neutralização determinado com o auxílio de um potenciômetro (AOAC, 2000).

O teor alcoólico foi medido com auxílio de densímetro digital marca Mettler, modelo KEM DA-310. Nesta análise foram inseridas 10 ml de amostra para leitura e após estabilização foi anotado a concentração de teor alcoólico.

Os compostos voláteis foram analisados seguindo a metodologia de Capobiango *et al*. (2015), sendo realizada com o auxílio de um GC Agilent utilizado para análise GC–FID. A coluna capilar era composta por uma fase SolGel–WAX (30 m × 0,32 mm × 0,50 µm de espessura do filme). A entrada da coluna estava conectada a um injetor *split/splitless*. A entrada do GC foi configurada a 240 ºC com amostragem *splitless* por 2 min. A taxa de fluxo do gás transportador de hidrogênio foi de 3 ml min^{-1}. O forno foi programado para iniciar a 50 ºC (mantido por 2 min), aumentando a 3 ºC min^{-1} até 80 ºC, e então aumentando a 10 ºC min^{-1} até 240 ºC (mantido por 2 min).

4.2.6 Análise dos dados

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo Scott & Knott, ao nível de 5 % de probabilidade (Vieira, 2006). As comparações estatísticas dos pré-testes foram realizadas para cada um dos 3 testes individualmente (teste de diluição, teste de temperatura, teste de reinóculo). Os resultados foram comparados estatisticamente, sendo feitas comparações entre as

cultivares de bananeira. Todos os testes estatísticos foram realizados com auxílio do software SISVAR (Ferreira, 2019).

4.3 Resultados e discussão

4.3.1 Definição das condições de fermentação

A levedura possui um metabolismo respirofermenativo, em condições normais é realizada a respiração para gerar uma maior quantidade de ATP's, enquanto na ausência de oxigênio estes microrganismos são capazes de realizar fermentação alcoólica. A proporção teórica da reação de fermentação é de uma molécula de sacarose que pesa 342u produzindo quatro moléculas de etanol com massa molecular de 184u, deste modo o rendimento da produção de etanol máxima que pode ser realizada é de 53,8% p/p de transformação de açúcares em etanol. Apesar da reação química apresentar este valor teórico, é impossível que o mesmo ocorra, uma vez que a levedura irá utilizar parte da energia produzida e dos carbonos para a multiplicação celular (Figueira *et al.*, 2023). Deste modo a maior aproximação ao máximo teórico foi considerada como fator decisivo para a escolha dos tratamentos.

A Tabela 3 apresenta os teores alcoólicos produzidos em cada tratamento de cada etapa dos pré-testes realizados.

Tabela 3 - Teor alcoólico dos vinhos (pré teste).

Teste diluição		Teste temperatura		Teste reinóculo	
Diluição	TA% (v/v)	Temperatura	TA% (v/v)	Reinóculo	TA% (v/v)
A - 1:1	1,12 d	E - Sem aquecimento	2,91 a	I - Sem reinóculo	2,91 b
B - 1:1,3	1,76 c	F - Aquecimento de 50°C	2,86 a	J - Com reinóculo	3,24 a
C - 1:1,5	2,91a	G - Aquecimento de 70°C	2,92 a		
D - 1:2	2,38 b	H - Aquecimento de 90°C	2,92 a		

Fonte: o autor.
Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p<0,05$).

No acompanhamento do processo de fermentação (Tabela 4) foi possível observar que o tratamento A (1:1) foi o que produziu a menor concentração de etanol. Isso acontece devido à alta viscosidade do meio nesta diluição, dificultando os movimentos internos do mosto e deste modo formando focos fermentativos que não se misturam corretamente (Potter; Wiggert; Costa, 2018).

Tabela 4 - Acompanhamento de fermentação sob diferentes condições.

Dias	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TA % (v/v)
Teste de Diluição														
A	12,5	12	11,6	10,93	10,43	9,87	9,63	9,53	9,57	9,53	9,53	9,53	9,53	1,12
B	11,3	10,77	10,3	9,7	9,07	8,43	7,93	7,37	6,97	6,93	6,87	6,87	6,87	1,76
C	9,9	9,2	8,43	7,97	7,4	6,83	6,37	5,93	5,4	5,07	4,87	4,7	4,7	2,91
D	8,3	7,47	6,8	6,3	5,67	5	4,63	4,27	3,83	3,57	3,57	3,57	3,57	2,38
Teste de temperatura														
E	9,9	9,2	8,43	7,57	6,83	6,1	5,63	5,07	4,7	4,47	4,33	4,27	4,2	2,91
F	9,9	9,17	8,27	7,57	6,73	6	5,53	5,07	4,6	4,37	4,23	4,23	4,23	2,86
G	9,9	9,2	8,23	7,5	6,73	5,9	5,57	5,03	4,83	4,67	4,37	4,27	4,23	2,92
H	9,9	9,13	8,27	7,63	6,8	6,07	5,5	5,03	4,8	4,57	4,3	4,23	4,2	2,9
Teste de reinóculo														
I	9,9	9,2	8,43	7,57	6,83	6,1	5,63	5,07	4,7	4,47	4,33	4,27	4,2	2,91
J	10,1	9,37	8,57	7,73	6,93	6,23	5,73	4,8	4,27	3,67	3,5	3,47	3,47	3,24

Fonte: o autor

O tratamento B (1:1,3) apresentou uma variação de 4,4, com oito dias de fermentação e gerando um mosto com 1,76% de etanol. O tratamento C (1:1,5) apresentou uma variação ainda maior, variando 5,2, com uma fermentação que durou até o décimo primeiro dia e foi capaz de produzir 2,9% de etanol no mosto. O tratamento D (1:2) apresentou uma variação de 4,7, apresentando uma fermentação de nove dias e um teor alcoólico de 2,4%. Apesar de parecer que a variação e o teor alcoólico foram menor, este foi o mosto que mais fermentou neste tratamento, porém devido ao teor alcoólico final ser menor e o seu volume maior, este tratamento não se mostra atrativo por dificultar a etapa seguinte de destilação, aumentando o volume, ou seja, a energia para aquecimento e diminuindo o teor alcoólico do destilado.

Na etapa de definição da temperatura de fermentação (Tabela 4) verificou-se que não houve diferenças significativas nos tratamentos por calor. Deste modo o tratamento E (sem aquecimento) foi escolhido para a etapa seguinte. Cândido, Marzullo e Leonel (2023), em seus estudos citam que o fruto de banana durante seu amadurecimento transforma gradativamente todo seu amido em açúcares redutores,

deste modo os ensaios térmicos que possuem o intuito de quebrar o amido em açúcares são dispensáveis e acabam por não gerar influencia na fermentação.

No teste para avaliar o reinóculo observou-se que o aumento do número de células promoveu a redução mais acentuada dos valores obtidos em refratômetro a partir do dia seis (Tabela 4), além de gerar um aumento no teor alcoólico final (Tabela 3).

4.3.2 Processo fermentativo dos mostos obtidos pelo processamento das cinco cultivares de bananeira

Observou-se diferenças entre a concentração inicial de sólidos solúveis nos mostos das diferentes cultivares de banana (Tabela 5). Isto ocorre, pois, o teor de sólidos solúveis inicial do mosto está diretamente relacionado aos teores de açúcares dos frutos maduros.

Tabela 5 - Teor de sólidos solúveis (°Brix) dos mostos de diferentes cultivares de banana.

Cultivar	Teor de sólidos solúveis (°Brix) da banana	Teor de sólidos solúveis (°Brix) do mosto	Teor Alcoólico do mostro fermentado
Prata-Anã	24,75	9,9	3,07 b
SCS 451 Catarina	21,25	8,5	2,74 c
BRS Fhia Maravilha	21	8,4	3,45 a
BRS Pacoua	23	9,2	2,97 b
BRS Vitoria	24	9,6	3,01 b

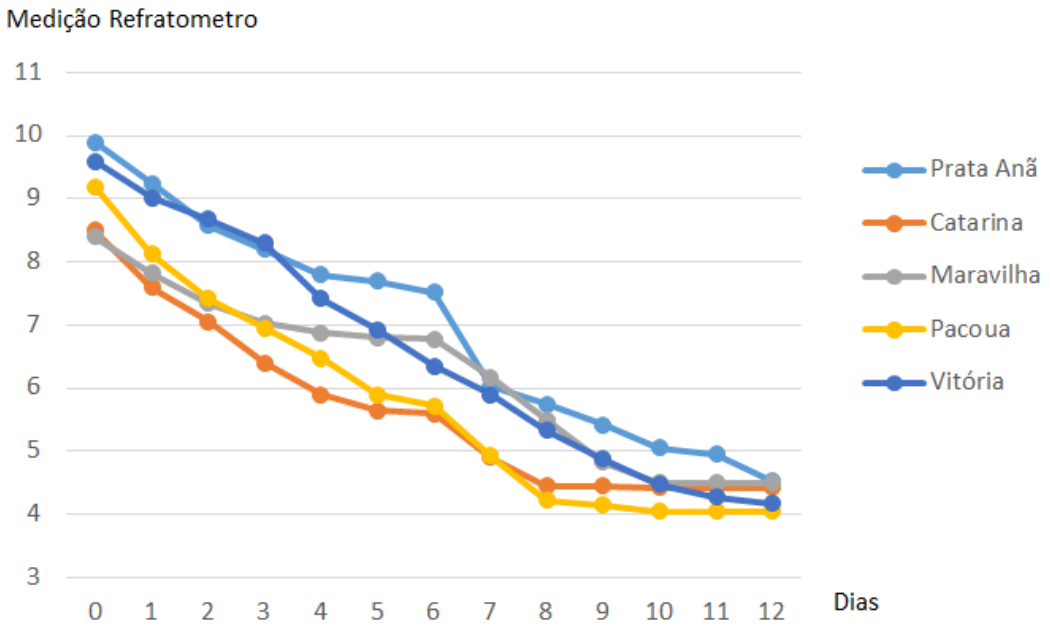
Fonte: o autor.

Jesus (2024) em seu estudo avaliando a segunda penca dos cachos das mesmas cultivares estudados neste trabalho, encontrou teores de sólidos solúveis para as polpas das bananas que variou entre 20,2 e 28,3 °Brix, valores que corroboram os dados do presente estudo.

A Figura 1 mostra o desenvolvimento da fermentação dos mostos de banana, avaliando a redução na medição do refratômetro com o passar dos dias. Esta medição é uma medição de valor adimensinal, ou seja, o valor medido não representa uma

caracteristica do mosto, entretanto a sua variação indica que o mosto mantem atividade fermentativa.

Figura 1 - Acompanhamento da fermentação das cultivares Prata-Anã, SCS451 Catarina, BRS FHIA Maravilha, BRS Pacoua e BRS Vitória



Fonte: o autor.

O teor alcoólico destas fermentações foi em ordem crescente: SCS451 Catarina 2,74±0,064 (c); BRS Pacoua 2,97±0,122(bc); BRS Vitória 3,01±0,106 (b); Prata-Anã 3,07±0,121 (b) e BRS FHIA Maravilha 3,45±0,122 (a). Estes valores indicam uma fermentação mais eficiente para a cultivar BRS FHIA Maravilha que obteve maiores concentrações alcoólicas. Essa diferenciação pode ser atrelada a possíveis diferenças na composição dos sólidos solúveis presentes na cultivar BRS FHIA Maravilha, de modo a favorecer a fermentação e o aumento do teor alcoólico produzido.

4.3.3 Destilados obtidos pelo processamento das cinco cultivares de bananeira

Os valores obtidos para teor alcoólico de cada uma das frações da primeira e segunda etapa da destilação podem ser observados na Tabela 6 e 7.

Tabela 6 - Teor alcoólico obtido na primeira etapa de destilação.

Fração	Prata-Anã	SCS451 Catarina	BRS FHIA Maravilha	BRS Pacoua	BRS Vitória
Primeira batelada (TA % v/v)					
1	28	17,5	26,8	27,6	20,8
2	26,1	17,5	31,2	25,7	23,6
3	23,4	15,7	30,2	22,8	21,2
4	18,4	12,7	27,2	17,8	20,9
5	17,8	10,9	22	16	16,6
6	13,2	8,2	19,2	13,2	12,7
7	9,5	6,3	16,7	10,5	10,9
8	7,7	5,4	13,7	8,6	9,1
9	5,8	4,4	11,9	6,5	7,2
10	3,9	3,9	9,2	4,8	6,2
Segunda batelada (TA % v/v)					
1	16,9	19	24,5	24,9	24,9
2	25,3	19	29,8	26,8	26,8
3	21,5	17,5	27,8	23	22,7
4	18,7	13,9	23,8	20,8	20,5
5	16	11,8	22,9	18,1	18,7
6	14,2	10	21	15,4	16
7	11,4	8,2	18,2	12,7	12,9
8	9,5	7,2	14,5	10,9	10,7
9	7,7	5,4	12,7	8,2	8,6
10	6,7	5,4	10	8,2	6,3

Fonte: o autor.

Na primeira etapa da destilação foi possível observar algumas diferenças, tomando a segunda fração como base de comparação, a primeira fração não foi considerada para efeito de comparação por intercorrências práticas como redução do teor alcoólico causado pelo resíduo de cauda acumulado no condensador. A cultivar BRS FHIA Maravilha que apresentou o maior teor alcoólico com 31,2%, seguida das cultivares BRS Vitoria, BRS Pacoua e Prata-Anã, que apresentaram teores intermediários de 23,6 a 26,1 %, e o terceiro grupo que possui a cultivar SCS 451

Catarina que apresentou o menor teor alcoólico de 17,5%. Entretanto essa proporção não se manteve para a segunda etapa da destilação onde as cultivares BRS Pacoua e BRS Vitória apresentaram a segunda fração com valores próximos a BRS FHIA Maravilha.

Tabela 7 - Teor alcoólico obtido na segunda etapa de destilação.

Fração	Prata-Anã	SCS451 Catarina	BRS FHIA Maravilha	BRS Pacoua	BRS Vitória
Mosto enriquecido com os destilados (% v/v)					
1	39,6	37,4	26,4	42,7	47,6
2	43,7	41,2	46,6	46,7	47
3	42,7	37,8	46,6	45,7	46
4	39,6	33,7	45,6	41,6	42,5
5	35,6	31,8	43,1	41	39,8
6	35,6	26,8	41,1	37	36,8
7	29,6	22,1	32,2	33	34,8
8	26,6	19,3	30,2	29	29,4
9	21,9	15,5	28,1	25,1	25,7
10	18,1	12,7	25,1	20,3	21,9
Frações selecionadas	3,4,5,6	2,3,4,5	2,3,4,5,6	3,4,5,6,7	2,3,4,5,6
Teor Alcoólico	36,94 d	36,02 e	42,94 a	38,73 c	41,52 b

Fonte: o autor.
Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p<0,05$).

Com a mistura das frações o destilado da cultivar BRS FHIA Maravilha se apresentou como a cultivar com maior teor alcoólico e o destilado obtido da cultivar SCS 451 Caratina como o de menor teor alcoólico.

Um fator importante a ser observado é que a Prata Catarina e a Prata-Anã apresentaram uma fração aproveitável a menos do que as demais, sendo somente quatro frações de coração, enquanto as cultivares Prata Maravilha, Prata Pacoua e Prata Vitória apresentaram cinco frações aproveitáveis.

4.3.4 Análise das aguardentes de banana

Apesar das diferenças durante o processo de fermentação e destilação, todos os tratamentos se mantiveram dentro dos parâmetros exigidos pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Os resultados obtidos para os parâmetros pH, acidez titulável total e teor alcoólico das aguardentes das diferentes cultivares de bananeira mostraram interferência das cultivares como pode ser observado na Tabela 8.

Tabela 8 - Parâmetros físico-químicos de aguardente produzida a partir de diferentes cultivares de banana.

Cultivar	pH	Acidez total (mEq ácido acético)	Teor alcoólico (% v/v)
Prata-Anã	3,79 d	14,07 a	36,94 d
SCS 451 Catarina	3,82 d	8,43 c	36,02 e
BRS Fhia Maravilha	4,18 a	7,97 d	42,94 a
BRS Pacoua	3,95 c	8,77 b	38,73 c
BRS Vitoria	4,08 b	8,93 b	41,52 b

Fonte: o autor.
Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p<0,05$).

Todos os parâmetros avaliados variam de cultivar para cultivar, o pH apresenta 4 níveis de diferença, sendo estatisticamente iguais somente a Prata-Anã e a BRS Fhia Maravilha. O mesmo ocorre para acidez, entretanto as cultivares estatisticamente iguais são a BRS Pacoua e a BRS Vitoria. Para o parâmetro de Teor alcoólico, nenhuma cultivar teve resultados estatisticamente iguais, sendo a cultivar responsável pela variação alcoólica (Tabela 8).

Silva (2009) utilizou bananas da cultivar prata para preparo de aguardente de banana em seu estudo ele encontrou teor alcoólico de 38 °GL, valor que se mostra dentro da amplitude encontrada entre as cultivares deste estudo. Entretanto no parâmetro de acidez houve uma grande diferença, quanto o estudo citado encontrou valor de 66,9 meq a cada 100ml de etanol, valor muito superior ao do presente estudo, porém ainda dentro dos parâmetros exigidos pelo MAPA.

Moro (2016) corrobora com a concentração alcoólica final deste trabalho, chegando ao valor de 42 °GL, após o processamento com utilização de enzimas no mosto para auxiliar na fermentação. Vale ressaltar que o mesmo estudo notou uma queda de 1 °GL no teor alcoólico final depois de 60 dias de maturação. Variação que pode fazer com que a cultivar SCS 451 Catarina saia dos parâmetros mínimos de teor alcoólico.

Alvarenga (2011) analisou aguardente produzida por destilação simples e dupla, sendo encontrado 33,76°GL e 41,69°GL quando analisadas as frações 3 a 7 do destilador, deste modo é possível observar que a metodologia empregada ficou muito mais próxima do teor alcoólico de uma aguardente bidestilada, sem a necessidade de volumes tão grandes que seriam necessários para realmente produzir uma aguardente bidestilada. Também foi encontrada acidez volátil superior a 50 mEq ácido acético, indicando uma acidez total elevada quando comparada a deste estudo.

Sem o auxílio de tratamento enzimático no mosto, Gomes, Giuffrida e Pradela (2023) avaliaram o teor alcoólico de destilados de banana e encontraram valores entre 34,68 e 39,5, valores que correspondem aos encontrados neste trabalho.

Com base nesses quatro estudos é possível notar algumas semelhanças e diferenças, em termos gerais o teor alcoólico se mostrou muito próximo aos demais estudos, entretanto a acidez encontrada no presente estudo foi muito inferior às demais, chegando a valores de até cinco vezes menor.

As aguardentes também foram analisadas em cromatografia gasosa com espectômetro de massas - Fid, os resultados podem ser observados na Tabela 9.

Tabela 9 - Parâmetros cromatográficos de aguardente produzida a partir de diferentes cultivares de banana.

mg/100mL de etanol	Prata -Anã	SCS 451 Catarina	BRS Fhia Maravilha	BRS Pacoua	BRS Vitoria
Esteres Totais	18,30	5,48	52,68	9,63	21,33
Aldeídos Totais	2,32	3,42	8,35	3,08	7,08
Furfural	0,01	0,02	0,02	0,01	0,03
Metanol	30,94	26,96	36,40	16,68	54,14
Sec-butílico	ND	ND	ND	ND	ND
n-propanol	11,42	16,66	21,98	25,43	26,25
Iso-butílico	16,00	16,35	31,95	26,89	50,11
Iso-amílico	28,76	39,76	57,78	35,98	63,96
Álcoois Superiores Totais	56,18	72,77	111,72	88,30	140,32

Fonte: o autor.
*ND = não detectado

Os valores de acidez volátil, esteres totais, aldeídos totais, furfural e álcoois superiores se encontram dentro dos padrões pré-estabelecidos (Tabela 7 e 8), entretanto para o parâmetro metanol, somente a aguardente produzida a partir da cultivar BRS Pacoua apresentou valor dentro do estipulado (Brasil, 2005). O metanol é um contaminante muito comum na aguardente, que é obtido a partir das primeiras frações que são destiladas, podendo esse composto se concentrar por destilações consecutivas (Palmeira, 2024). Deste modo vale ressaltar a necessidade de descarte superior de uma fração a mais, de modo a reduzir as concentrações de metanol para verificação e adequação a legislação brasileira.

A Tabela 10 compara os valores encontrados neste estudo com valores descritos na literatura.

Tabela 10 - Comparação dos parâmetros cromatográficos de aguardente de banana.

mg/100mL de etanol	Alvarenga (2011) destilação simples	Alvarenga (2011) destilação dupla	Moro (2016)	Silva *et al.* (2009)	Atual Estudo
Esteres	11,58	0,77	8,7	40,1	5,48 – 52,68
Aldeídos	37,8	5,26	3,65	-	2,32 – 8,35
Furfural	6,7	0	-	-	0,01 – 0,03
Metanol	2,2	1,92	572,8	0,093	16,68 – 54,14
Sec-butílico	0,38	0	-	-	ND
n-propanol	33,29	26,66	-	-	11,42 – 26,25
Iso-butílico	77,69	58,39	-	-	16,00 – 50,11
Iso-amílico	170,12	127,89	-	-	28,76 – 63,96
Álcoois Superiores Totais	281,09	212,94	298,12	196,1	56,18 – 140,32

Fonte: o autor.
*ND = não detectado

A Tabela 10 demonstra que as destilações realizadas neste estudo obtiveram uma concentração equivalente ou inferior aos estudos semelhantes que realizaram a produção de aguardente de banana. O parâmetro de metanol indica uma falha na separação das frações quando comparado aos estudos Alvarenga (2011), e Silva *et al.* (2009), apesar disso os valores de álcoois superiores são menores para todos os tratamentos do que os valores encontrados na literatura, o que indica que o processamento utilizado no presente estudo é um processamento que foi capaz de separar os álcoois superiores, sendo necessário somente o ajuste das frações para produção de uma aguardente de boa qualidade.

4.4 Conclusões

É possível concluir que a produção de aguardente com este método, apesar de apresentar a maioria dos parâmetros dentro dos valores estipulados, apresenta valores altos de metanol, sendo somente a cultivar BRS Pacoua aprovada para todos os critérios exigidos pela legislação brasileira. Sendo necessário o estudo de um maior descarte inicial de destilado ou a realização da separação da primeira destilação de

modo a levar menor concentração de metanol para segunda destilação.

A cultivar BRS Fhia Maravilha apresenta o melhor rendimento no quesito de produção de etanol, sendo uma cultivar de interesse para processamento, enquanto a BRS Catarina apresentou o menor rendimento de produção de etanol, ficando próximo ao valor limite aceito pela legislação.

As aguardentes produzidas neste estudo apresentaram teores de acidez e álcoois superiores abaixo das encontradas na literatura, podendo estas serem características marcantes em sua produção.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, R. M. **Avaliação de parâmetros da fermentação e da destilação para adequação dos teores de compostos secundários em aguardente de banana**. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 12. ed. Washington: Association of Official Analytical Chemists, 1975. 1094 p.

BRASIL. Ministério da Fazenda. Receita Federal. Decreto nº 2.314, de 04 de setembro de 1997. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 05 set. 1997. Seção 1, p. 10104.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Mais de 5,5 mil marcas de cachaça estão registradas no Brasil.** Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/mais-de-5-5-mil-marcas-de-cachaca-estao-registradas-no-brasil. Publicado em: 06 jul. 2021. Atualizado em: 01 nov. 2022.

CEAGESP. Programa Brasileiro Para a Modernização da Horticultura e Produção Integrada de Frutas. **Normas de classificação de banana**. São Paulo, 2006. (Documento, 29).

CENSI, S. A.; SOARES, A. G.; FREIRE, M. J. **Manual de perdas pós-colheita em frutos e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa, 1997.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Banana Maravilha: variedade tipo prata resistente à sigatoka negra e ao mal do Panamá. **Embrapa Mandioca e Fruticultura e Embrapa Acre**. Folder técnico. 2p. 2003.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Banana BRS Platina uma nova banana Prata**. Embrapa Mandioca e Fruticultura**. Folder Técnico. 2 p. 2012.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. BRS Pacoua: nova cultivar de bananeira do tipo Pacovan**. Embrapa Mandioca e Fruticultura e Embrapa Amazônia Ocidental**. Folder técnico. 2p. 2016.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistical database**. 2023. Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/#home. Acesso em: 10 julho. 2025.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biomentria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

FIGUEIRA, R. *et al.* Quantificação estequiométrica do metabolismo respirofermentativo de leveduras selecionadas para a produção de etanol. **Energia na Agricultura**, 2023. DOI: https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2023v38n4p37-43

GASPAROTTO, L.; PEREIRA, M. C. N.; MUNIZ, A. W. **‘BRS Pacoua’**: cultivar de

bananeira para o estado do Amazonas. 4 p. (Embrapa. Comunicado Técnico, 170). ISSN 1517-3887, 2024.

GOMES, A. C.; GIUFFRIDA, R.; PRADELA, V. A. Comparison of the alcohol content obtained in the fermentation of dwarf cavendish banana and its peel for the purposes of brandy production. **Colloquium Agrariae**, 2023. DOI: 10.5747/ca.2023.v19.h533.

IBGE. **Indicadores IBGE**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2022.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. v. 1, p. 46-54.

ISHANGULYYEV, R., KIM, S., LEE, S. H. Understanding food loss and waste - why are we losing and wasting food? **Foods**, 8: 297, 2019.

JESUS, P. R. R. **Desempenho horticultural de cultivares de bananeira em cultivo consorciado com capim-limão**. 2024. Tese de Doutorado em Agronomia (Horticultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Botucatu, 2024.

KRAITHONG, S., ISSARA, U. A strategic review on plant by-product from banana harvesting: A potentially bio-based ingredient for approaching novel food and agro-industry sustainability. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, 20, 530–543, 2021.

MATHEW, N. S., NEGI, P. S. Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of wild banana (Musa acuminate Colla): A review. **Journal of Ethnopharmacology**, 196, 124–140, 2017.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA, Regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para aguardente de cana e para cachaça. **Instrução Normativa MAPA nº 13**, 2005

MORO, K. I. B. **Desenvolvimento e caracterização de aguardente de frutas à base de polpa de banana (Musa sp.) e de suco de abacaxi (Ananas comusus (L.) Merril).** 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

NAPOLEÃO, G. M.; JESUS, P. R. R.; LEONEL, S. Cultivar diversification of banana production in Brazil. **Agronomy Science and Biotechnology**, v. 7, p. 1-14, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.33158/ASB.r127.v7.

PALMEIRA, G. B. T. **Produção e caracterização de aguardente à base de banana, mel e erva mate ultra refinada**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2024.

PANIGRAHI, N. *et al.* Identifying opportunities to improve management of water

stress in banana production. **Scientia Horticulturae**, 276, Article 109735, 2021.

PEREIRA, L. V. *et al.* Comportamento produtivo e vegetativo de cultivares de bananeira originárias da ‘Prata-Anã’, com e sem irrigação, **Circular Tecnico EPAMIG**, n. 301 – junho 2019. ISSN: 0103-4413

POTTER, M. C.; WIGGERT, D. C.; COSTA, J. L. B. F. A. (Trad.). Mecânica dos Fluidos. 1. ed. São Paulo: **Bookman**, 2018. 258 p. ISBN 978-85-8260-453-3.

SILVA, M. B. G. *et al.* Qualidade físico-química e sensorial de aguardentes de polpa de banana e banana integral submetidas à hidrólise enzimática. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 20, n. 2, p. 217-221, 2009.

SILVA, L. J. *et al.* Desenvolvimento da antracnose e caracterização física e química em bananas ‘Prata-Anã’ e ‘Prata Catarina’ no semiárido mineiro. **Contribuciones a las ciencias sociales**, v. 17, n. 1, p. 3457–3469, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.55905/revconv.17n.1-205.

VENTURINI FILHO, W. G. Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia. 2. ed. São Paulo: **Blucher**, 2016. v. 1, p. 237-283.

VIEIRA, S. **Análise de Variância: (ANOVA).** São Paulo: Atlas, 2006.

ZAINI,H.M. *et al.* Banana peels as a bioactive ingredient and its potential application in the food industry**. Journal of Functional Foods**, 92, 105054, 2022.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cultura da banana, embora amplamente difundida no Brasil e no mundo, ainda carece de estratégias consolidadas para seu aproveitamento integral, especialmente dentro dos princípios de sustentabilidade e economia circular. O presente trabalho buscou contribuir com esse cenário, avaliando alternativas tecnológicas para o uso mais eficiente da bananeira, com foco na produção de aguardente e no desenvolvimento de farinhas funcionais a partir de seus frutos, cascas, inflorescências e subprodutos.

No campo da produção alcoólica, os resultados demonstraram que, apesar de o método utilizado ter gerado aguardentes com parâmetros físico-químicos em sua maioria compatíveis com a legislação brasileira, os elevados teores de metanol constituem uma limitação importante. Apenas a cultivar BRS Pacoua atendeu plenamente a todos os critérios legais, indicando a necessidade de ajustes no processo, como o aumento do volume de descarte da fração inicial da destilação ou a separação mais eficiente das frações, especialmente na primeira etapa. A cultivar BRS Fhia Maravilha destacou-se quanto ao rendimento alcoólico, mostrando-se promissora para aplicações industriais.

No que se refere ao aproveitamento da bananeira A inflorescência, revelou grande valor agregado: a parte apical como fonte de proteínas e minerais; as brácteas, como fontes de fibras alimentares; e as flores, com potencial lipídico. Esses componentes podem ser direcionados tanto para aplicações alimentares quanto não alimentares, diversificando o portfólio de produtos e ampliando as possibilidades de mercado. A variação entre cultivares, somada à possibilidade de composições mistas, permite a adaptação regional e setorial das farinhas, fortalecendo o uso estratégico da bananeira.

Na área alimenticia, a produção de farinhas mistas apresentou resultados interessantes. Sendo que a farinha de polpa apresentou maior teor de amido e luminosidade, enquanto a farinha de casca destacou-se nos teores de cinzas e lipídeos. A adição da farinha da parte apical da inflorescência foi eficiente para enriquecer nutricionalmente as formulações, aumentando os teores de proteínas, minerais, lipídeos, absorção e solubilidade em água, ainda que com redução da concentração de amido e da luminosidade.

Diante do alto índice de perdas pós-colheita, que pode chegar a um terço dos frutos, e do uso ainda restrito das outras partes da planta, é urgente promover o desenvolvimento de tecnologias acessíveis para ampliar o aproveitamento da cultura como um todo. Embora já existam estudos que apontem caminhos promissores, a complexidade e o custo de algumas etapas de processamento ainda limitam a adoção em pequena e média escala. Assim, torna-se necessário investir na otimização e simplificação dos processos, viabilizando o uso dos subprodutos com menor exigência de infraestrutura.

Conclui-se, portanto, que todas as frações da bananeira possuem potencial para aplicações em alimentos, bebidas e biocombustíveis, reforçando seu papel como cultura estratégica para a bioeconomia. Para consolidar esse potencial, é fundamental ampliar o investimento em pesquisa aplicada, transferência de tecnologia e políticas públicas que incentivem o aproveitamento integral da planta. A promoção do uso total da bananeira representa não apenas um avanço técnico e científico, mas também um compromisso com a sustentabilidade, a segurança alimentar e a inovação no setor agroindustrial.

REFERÊNCIAS

Al-DAIRI, M.; PATHARE, P. B.; Al-MAHDOURI, A. The contribution of impact damage to the quality changes of stored banana fruit. **Biol. Life Sci. Forum**, v. 16, n. 1, 31, abr., 2022.

Al-DAIRI, M. *et al.* Postharvest quality, technologies, and strategies to reduce losses along the supply chain of banana: a review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 134, p. 177-191, abr., 2023.

ALVARENGA, R. M. *et al.* Potential application of Saccharomyces cerevisiae strains for the fermentation of banana pulp. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 18, p. 3608–3615, 2011.

ALZATE ACEVEDO, S. *et al.* Recovery of banana waste-loss from production and processing: a contribution to a circular economy. **Molecules**, v. 26, n. 17, p. 5282, 31 ago. 2021. DOI: 10.3390/molecules26175282. Disponível em: https://www.mdpi.com/1420-3049/26/17/5282.

CHOWDHURY, N.; NICKHIL, C.; DEKA, S. C. Comprehensive review on the nutritional and therapeutic value of banana by-products and their applications in food and non-food sectors. **Food Bioscience**, v. 56, art. 103416, 2023. DOI: 10.1016/j.fbio.2023.103416.

DE PASCALE, A. et al. The circular economy implementation at the European Union level. Past, present and future. **Journal of Cleaner Production**, v. 423, p. 138658, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138658.

FIALLOS-CÁRDENAS, M.; PÉREZ-MARTÍNEZ, S.; RAMIREZ, A. D. Prospects for the development of a circular bioeconomy around the banana value chain. **Sustainable Production and Consumption**, v. 30, p. 541-555, mar. 2022. DOI: 10.1016/j.spc.2021.12.014. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.12.014.

FAOSTAT. **Food Agriculture Organization of the United Nations**. Statistical database. 2022. Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/#home.

HOSSAIN, M. B.; BEGUM, H. Investigation of spinnability of banana fibers through yarn formation along with analysis of yarn properties. **American Journal of Engineering Research (AJER)**, v. 6, n. 10, p. 322–327, 2017.

IBGE. Indicadores IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - **IBGE**, 2022.

JESUS FILHO, M. *et al.* Banana liqueur: Optimization of the alcohol and sugar contents, sensory profile and analysis of volatile compounds. **LWT – Food Science and Technology**, v. 97, p. 31–38, 2018.

KHAN, A. *et al.* Sustainable yarns and fabrics from tri-blends of banana, cotton and tencel fibres for textile applications. **Journal of Cleaner Production**, v. 426, p. 140545, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109252.

LAU, B. F. *et al.* Banana inflorescence: Its bio-prospects as an ingredient for functional foods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 97, p. 14–28, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.023

NAPOLEÃO, G. M.; JESUS, P. R. R.; LEONEL, S. Cultivar diversification of banana production in Brazil. **Agronomy Science and Biotechnology**, v. 7, p. 1-14, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.33158/ASB.r127.v7.2021.

PAULINE, M. *et al.* Production technique and sensory evaluation of traditional alcoholic beverage based maize and banana. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 10, p. 11–15, 2017.

REN, Q.; ALBRECHT, J. Toward circular economy: the impact of policy instruments on circular economy innovation for European small medium enterprises. **Ecological Economics**, v. 207, p. 107761, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2023.107761.

SILVA, L. J. *et al.* Desenvolvimento da antracnose e caracterização física e química em bananas ‘Prata Anã’ e ‘Prata Catarina’ no semiárido mineiro. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 17, n. 1, p. 3457–3469, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.55905/revconv.17n.1-205.

SUPRAYITNO, E. *et al.* Banana blossom addition to increase food fiber in tuna (Thunnus sp.) floss product as functional food for degenerative disease's patient. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 1036, n. 1, p. 012095, 2022.