



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



TESE DE DOUTORADO

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROCESSAMENTO E ARMAZENAMENTO DE
PRODUTOS AGRÍCOLAS**

**PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL TIPO *WEISS* ADICIONADA
DE MANGA CV. ESPADA**

MARIA JOSÉ SILVEIRA DA SILVA

**CAMPINA GRANDE- PARAÍBA
FEVEREIRO- 2020**

MARIA JOSÉ SILVEIRA DA SILVA

**PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL TIPO WEISS ADICIONADA
DE MANGA CV. ESPADA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutora em Engenharia Agrícola.

Orientadoras: Prof.^a Dra. Ana Paula Trindade Rocha
Prof.^a Dra. Josivanda Palmeira Gomes

**CAMPINA GRANDE- PARAÍBA
FEVEREIRO- 2020**

S586p

Silva, Maria José Silveira da.

Produção de cerveja artesanal tipo *Weiss* adicionada de manga cv. espada / Maria José Silveira da Silva. - Campina Grande, 2020.

151f. : il. Color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2020.

"Orientação: Profa. Dra. Ana Paula Trindade Rocha, Profa Dra. Josivanda Palmeira Gomes".

Referências.

1. *Mangifera indica* L. 2. Fermentação. 3. Frutas Tropicais. 4. Desenvolvimentos de Novos Produtos. I. Rocha, Ana Paula Trindade Rocha. II. Gomes, Josivanda Palmeira. III. Título.

CDU 634.441(043)



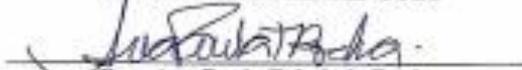
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

MARIA JOSÉ SILVEIRA DA SILVA

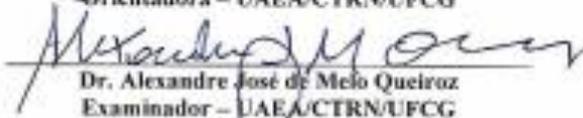
“PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL TIPO *WEISS* ADICIONADA DE
MANGA CV. ESPADA”

APROVADO(A): 19 de fevereiro de 2020

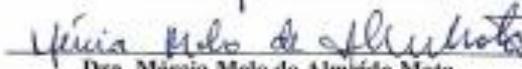
BANCA EXAMINADORA

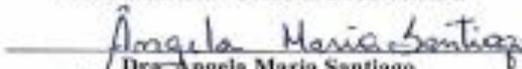

Dra. Ann Paula Trindade Rocha
Orientadora – UAEA/CTRN/UFPA

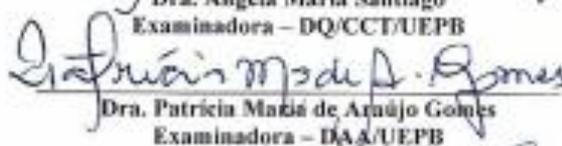

Dra. Josivanda Palmeira Gomes
Orientadora – UAEA/CTRN/UFPA

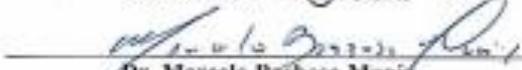

Dr. Alexandre José de Melo Queiroz
Examinador – UAEA/CTRN/UFPA


Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva
Examinador – UAEA/CTRN/UFPA


Dra. Mércia Melo de Almeida Mota
Examinadora – UAEA/CTRN/UFPA


Dra. Angela Maria Santiago
Examinadora – DQ/CCT/UEPB


Dra. Patrícia Maria de Araújo Gomes
Examinadora – DQ/UEPB


Dr. Marcelo Barbosa Muniz
Examinador – DEA/CT/UEPB

Dedico, com saudade, a Jane Cleber Silveira (in memoria), pela ausência que deixou em minha vida, a Maria Silveira Garcia, por ter sempre acreditado em mim e ensinado a lutar pelos meus sonhos. Essas conquistas pertencem a eles também, que fizeram parte da minha vida.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por todas as bênçãos concedidas em minha vida, me conduzindo sempre no caminho do bem e dando forças para ir em busca dos meus objetivos.

A minha mãe, por me ensinar a importância de uma boa educação, por não ter medido esforços para passar valores que levarei por toda a minha vida.

Aos meus irmãos, por me apoiarem, serem meus companheiros, por torcerem e celebrarem minhas conquistas.

A minha vó Neves (*in memoriam*) e minhas tias, pela torcida e incentivo.

A Professora Ana Paula Trindade Rocha, por ter confiado em meu trabalho, pelos ensinamentos, orientação e solicitude.

A professora Josivanda Palmeira Gomes, pela orientação acadêmica e por ter sido bem mais que uma orientadora.

A professora Mércia Melo de Almeida Mota, pelo apoio, carinho e conselhos para a vida.

Ao meu amigo Luan Azeredo, pela amizade e por ter colaborado efetivamente com a execução deste trabalho.

As amigas que conquistei durante esse percurso, pela amizade, por estarem do meu lado nos momentos difíceis, por me incentivar a seguir em frente.

A Aury pela amizade, apoio e por fazer parte dessa conquista.

Aos mestres que contribuíram na minha educação, ministrando disciplinas ou apenas transmitindo sabedoria.

A Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, por proporcionarem a realização desta conquista e à Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro.

RESUMO GERAL

O objetivo desta pesquisa foi desenvolver e caracterizar uma cerveja artesanal de alta fermentação (*Ale*) adicionada de manga cv. Espada como adjunto no processo de fabricação, de modo a aprimorar a qualidade do produto. Realizou-se análises físicas, físico-químicas, compostos fenólicos totais, carotenoides, atividade antioxidantes, pectina e análise microbiológica da polpa da manga. Para a produção das cervejas foi realizado um planejamento fatorial $2^2 + 3$ totalizando 7 experimentos sendo 4 ensaios distintos e mais 3 no ponto central, onde variou (concentração de polpa (%)) e teor de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix)). Durante o acompanhamento cinético foram realizadas as análises: pH, sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix), acidez titulável, açúcares totais, redutores e teor alcoólico. As cervejas foram analisadas quanto: ao pH, sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix), acidez titulável, ácido ascórbico; carotenoides, cor, densidade, turbidez, extrato real, extrato original/primitivo. Também foram realizadas análises dos compostos fenólicos, atividades antioxidantes e análise microbiológica. Na análise sensorial a metodologia utilizada foi a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) com escala linear de nove centímetros e os escores foram avaliados pela metodologia da Análise de Componentes Principais (ACP). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a comparação entre as médias de acordo com o teste de *Tukey* a 5% de probabilidade, para análises dos resultados da caracterização físico-químicas da cerveja utilizou o programa computacional SISVAR. A polpa de manga integral apresentou altos teores de sólidos solúveis, compostos fenólicos totais e carotenoides e apresentou baixos teores de atividades antioxidantes. Com relação as análises microbiológicas a polpa de manga está dentro dos padrões exigidos pela legislação vigentes. A adição de polpa de manga no mosto contribuiu para que os parâmetros pH e sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix) apresentassem comportamento uniformes durante todo o período de fermentação, além de ter fornecido uma boa fonte de açúcares fermentescíveis para produção de álcool. A concentração de polpa na cerveja influenciou de forma positiva nos parâmetros sólidos solúveis, como também a presença da polpa na cerveja elevou os valores de extrato real, extrato primitivo e turbidez. A superfície de resposta mostrou que as variáveis açúcares totais e redutores foram influenciadas pela concentração de polpa, sendo que o teor alcoólico foi influenciado pelas variáveis concentração de polpa (%) e teor de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix). Os compostos fenólicos totais e atividade antioxidante também foram influenciados pela maior porcentagem de polpa. As análises microbiológicas das cervejas apresentaram resultados satisfatórios de acordo com a legislação vigente. Com base nas análises de componentes principais os melhores atributos sensoriais destacados nas cervejas foram: sabor residual da fruta, acidez, teor alcoólico, amargô, sabor frutado, textura encorpada e cor característica da fruta, confirmado pelos escores obtidas a esses atributos.

PALAVRAS-CHAVE: *Mangifera indica* L; fermentação; frutas tropicais; desenvolvimento de novos produtos.

GENERAL ABSTRACT

The objective of this research was to develop and characterize a high fermentation craft beer (Ale) with mango cv. Sword as an adjunct in the manufacturing process, in order to improve product quality. Physical, physical-chemical analyzes, total phenolic compounds, carotenoids, antioxidant activity, pectin and microbiological analysis of the mango pulp were performed. For the production of beers, a 22 + 3 factorial design was carried out, totaling 7 experiments, 4 different tests and 3 more at the central point, where it varied (pulp concentration (%) and soluble solids content (°Brix)). During the kinetic monitoring, analyzes were performed: pH, soluble solids (°Brix), titratable acidity, total sugars, reducers and alcohol content. The beers were analyzed for: pH, soluble solids (° Brix), titratable acidity, ascorbic acid; carotenoids, color, density, turbidity, real extract, original / primitive extract. Analyzes of phenolic compounds, antioxidant activities and microbiological analysis were also carried out. In the sensory analysis the methodology used was the Quantitative Descriptive Analysis (ADQ) with a linear scale of nine centimeters and the scores were evaluated by the Principal Component Analysis (ACP) methodology. The data were subjected to analysis of variance (ANOVA) and the comparison between the means according to the Tukey test at 5% probability, for analysis of the results of the physical-chemical characterization of beer, using the computer program SISVAR. The whole mango pulp showed high levels of soluble solids, total phenolic compounds and carotenoids and showed low levels of antioxidant activities. Regarding microbiological analysis, the mango pulp is within the standards required by current legislation. The addition of mango pulp in the wort contributed to the pH and soluble solids (°Brix) parameters showing uniform behavior throughout the fermentation period, in addition to providing a good source of fermentable sugars for alcohol production. The concentration of pulp in beer positively influenced the soluble solid parameters, as well as the presence of pulp in beer increased the values of real extract, primitive extract and turbidity. The response surface showed that the variables total and reducing sugars were influenced by the pulp concentration, and the alcohol content was influenced by the pulp concentration (%) and soluble solids (°Brix) variables. The total phenolic compounds and antioxidant activity were also influenced by the higher percentage of pulp. The microbiological analyzes of the beers showed satisfactory results according to the current legislation. Based on the analysis of main components, the best sensory attributes highlighted in beers were: residual fruit flavor, acidity, alcohol content, bitterness, fruity flavor, full-bodied texture and characteristic color of the fruit, confirmed by the scores obtained for these attributes.

KEYWORDS: *Mangifera indica* L, fermentation, tropical fruits, development of new products.

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Figura 1-	Manga cultivar espada	22
Figura 2-	Influência do malte na cerveja	26
Figura 3-	Lúpulo em flor e em pélete	27
Figura 4-	Fermento <i>Saccharomyces</i>	29
Figura 5-	Adjuntos cervejeiros	31
Figura 6-	Adjuntos cervejeiros	31

CAPÍTULO 2

Figura 2.1 -	Etapas da elaboração da cerveja artesanal adicionada de polpa de manga cv. Espada	67
Figura 2.2 -	Comportamento do pH alcoólico durante a cinética de fermentação do mosto cervejeiro adicionado de polpa de manga cv. Espada	71
Figura 2.3 -	Comportamento da acidez durante a cinética de fermentação do mosto cervejeiro adicionado de polpa de manga cv. Espada	72
Figura 2.4 -	Comportamento dos teores de sólidos solúveis durante a cinética de fermentação do mosto cervejeiro adicionado de polpa de manga cv. Espada	73
Figura 2.5 -	Comportamento dos açúcares totais durante a cinética de fermentação do mosto cervejeiro adicionado de polpa de manga cv. Espada	74
Figura 2.6 -	Comportamento dos açúcares redutores durante a cinética de fermentação do mosto cervejeiro adicionado de polpa de manga cv. Espada	75
Figura 2.7 -	Comportamento do teor alcoólico durante a cinética de fermentação do mosto cervejeiro adicionado de polpa de manga cv. Espada	76
Figura 2.8 -	Percentual de rendimento das cervejas produzidas com diferentes percentuais de polpa e °Brix	78
Figura 2.9 -	Produtividade das cervejas produzidas com diferentes percentuais de polpa e °Brix	78
Figura 2.10-	Perfil de formação de etanol e consumo de açúcar nas cervejas produzidas com 10% de polpa e A=11 °Brix e B=15 °Brix	79
Figura 2.11-	Perfil de formação de etanol e consumo de açúcar nas cervejas produzidas com 30% de polpa e C=11 °Brix e D=15	80
Figura 2.12	Perfil de formação de etanol e consumo de açúcar nas cervejas produzidas com 20% de polpa e 13 °Brix	81

CAPÍTULO 3

Figura 3.1-	Superfície de resposta para a variável açúcares totais das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada relacionando a concentração de polpa e sólidos solúveis (°Brix)	98
Figura 3.2-	Superfície de resposta para a variável açúcares redutores das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada relacionando a concentração de polpa e sólidos solúveis (°Brix)	99
Figura 3.3-	Superfície de resposta para a variável teor alcólico das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada relacionando a concentração de polpa e sólidos solúveis (°Brix)	101
Figura 3.4-	Diagrama de Pareto do efeito do planejamento para a variável maltose da cerveja em função da porcentagem de polpa e sólidos solúveis (°Brix) de manga cv. Espada	102
Figura 3.5	Diagrama de Pareto do efeito do planejamento para a variável glicose da cerveja em função da porcentagem de polpa e sólidos solúveis (°Brix).de manga cv. Espada	103
Figura 3.6-	Diagrama de Pareto do efeito do planejamento para a resposta da frutose da cerveja em função da porcentagem de polpa e sólidos solúveis (°Brix) de manga cv. Espada	104

CAPÍTULO 4

Figura 4.1 -	Apresentação das amostras aos julgadores	115
Figura 4.2 -	Análise de Componentes Principais (ACP) dos atributos sensoriais das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada	122
Figura 4.3 -	Dendrograma para os atributos sensoriais das características sensoriais das cervejas artesanais adicionadas de polpa de manga cv. Espada	123
Figura 4.4 -	Mapa de Preferência Interno para as sete amostras de cerveja de manga cv. Espada em relação aos atributos sensoriais avaliados pelos julgadores	124
Figura 4.5 -	Perfil sensorial das formulações das cervejas artesanais adicionadas de polpa de manga cv. Espada	125

LISTA DE TABELAS

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Tabela 1-	Parâmetros de identidade e qualidade para polpa de manga	23
Tabela 2-	Composição do grão de cevada e do malte	25
Tabela 3-	Composição química do lúpulo em flor	28

CAPÍTULO 1

Tabela 1.1 –	Valores médios obtidos para massa, comprimento longitudinal e transversal da manga	49
Tabela 1.2 -	Valores médios das análises colorimétricas das polpas de manga cv. Espada em três estádios de maturação	50
Tabela 1.3 -	Valores médios dos parâmetros físico-químicos da polpa de manga cv. Espada nos três estádios de maturação	51
Tabela 1.4 –	Compostos bioativos da polpa integral da manga cv. Espada no estádio maduro	54
Tabela 1.5 –	Valores médios das análises colorimétricas da polpa integral da manga cv. Espada no estádio de maturação maduro	56
Tabela 1.6 –	Análise microbiológica da polpa de manga cv. Espada em estádio de maduro	57

CAPÍTULO 2

Tabela 2.1 -	Valores codificados e reais das variáveis independentes do mosto cervejeiro adicionado de manga cv. Espada	65
Tabela 2.2 -	Matriz de planejamento fatorial completo 2^2+3 pontos centrais utilizado na produção da cerveja artesanal adicionada de polpa de manga cv. Espada	66

CAPÍTULO 3

Tabela 3.1 -	Valores médios das análises físico-químicas das amostras de cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada	89
Tabela 3.2 -	Valores médios das análises colorimétricas das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada	92
Tabela 3.3 -	Análises físico-químicas das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada	95
Tabela 3.4 -	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para açúcares totais das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada	98
Tabela 3.5 -	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para açúcares redutores das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada	99
Tabela 3.6 -	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para teor alcoólico das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada	100
Tabela 3.7 -	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para maltose das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada	102
Tabela 3.8 -	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para glicose das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada	103
Tabela 3.9 -	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para frutose das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada	104

CAPÍTULO 4

Tabela 4.1 -	Parâmetros microbiológicos para cervejas (ANVISA, 2010)	114
Tabela 4.2 -	Quantificação dos compostos fenólicos e atividades antioxidantes das cervejas	116
Tabela 4.3 -	Análises microbiológicas das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada	121

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	16
2. OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo geral	17
2.2 Objetivos específicos	17
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1 Cerveja	18
3.1.2 Cervejas artesanais	20
3.2 Manga	22
3.3 Matérias-primas utilizadas na fabricação da cerveja	23
3.4 Processamento da cerveja	32
3.5 Compostos bioativos presentes na cerveja	36
3.6 Análises microbiológicas	37
3.7 Análise sensorial	38
4. CAPÍTULO 1 - COMPORTAMENTO DA MANGA CV. ESPADA EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO	41
Resumo	42
4.1 Introdução	43
4.2 Material e métodos	43
4.2.1 Obtenção e processamento da matéria-prima	43
4.2.2 Análises dos parâmetros físicos e físico-químicos da manga cv. Espada em diferentes estádios de maturação	44
4.2.3 Análises dos parâmetros físico-químicos da polpa de manga cv. Espada em diferentes estádios de maturação	45
4.2.4 Análises dos compostos fenólicos e atividade antioxidante da polpa de manga cv. Espada no estádio de maturação maduro	46
4.2.5 Análises microbiológicas da polpa de manga cv. Espada no estádio de maturação maduro	48
4.3 Resultados e Discussão	48
4.3.1 Caracterização física dos frutos de manga cv. Espada em três estádios de maturação	48

4.3.2	Caracterização físico-química da polpa de manga cv. Espada em três estádios de maturação	51
4.3.3	Análises complementares da polpa de manga cv. Espada para a produção de cerveja artesanal	53
4.4	Conclusões	57
	Referências	58
5.	CAPÍTULO 2 - ACOMPANHAMENTO CINÉTICO DA FERMENTAÇÃO DO MOSTO CERVEJEIRO ADICIONADO DE ADJUNTO DE POLPA DE MANGA CV. ESPADA COM DIFERENTES FORMULAÇÕES	62
	Resumo	63
5.1	Introdução	64
5.2	Material e métodos	65
5.2.1	Obtenção e processamento da matéria prima	65
5.2.2.	Planejamento fatorial utilizado na produção da cerveja artesanal adicionada de manga cv. Espada	65
5.2.3	Processo de obtenção da cerveja artesanal adicionada de polpa de manga cv. Espada	66
5.2.4	Cinética de fermentação do mosto cervejeiro adicionado de manga cv. Espada	68
5.2.5.	Parâmetros fermentativos do mosto cervejeiro adicionados de polpa de manga cv. Espada	69
5.3	Resultados e Discussão	70
5.3.1	Acompanhamento cinético do mosto cervejeiro adicionado de polpa cv. Espada com diferentes concentrações	70
5.4	Conclusões	82
	Referências	82
6.	CAPÍTULO 3 - DESENVOLVIMENTO DE CERVEJA UTILIZANDO COMO ADJUNTO POLPA DE MANGA CV. ESPADA: QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA	84
	Resumo	85
6.1	Introdução	86
6.2	Material e métodos	87

6.2.1	Obtenção e processamento da matéria prima	87
6.2.2	Análises físico-químicas das cervejas artesanais adicionadas de polpa de manga cv. Espada	87
6.3	Resultados e Discussão	89
6.3.1	Efeito da adição da polpa de manga cv. Espada na produção da cerveja artesanal	97
6.4	Conclusões	105
	Referências	106
7.	CAPÍTULO 4 - PERFIL DE ANTIOXIDANTES E ANÁLISE SENSORIAL DE CERVEJA WEISS ADICIONADA DE POLPA MANGA CV. ESPADA	109
	Resumo	110
	7.1 Introdução	111
	7.2 Material e métodos	112
	7.2.1 Obtenção das cervejas artesanais adicionadas de polpa de manga cv. Espada	113
	7.2.2. Análises de bioativos das cervejas artesanais adicionadas de polpa de manga cv. Espada	112
	7.2.3 Análises microbiológicas das cervejas artesanais adicionadas de polpa de manga cv. Espada	114
	7.2.4 Análise sensorial das cervejas artesanais adicionadas de polpa de manga cv. Espada	114
	7.2.5 Análises estatísticas das cervejas artesanais adicionadas de polpa de manga cv. Espada	116
	7.3 Resultados e Discussão	116
	7.3.1 Quantificação dos compostos fenólicos totais e antioxidantes das cervejas artesanais adicionadas de polpa de manga cv. Espada	116
	7.3.2. Avaliação microbiológica das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada	121
	7.3.3 Análise sensorial das cervejas artesanais adicionadas de polpa de manga cv. Espada	121
	7.3.3.1 Dendrograma das cervejas artesanais adicionadas de polpa de manga cv. Espada	123

7.3.3.2 Mapa de preferência interno das cervejas artesanais adicionadas de polpa de manga cv. Espada	124
7.4 Conclusões	127
Referências	127
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131
ANEXOS	137

1. INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, o setor cervejeiro é um dos mais relevantes da economia brasileira com mais de 2,2 milhões de pessoas empregadas ao longo de toda sua cadeia, sendo uns dos maiores empregadores do Brasil, e abrange o agronegócio, ao pequeno varejo, contando ainda com os mercados de embalagens, bens de capital, logística e construção civil. Dessa forma, a indústria cervejeira está presente em boa parte dos lares brasileiros (CERVBRASIL, 2016).

A legislação brasileira (Decreto nº. 6871, de 4 de junho de 2009) define cerveja como sendo “a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação de levedura, com adição de lúpulo”. Na mesma lei, no Art. 39, os tipos de cerveja podem ser denominados *Pilsen, Export, Dortmunder, Munchen, Bock, Malzibier, Ale, Stout, Porter, Weissbier, Alt* e ainda outras que forem reconhecidas internacionalmente (BRASIL, 2009).

As cervejas artesanais caracterizam-se por serem produzidas em pequena escala, por um processo de fermentação relativamente lento, com alguma diferenciação quando comparada com as cervejas comerciais conhecidas e consumidas popularmente. A cerveja artesanal caracteriza-se por ser mais encorpada, com aroma e sabor mais agradáveis, mais alcoólicas e amargas, com propriedades aromáticas bastante específicas, e tem como consumidores, pessoas mais exigentes quanto à qualidade sensorial e que buscam um produto diferenciado, independente do preço (ARAÚJO *et al.*, 2003).

As cervejas com adição de frutas vêm demonstrando um grande potencial no mercado mundial. O Brasil possui grande variedade de frutas com aromas exóticos que podem ser utilizados na indústria de bebidas fermentadas (DIAS *et al.*, 2003). Dentre elas, a manga que é uma das frutas mais aceitas pelos consumidores por apresentar um excelente “flavor” aroma, cor e sabor característicos.

A manga (*Mangifera indica* L.) é uma das frutas mais consumidas no Brasil e no mundo: possui uma polpa carnosa, suculenta, com sabor e aroma característicos e apreciados. A principal forma de consumo dessa fruta é *in natura*, podendo também ser consumida como suco integral, polpa congelada, ingrediente de sorvetes, doces, produtos lácteos, aguardentes e vários outros (AZOUBEL *et al.*, 2010).

Os consumidores a cada dia estão ficando mais exigentes com relação aos produtos que consomem. Essas exigências aplicam-se também às bebidas: é nessa conjuntura que a produção de cerveja artesanal vem se destacando por produzirem cervejas com sabores e texturas diferenciadas. Ao adicionar à polpa de fruta na cerveja de trigo *Weiss* (que é uma cerveja

aromática, em geral, escura e com forte paladar amargo de lúpulo), a fruta irá conferir aroma, sabor, coloração característicos da fruta à bebida.

1.1 Objetivo geral

Desenvolver e caracterizar uma cerveja artesanal de alta fermentação (*Ale*) adicionada de manga cv. Espada como adjunto no processo de fabricação, e aprimorar sua qualidade.

1.1.1 Objetivos específicos

- Caracterizar físico-quimicamente a manga cv. Espada em três estádios de maturação para definir qual será utilizada como adjunto na produção da cerveja;
- Utilizar o planejamento fatorial para avaliar a influência das variáveis independentes (concentração de polpa (%) e sólidos solúveis (Brix)) sob as dependentes (pH, sólidos solúveis (°Brix), acidez titulável, açúcares totais, redutores e teor alcoólico) no processo de fabricação de cervejas artesanais;
- Realizar o acompanhamento cinético através de análises físico-químicas (pH, acidez titulável, sólidos solúveis (°Brix), açúcares totais, redutores e teor alcoólico);
- Avaliar as características físico-químicas das cervejas artesanais;
- Analisar microbiologicamente as cervejas produzidas;
- Determinar os compostos bioativos das cervejas;
- Analisar sensorialmente as cervejas produzidas, utilizando o teste da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) com uma escala linear de 9 centímetros.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Cerveja

A cerveja é uma das bebidas mais consumidas do mundo, sendo uma das mais antigas. Estudos indicam que a produção de cerveja esteja relacionada ao surgimento da agricultura de cereais, por volta de 12000 anos atrás. Há indícios que a primeira cerveja, a partir da cevada, foi produzida no Oriente Médio. Também há relatos da utilização da cerveja pelos povos da Babilônia e do Egito, sendo estes responsáveis pela utilização de aditivos como azeites e tâmaras. Relatos mostram que na Idade Média ocorreu a introdução do lúpulo nessas bebidas (ANDREWS, 2014).

Conforme a legislação brasileira, Decreto nº. 6.871 de 4 de junho de 2009, cerveja é a bebida resultante da fermentação, a partir da levedura cervejeira, do mosto de cevada malteada e água potável, submetido ao processo de cocção adicionado de lúpulo, onde uma parte da cevada malteada ou do extrato de malte poderá ser substituída parcialmente por adjunto cervejeiro (BRASIL, 2009).

A cerveja é definida por três diferentes denominações: a que tem uma única fonte de açúcares, o malte de cevada “cerveja puro malte”; a que possuir quantidade igual ou superior a 55% em peso sobre o extrato primitivo, recebe a denominação de “cerveja”; e a que possuir proporção de malte de cevada maior que 25% e menos que 55%, deve conter a expressão “cerveja de ...”, seguida do nome do vegetal predominante (BRASIL, 2009).

Existem três principais tipos de classificação de cerveja (*Ale*, *Large* e *Lambic*). As *Ales* apresentam uma fermentação ocorre na superfície do fermentador (alta fermentação), com temperaturas ideais entre 15 e 25 °C, e utilizam leveduras da espécie *Saccharomyces cerevisiae* produzindo cervejas mais encorpadas, com sabores mais complexos e variadas. As *Lagers* são cervejas cuja fermentação ocorre no fundo (baixa fermentação), com temperaturas ideais entre 9 e 15 °C, na qual a levedura utilizada é da espécie *Saccharomyces pastorianus*, sendo que as cervejas desta classe apresentam aromas neutros e limpos, além de visual mais clarificado (AQUARONE *et al.*, 2013). Por fim, as cervejas da classe *Lambic*, de fermentação espontânea, são aquelas que utilizam leveduras selvagens do próprio ambiente, e caracterizam-se por sabores levemente ácidos e aromas altamente frutados (DANIELS, 2000).

De acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 2009), as cervejas são classificadas quanto:

I - Extrato primitivo em:

- a) Cerveja leve, a que apresentar extrato primitivo igual ou superior a 5% e inferior a 10,5%, em peso;
- b) Cerveja comum, a que apresentar extrato primitivo igual ou superior a 10,5% e inferior a 12%, em peso;
- c) Cerveja extra, a que apresentar extrato primitivo igual ou superior a 12% e inferior ou igual a 14%, em peso;
- d) Cerveja forte, a que apresentar extrato primitivo superior a 14%, em peso;

II - Cor:

- a) Cerveja clara, a que tiver cor correspondente a menos de 20 unidades EBC (*European Brewery Convention*);
- b) Cerveja escura, a que tiver cor correspondente a 20 ou mais unidades EBC;
- c) Cerveja colorida, aquela que por ação de corantes naturais, apresentar coloração diferente das definidas no padrão EBC;

III - Teor alcoólico em:

- a) Cerveja sem álcool, quando seu conteúdo em álcool for menor que 0,5% em volume, não sendo obrigatória a declaração no rótulo do conteúdo alcoólico;
- b) Cerveja com álcool, quando seu conteúdo em álcool for igual ou superior a 0,5% em volume, devendo ser obrigatoriamente constar no rótulo o percentual de álcool em volume;

IV - Proporção de malte de cevada em:

- a) Cerveja puro malte, aquela que possuir 100% de malte de cevada, em peso, sobre o extrato primitivo, como fonte de açúcares;
- b) Cerveja, aquela que possuir proporção de malte de cevada maior ou igual a 50%, em peso, sobre o extrato primitivo, como fonte de açúcares;
- c) Cerveja com o nome do vegetal predominante, aquela que possuir proporção de malte de cevada maior do que 20% e menor do que 55%, em peso, sobre o extrato primitivo, como fonte de açúcares;

V- Fermentação:

- a) De baixa fermentação;
- b) De alta fermentação;

3.1.2 Cervejas artesanais

Na década de 80, as microcervejarias “modernas” ou microcervejarias artesanais surgiram como pequenas cervejarias com seus próprios produtos. Em 1984 foi fundada a *Bavarium Park* considerada a microcervejaria mais moderna do Brasil, seguida da cervejaria *Scott Ashby*, fundada em 1993 em São Paulo. Contudo, as que obtiveram sucesso foram a *Eisenbahn* e a *OPA Bier* em Santa Catarina, *Baden* e *Colorado* de São Paulo, e no Nordeste, temos a *Draft Bier* no estado do Ceará (MATOS, 2011).

É crescente o número de consumidores que buscam por alimentos considerados saudáveis: essa mesma procura vem ocorrendo com relação ao consumo de bebidas à base de frutas e de extratos vegetais. Em virtude de tal procura, as microcervejarias estão atentas a estes hábitos investindo cada vez mais em bebidas com características sensoriais agradáveis ao consumidor, melhorando sua qualidade, popularizando seu consumo (BEZZI, 2018).

A cerveja artesanal por ser produzida de forma mais elaborada sem a adição de aditivos, e são classificadas como especiais, por utilizarem técnicas e receitas tradicionais aos quais priorizam variedades de cores, aromas e gostos característicos. A cerveja *weiss* enquadra-se nesta classificação por possuir caráter fenólico e de ésteres frutados, gerando o aroma de cravo e de banana. Pode estar presente o aroma do trigo de leve a moderado, percebido como aroma de pão. Além da coloração amarelo-palha, com colarinho branco grosso, consistente e persistente. Possui turvação devido aos sedimentos de leveduras que devem ser misturadas antes de beber. A textura é cremosa e macia (STRONG *et al.*, 2008).

A cada dia é crescente o número de cervejas artesanais que utilizam frutas como adjuntos: dentre este seguimento pode-se citar trabalhos como o de Pinto *et al.* (2015), que desenvolveram uma cerveja artesanal com acerola e abacaxi, com o objetivo de aumentar as características funcionais. As cervejas foram produzidas com diferentes concentrações de polpas onde a concentração A₁ foi adicionada 10% de acerola e 10% de abacaxi, A₂ foi adicionada 15% de acerola e 15% de abacaxi, e A₃ foi adicionada 20% de acerola e 20% de abacaxi. As características físico-químicas definiram o produto como uma cerveja ácida/frutada. A utilização das polpas de abacaxi e acerola, como adjuntos no processamento da cerveja, apresentou-se como uma alternativa viável para o processo de fabricação de cerveja artesanal.

Trindade (2006) incorporou amora na elaboração de 4 cervejas artesanais, acrescentando diferentes concentrações de polpa de amora 0, 10, 20 e 30%. As bebidas foram avaliadas quanto às suas características físico-químicas, compostos fenólicos totais e atividade

antioxidante. O autor observou que o acréscimo progressivo de amora como adjunto 0, 10, 20 e 30% resultou em uma cerveja rica em compostos fenólicos, com elevada atividade antioxidante, leve e com reduzido teor de açúcares.

Tozetto (2017) produziu e caracterizou cerveja artesanal adicionada de gengibre, onde foi adicionado 80 gramas em lasca durante o processo de maturação. Foram realizadas as análises físico-químicas: o produto final apresentou em 3,40 °GL, 7,80 °P, 69% de GRF, 115 KJ 100 mL⁻¹ de valor energético, 21,5 B.U. para o amargor, pH de 4,46 e cor de 7,13 E.B.C. Com relação aos minerais, apresentou (mg L⁻¹): 58,4 para magnésio, 21,2 para o sódio, 412,5 para potássio, 0,06 para ferro, 0,23 para cobre e 0,04 para zinco. As análises indicaram que a cerveja artesanal adicionada de gengibre apresentou características mais similares às amostras de “Cerveja” ao invés das amostras “Puro Malte”, em função dos teores de álcool, GRF, GAF, potássio, calorias e magnésio.

Vogel (2017) produziu uma cerveja artesanal adicionando (*berries*) tais como morango e mirtilo, visando obter um produto final com maior teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante. Foi desenvolvida uma cerveja padrão do estilo *Witbier* (CW) e outra cerveja do estilo *Fruit Beer* (CF). Para a produção das cervejas foi utilizado o Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), variando a concentração de mirtilo e morango para avaliação das respostas dos parâmetros pH, densidade, cor, açúcar redutor, extrato real, extrato aparente, extrato primitivo, teor alcóolico, polifenóis e atividade antioxidante. No entanto, a concentração de compostos fenólicos na amostra CF foi maior que na amostra CW. Referente ao planejamento experimental, o aumento da concentração de mirtilo e morango resultou em aumento da concentração de compostos fenólicos, comportamento não observado para atividade antioxidante.

Oliveira (2017) produziu uma cerveja artesanal tipo *Belgian Pale Ale* com adição de xarope de algaroba como adjunto cervejeiro. Foi realizada a concentração do caldo de algaroba para obtenção do xarope a 60 °Brix. Duas formulações foram elaboradas com xarope de algaroba, nas proporções de 10 e 18%, com base no extrato primitivo e uma formulação sem adição do adjunto. Foram acompanhados os seguintes parâmetros cinéticos da fermentação pH, acidez titulável, sólidos solúveis (°Brix) e açúcares redutores totais. Além disso, no pós-processo fermentativo foram realizadas análises microbiológica e sensorial. A adição do xarope de algaroba promoveu um aumento na acidez da cerveja e pH na faixa ideal para a atuação das leveduras. Registrou-se que a maior adição de xarope levou a uma diminuição da percepção do amargor da cerveja.

3.2 Manga

As árvores da cultivar cv. Espada podem atingir mais de 40 metros de altura: seus frutos são do tipo drupa alongada e achatada dos lados. Quando verde apresenta coloração verde, mas quando madura pode ter coloração, amarelo, laranja ou vermelha. Sua polpa é succulenta, saborosa, doce, fibrosa e com uma grande semente no centro, que germinam com facilidade (SILVA *et al.*, 2016).

Na Figura 1 esta apresenta a imagem da manga cv. Espada



Figura 1- Manga cultivar Espada
Fonte: Floresta Água Norte, 2018

A manga cv. Espada constitui uma importante fonte de fitoquímicos: estes denotam propriedades antioxidantes que retardam a velocidade da reação oxidante, protegendo o organismo contra os radicais livres. No entanto, em alguns vegetais há uma variação destes compostos, podendo ser influenciados pelas condições edafoclimáticas de cultivo, grau de maturação, algumas frutas iminentemente contém um maior teor destes compostos nas sementes, nas cascas, apresentando um valor superior dos encontrados na polpa (KAUR; KAPOOR, 2001; SCALZO *et al.*, 2005; GUO *et al.*, 2003).

Existem várias formas de fazer o aproveitamento da manga: a casca pode ser utilizada na produção de farinha e adicionada na produção de produtos de panificação; o caroço pode ser utilizado na extração de amido; a polpa serve como matéria-prima de suma importância para as indústrias alimentícias, onde as mesmas são processadas e armazenadas para posterior utilização, ou segundo a demanda do mercado consumidor, para obtenção de doces em massa, geleias, sucos, sorvetes dentre outros (BENEVIDES *et al.*, 2008).

As variações químicas que ocorrem na manga são em decorrências de fatores intrínsecos e extrínsecos do fruto tais como: condições climáticas, condições fitossanitárias, tratamentos utilizados na pré-colheita, colheita e pós-colheita, grau de maturação do fruto, variedade,

manejo, tratos culturais e método de processamento empregado (LIMA, 2013). A manga é rica em betacaroteno, vitamina A e C, também é uma excelente fonte de antioxidantes que pode prevenir o câncer. Além desses nutrientes, a manga fornece fibras, sais minerais, água, carboidratos, ácidos orgânicos, proteínas e pigmentos (CHOUDHURY; COSTA, 2004).

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005) a manga durante o amadurecimento, apresentam alterações físico-químicas, como aumento no pH, açúcares totais, carotenoides e a intensidade do sabor. Diminuem o teor de acidez, ácidos ascórbicos e amido; os sólidos totais permanecem constantes. Ocorre um aumento na respiração e na transpiração até um pico para então diminuir, bem como a coloração da polpa também sofre modificações do amarelo claro para amarelo escuro ou laranja.

Na Tabela 1 estão descritos os valores mínimos e máximos parâmetros de identidade e qualidade para polpa de manga.

Tabela 1 - Parâmetros de identidade e qualidade para polpa de manga

Parâmetros	Mínimo	Máximo
Sólidos solúveis em °Brix, a 20 °C	11,00	-
pH	3,3	4,5
Acidez titulavel expressa em ácido cítrico (g /100 g)	0,32	-
Açúcares totais naturais da manga (g /100 g)		17
Sólidos totais (g /100 g)	14	

Fonte: Adaptado de Brasil (2000)

Os Padrões de Qualidade e Identidade (PIQ's) estabelece que a polpa ou purê de manga como produto não fermentado e não diluído, obtido da parte comestível da manga (*Mangifera indica, L.*), através de processo tecnológico adequado devem obedecer aos parâmetros fixados, onde determinam valores mínimos para sólidos solúveis e atender às características sensoriais de cor amarela, sabor doce, levemente ácido próprio e aroma próprio (BRASIL, 2000).

3.3 Matérias-primas utilizadas na fabricação da cerveja

De acordo com Venturini Filho (2000), na produção de cerveja em diversos países, os produtores utilizam como ingredientes básicos (água, lúpulo e malte de cevada) acrescidos do adjunto com exceção da Alemanha, que ainda segue a lei da pureza da *Baviera*.

- Água

A água é a principal matéria-prima no processo cervejeiro, no entanto 95% do peso da cerveja é constituída pela mesma. A água utilizada na produção de cerveja tem que ser de boa qualidade: a quantidade dos sais orgânicos presentes na mesma, influencia diretamente nos processos químicos e enzimáticos que ocorrem durante a fermentação e, conseqüentemente, na qualidade da cerveja produzida, motivo pelo qual as indústrias cervejeiras instalam-se em regiões onde a composição da água é relativamente uniforme e de boa qualidade (VENTURINI FILHO, 2010).

A escolha da água a ser utilizada na fabricação de cerveja precisa levar alguns parâmetros em consideração dentre eles, turbidez, pH, concentração de zinco, ferro, pois tais parâmetros poderão causar inúmeras conseqüências para a cerveja diminuindo sua qualidade. O pH deve estar entre 6,5 e 7,0, se a água for alcalina, poderá dissolver grandes quantidades de materiais indesejáveis da casca do malte. Enquanto ao zinco, tem ação benéfica na fermentação estando na concentração menor que 0,6 mg/L, no qual estimula o crescimento da levedura e ativa a fermentação. Já a presença de ferro (Fe^{+2} ou Fe^{+3}) na cerveja em concentração acima de 0,3 mg/L, provoca escurecimento da espuma, aumento da coloração e age como catalizador na oxidação da cerveja (JORGE, 2004).

A dureza da água influencia na cor e na força da cerveja: água com um maior teor de sais resulta em uma cerveja mais escura e mais forte, enquanto cervejas mais claras e leves são obtidas utilizando água com menor teor de sais (DIMAS, 2010).

A água utilizada nas microcervejarias, seja proveniente da rede pública ou de poços, devem apresentar requisitos básicos tais como: potabilidade, transparência, ausência de cor, odor, estar livre de qualquer sabor estranho, nitratos e metais pesados (VENTURINI FILHO, 2010).

Os parâmetros de maior importância a serem considerados na água que será utilizada na produção de cervejas são: a dureza, a alcalinidade e o pH. A dureza refere-se à quantidade de íons de cálcio e magnésio, em grande parte pela alcalinidade, que por sua vez está relacionada à presença de bicarbonatos (MATOS, 2011).

- Malte

Na Tabela 2 estão dispostos os dados das características de composição química do grão de cevada e do malte.

Tabela 2 - Composição do grão de cevada e o malte

Características	Cevada	Malte
Massa do grão (mg)	32-36	29-33
Umidade (%)	10-14	4-6
Amido (%)	55-60	50-55
Açúcares (%)	0,5-1,0	8-10
Nitrogênio total (%)	1,8-2,3	1,8-2,3
Nitrogênio solúvel (% de N total)	10-12	35-50
Poder diastático, Lintner	50-60	100-250
α -amilase, unidades de dextrina	traços	30-60
Atividade proteolítica	traços	15-30

Fonte: Cereda (1985); Almeida e Silva, (2005).

Segundo Venturini Filho (2010), o malte utilizado em cervejarias é obtido de cevada, cereal de cultivo muito antigo: é uma gramínea pertencente ao gênero *Hordeum*, cujos grãos na espiga, são alinhados em duas ou seis fileiras e são envoltos por diversas camadas celulósicas. O processo de transformação do grão de cevada em malte consiste em colocar a semente em condições favoráveis de germinação, controlando a temperatura, umidade e aeração, interrompendo a germinação tão logo o grão tenha iniciado a criação de uma nova planta. Qualquer cereal pode ser malteado (cevada, arroz, milho, trigo, aveia, triticale, etc), considerando entre outros fatores, o seu poder diastático e o seu valor econômico, mas a nomenclatura por cereais deverá conter “malte de”. Exemplo: malte de milho, malte de trigo, malte de sorgo, entre outros. Apenas a cevada maltada recebe o nome de malte propriamente dito (VENTURINI FILHO, 2010).

No processamento de cerveja utiliza-se o malte pela sua alta atividade enzimática, mais precisamente a atividade da invertase do grão. As principais enzimas presentes no malte são: α -amilase, β -amilase e protease. Essas enzimas são ativadas durante o processo de germinação do grão, e são importantes para a transformação do amido, em açúcares, que serão consumidos pelas leveduras durante o processo de fermentação no qual irão produzir álcool (OETTERER *et al.*, 2006).

Para fabricação de diferentes cervejas utilizam-se distintos tipos de malte sendo o *pilsen* (claro), o mais utilizado no mundo; caramelo é levemente torrado; o *münchen* tem médio grau

de torrefação; o tipo escuro, preto, ou torrado tem intenso grau de torrefação. Algumas cervejarias substituem parte do malte de cevada por outros cereais, como arroz, aveia, milho e o trigo, que podem ou não ser maltados, servindo como fonte complementar de açúcares para a fermentação. No entanto, para ser denominada cerveja, é necessário que a bebida possua uma porção de malte de cevada maior ou igual a 50% em peso, sobre o extrato primitivo, como fonte de açúcares (SOCIEDADE DA CERVEJA, 2018).

Na Figura 2 estão apresentados os diferentes tipos de maltes utilizados na produção de cervejas



Figura 2 – Influência do malte na cerveja.
Fonte: Carvalho, 2007.

- Lúpulo

O lúpulo é uma planta dioica da família das *Cannabaceae*, de difícil cultivo e típica de regiões frias. Possui flores masculinas e femininas em diferentes plantas. A espécie comumente utilizada nas cervejarias é o *Humulus lupulus*, que pode ser comercializado na forma de flores secas (in natura), pélete ou em extrato, podendo ser classificados conforme suas características predominantes em lúpulos aromáticos e de amargor (VENTURINI FILHO, 2010).

Na Figura 3 estão apresentadas as duas formas de lúpulos utilizados na produção de cerveja.



Figura 3 – Lúpulo em flor e em pélete.
Fonte: Google (2019)

Na produção de cerveja utilizam-se flores femininas de lúpulos, por serem ricas em substâncias amargas e aromáticas, conferindo aromas e sabores característicos à cerveja. Quando adicionado no início da fervura do mosto, o lúpulo confere amargor e, quando adicionado ao final, os efeitos sobre o aroma são mais importantes. A adição de lúpulo na fermentação ou na maturação da cerveja traz grande impacto no aroma da mesma, sendo considerada uma técnica nobre e dispendiosa (ABOUMRAD, 2015).

Nas flores femininas do lúpulo, é encontrada a lupulina, substância responsável por conferir aroma e amargor característicos da cerveja. Está presente no lúpulo a iso-alfa-ácidos que possui propriedades antibióticas e bacteriostáticas, no qual contribui para a formação da espuma e a estabilidade de sabor da bebida. Os óleos essenciais presentes no lúpulo influenciam tanto no sabor, quanto no aroma da cerveja, no entanto a maior parte são arrastados com o vapor durante a fervura do mosto. Mas esse efeito torna-se desejável, pois a alta concentração dessas substâncias deixam as cervejas desagradáveis (BOTELHO, 2009).

Os lipídios, as proteínas e a celulose são substâncias insolúveis, enquanto os açúcares e os aminoácidos são solúveis: encontram-se em pequenas proporções, (1,5 a 4,5 g/L) dependendo da dosagem de lúpulo, praticamente não contribuem com o processo cervejeiro. Portanto, são os óleos essenciais, as substâncias minerais, os polifenóis e as resinas amargas as substâncias mais importantes e fundamentais ao processo cervejeiro (VENTURINI FILHO, 2010).

Na Tabela 3 estão expostos os dados em porcentagem da composição química do
lúpulo em flor

Tabela 3 - Composição química do lúpulo em flor

Características	Porcentagens (%)
Resinas amargas totais	12-22
Proteínas	13-18
Celulose	10-17
Polifenóis	4-14
Umidade	10-12
Sais minerais	7-10
Açúcares	2-4
Lipídios	2,5-3,0
Óleos essenciais	0,5-2,0
Aminoácidos	0,1-0,2

Fonte: Tschope (2001).

- Leveduras

As características de sabor e aroma de qualquer cerveja são determinadas pelo tipo de levedura utilizada. O etanol é o principal produto da excreção das leveduras, durante a fermentação do mosto, este álcool primário tem pequeno impacto no sabor da cerveja. O tipo e a concentração de vários outros produtos formados durante a fermentação pela levedura são quem primeiramente determinam o sabor da cerveja. Sua formação depende do balanço metabólico global do cultivo de levedura. Vários fatores podem afetar esse balanço e consequentemente o sabor da cerveja, incluindo a cepa de levedura, a temperatura e o pH de fermentação, o tipo e a proporção do adjunto, o modelo do fermentador e a concentração do mosto (VENTURINI FILHO, 2010).

De acordo com Morado (2009), durante a fermentação, as leveduras consomem os açúcares fermentescíveis, maltose, glicose, frutose, galactose, manose e a maltotriose, sendo o etanol o principal produto formado da degradação desses açúcares. A levedura utilizada na fermentação da cerveja tem influência sobre aroma e sabor depende do seu tipo e viabilidade. Apesar do etanol ser o principal produto formado na fermentação, este tende a ter menor influência sobre as características sensoriais da cerveja (DRAGONE; SILVA, 2010).

As leveduras se reproduzem por gemulação, em que há a formação de um broto. As leveduras de alta fermentação tipo *Ale* são as que no final do processo de fermentação, flutam até a superfície dos tanques fermentativos. Contudo as de baixa fermentação, tipo *Large*, ficam

situadas no fundo dos tanques fermentativos. As leveduras de baixa fermentação não fermentam bem em altas temperaturas. Mesmo as leveduras de alta fermentação não suportam altas temperaturas, devendo-se trabalhar, com no máximo, 22 °C (REBELLO, 2009).

Ao escolher a levedura que será utilizada na fermentação deve ser levado em consideração o conhecimento sobre a sua floculação, que é a taxa que ela se deposita no fundo. É importante também saber a sua atenuação, que é a medida de transformação que a levedura converte açúcar em álcool (FARIA, 2015).

Na Figura 4 apresenta a levedura liofilizada utilizada para a fermentação da cerveja.



Figura 4 – Fermento *Saccharomyces*.

Fonte: Hsnstore.com

- Adjuntos

Conforme Decreto nº 6.871, de 4 de julho de 2009, são considerados adjuntos cervejeiros, a cevada cervejeira e os cereais aptos para o consumo humano, malteados ou não-malteados, os amidos e açúcares de origem vegetal. Ainda segundo o decreto, parte do malte de cevada pode ser substituído por adjuntos que não ultrapassem os 45% em relação ao extrato primitivo (BRASIL, 2009).

A utilização de adjunto substituindo parte do malte de 45 a 50% na elaboração de cerveja vem tornando-se uma alternativa viável para tornar o processo mais barato, conferindo atributos sensoriais agradáveis ao paladar do consumidor que buscam produtos diferenciados. A utilização de frutas proporciona uma cerveja com características sensoriais, que impressionam os sentidos do olfato e do paladar dos mais diversificados grupos de pessoas que consomem cervejas (CARVALHO, 2009).

Os adjuntos são utilizados nas cervejas com o intuito de melhorar a qualidade sensorial e físico-química da cerveja. Os adjuntos também reduzem o teor de nitrogênio solúvel do mosto, diminuindo a ocorrência de infecção láctea na cerveja, melhorando a sua estabilidade coloidal

e, conseqüentemente, aumentando a vida de prateleira do produto. As cervejas que utilizam adjunto em sua composição são mais refrescantes e leves, apresentam normalmente maior brilho e cor mais clara. Além destes benefícios, os fatores econômicos contribuem para utilização de adjuntos pelas cervejarias em todo o mundo (VENTURINI FILHO, 2001).

A utilização de adjuntos na cerveja nos fornecerá um produto com alta estabilidade física, melhor resistência ao resfriamento e maior brilho. A maior estabilidade física se deve ao fato de que os adjuntos contribuem muito pouco com material proteico para o mosto e a cerveja, o que é vantajoso em termos de estabilidade coloidal. Adjuntos à base de arroz e milho praticamente não contribuem com proteínas solúveis para o mosto, enquanto outros adjuntos, como cevada ou trigo possuem altos teores de proteínas solúveis (BOTELHO, 2009).

Os adjuntos cereais mais comuns são o milho, o arroz e o trigo, mas também podem ser utilizados ainda sorgo, a aveia e o triticale, que são adicionados na fase de preparação do mosto cervejeiro, utilizando-se das enzimas contidas no próprio malte para hidrolisar o amido existente em açúcares fermentescíveis. Outros cereais não convencionais, como arroz preto brasileiro e o milho preto do Peru, estão sendo investigados para ser utilizados como adjunto e também como aromatizantes naturais à bebida, proporcionando características sensoriais especiais na cerveja. Fontes de carboidratos de origem vegetal como mandioca e batata já foram utilizados como adjunto no processo de obtenção de cerveja. Outros como a banana, beterraba, pupunha, pinhão, frutas tropicais e caldo de cana estão sendo pesquisados como possíveis substitutos de parte do malte de cevada e também como aromatizantes da bebida. Algumas cervejarias e também microcervejaria já tem utilizado o limão, cereja, morango, abacaxi, kiwi, maçã, chocolate e até mesmo rosa, como aromatizante de bebida (VENTURINI FILHO, 2010).

Ao escolher o adjunto e as proporções que irão ser adicionados à cerveja alguns cuidados devem ser tomados, podendo gerar uma redução no corpo da cerveja (cerveja aguada) e uma má qualidade da espuma, sendo ambos os problemas ocasionados por carência de proteínas. Além disso, pode ocasionar elevada viscosidade do mosto, prejudicial à sua filtração (REIS, 2016).

Nas Figuras 5 e 6 estão apresentados alguns adjuntos utilizados na produção de
cerveja.



Figura 5 – Adjuntos cervejeiros
Fonte: cervejeiroraiz.com.br.



Figura 6 – Adjuntos cervejeiros
Fonte: ocaneco.com.br

Arruda *et al.* (2013) produziram uma cerveja com adição de polpa de murici, e realizaram análises físico-químicas na polpa e na cerveja. A polpa do murici apresentou um valor significativo para umidade e lipídeos, não obtendo um valor satisfatório para açúcares. Com relação à cerveja, a mesma apresentou um pH pouco abaixo da faixa determinada pela literatura; a acidez foi influenciada pela concentração de polpa de murici adicionada na cerveja, enquanto que os fatores que influenciaram na resposta, açúcares, foram todas as variáveis analisadas. Para o teor alcoólico obteve-se um valor muito expressivo quando se comparado às cervejas produzidas no Brasil, no qual a variável de interação entre os fatores de efeito principal apresentou maior significância no processo.

Muniz *et al.* (2014) utilizaram suco misto de cajá e sacarose como adjunto do malte na produção de uma cerveja tipo *Lager*, substituindo 15% do mosto de puro malte pelo adjunto, em escala piloto. Realizaram o acompanhamento analítico e cinético, através de análises físico-químicas. A cerveja apresentou 5,51% de etanol v/v, valor muito próximo do teor de álcool encontrado em cervejas comerciais, e a fermentabilidade de 73,49%, mostra que houve boa utilização do extrato aparente inicial na formação de produtos pela levedura. O rendimento real em etanol, durante o processo de fermentação, chega a atingir o valor de 0,50 g/g após 50 horas de fermentação.

Brunelli *et al.* (2014) avaliaram o emprego de mel na produção de cerveja: utilizaram nove tratamentos, combinação de três concentrações de extrato original 11, 13 e 15 °Brix e três porcentagens de mel na formulação do mosto 0, 20 e 40%. Realizaram mosturação pelo processo de infusão, e o mel foi adicionado na etapa de fervura. As cervejas foram analisadas quanto ao teor alcoólico, extrato real, extrato aparente, cor, amargor, turbidez, pH, acidez titulável e gás carbônico, densidade de espuma e total de espuma. Os autores observaram que o uso de mel na formulação das cervejas promoveu o aumento da carbonatação e da densidade

de espuma, bem como a diminuição da turbidez, cor, acidez e amargor. Por outro lado, o aumento nas concentrações de extrato primitivo no mosto acarreta a elevação nos teores de acidez titulável, cor e turbidez nas cervejas.

Batista (2014) elaborou cervejas com diferentes proporções de malte de cevada e de pinhão. Os ensaios de produção da cerveja foram feitos com seis cervejas com diferentes proporções de pinhão e malte 10:90, 45:55 e 80:20 com e sem casca, em escala de bancada e em escala piloto foram reproduzidas as formulações 10% pinhão com casca e 45% pinhão sem casca. O pinhão com ou sem casca pode ser utilizado junto ao malte na produção de cerveja e a proporção de pinhão e malte é dependente da presença ou não de casca, já que nas mesmas proporções, a cerveja produzida com pinhão sem casca apresentou teor alcoólico superior em relação àquela com casca. Os melhores resultados de parâmetros físico-químicos e de rendimento em etanol foi para a proporção 10:90 pinhão malte (pinhão sem casca) para a escala de bancada, enquanto para a piloto foi a 10:90 pinhão malte (pinhão com casca).

Borszowski *et al.* (2016) estudaram as características químicas da cerveja *weiss* adicionada de duas doses 10 e 20% de amora preta in natura em dois tempos da fabricação: fermentação e maturação. Foram determinados o pH, analisados polifenóis totais e o teor alcoólico. Os autores observaram que quando as concentrações de 10 e 20% de amora preta foram adicionadas no processo de maturação; a quantidade de polifenóis totais aumentou, no entanto, a adição de amora preta nas condições do experimento resultaram em baixa alteração de pH, mantendo-se levemente ácido. A adição de 20% de amora preta no tempo fermentação apresentou maior teor alcoólico: isso ocorreu devido à levedura consumir parte dos açúcares contidos na fruta, transformando em álcool.

3.4 Processamento da cerveja

O processo tradicional de produção de cerveja pode ser dividido em oito operações essenciais: moagem do malte; mosturação; fervura, clarificação e filtração do mosto; tratamento do mosto (remoção do precipitado, resfriamento e aeração); fermentação; maturação; envase e carbonatação.

- Moagem do malte

No Brasil as cervejarias, utilizam os moinhos de rolo para moerem o malte sendo o mais usual., no entanto, existem também os moinhos de martelos e de disco, sendo os menos usuais.

Ao utilizar o moinho de rolo, o malte deve ser apenas esmagado para produzir cascas inteiras e farinha, pois as cascas inteiras do malte moído favorecem a rápida filtração do mosto na tina de filtração, enquanto que o endosperma amiláceo reduzido à granulação de farinha contribui para a máxima conversão do amido em extrato durante a mosturação. A moagem do malte influencia na velocidade das transformações físico-químicas, o rendimento, a clarificação e a qualidade do produto final (VENTURI FILHO, 2010).

- Mosturação

De acordo com Junior *et al.* (2009) na etapa de mosturação, quando o malte moído entra em contato com a água ocorre as reações de hidrólise do amido dando origem a açúcares fermentescíveis maltose, maltotrioses e glicose onde a interação das variáveis de pH e temperatura ocorre com a finalidade de controle da degradação do amido e das proteínas.

Na mosturação precisa ter um controle mais rigoroso de tempos e temperaturas: nesta etapa ocorre à desnaturação proteica, a eliminação de compostos sulfurosos, a esterilização e escurecimento do mosto, através da reação de *Maillard*. Nesta etapa também é adicionado o lúpulo, normalmente feita em duas fases no início da fervura, para conferir o amargor e mais ao final da fervura, para conferir o aroma característico de cerveja (PAPAZIAN, 2014).

A escolha do tipo de mosturação ou programa de tempo/temperatura a ser aplicado durante a atuação enzimática vai depender da composição e do tipo de cerveja desejado, agregando conhecimentos do quanto de açúcares fermentescíveis deseja-se, o quanto de substâncias proteicas de alto peso molecular almeja-se para o “corpo” da cerveja e consistência de espuma (VENTURI FILHO, 2010).

- Filtração do mosto

A filtração do mosto é realizada em um recipiente denominado “tina de filtração”, construída em aço inoxidável contendo agitador, disco filtrante, bomba centrífuga e isolamento térmico. A casca do malte serve como camada filtrante. Nessa etapa, a principal finalidade é retirar a parte sólida e clarear o mosto. Adiciona-se água aquecida a 75 °C para diluir os açúcares e concentrá-los na parte líquida para facilitar a saída da torta de filtro, retirando o máximo de açúcares presentes na parte sólida e elevando o rendimento do processo (VENTURI FILHO, 2010; SILVA *et al.*; 2015).

- Fervura do mosto

A fervura dura entre 60 e 120 minutos a 120 °C, e tem como característica a esterilização do mosto, a inativação enzimática, coagulação proteica, extração de compostos amargos e aromáticos do lúpulo, formação de substâncias constituintes de aroma e sabor, evaporação de água excedente e de componentes aromáticos indesejáveis ao produto final (VENTURI FILHO, 2010).

Durante a fervura ocorre à precipitação das proteínas, a inativação das enzimas, a solubilização de componentes do lúpulo, a remoção de compostos que determinam sabores desagradáveis no produto final e a obtenção da concentração desejada de açúcares (CARVALHO *et al.*, 2006).

- Clarificação

Após a fervura do mosto ainda há particulados de proteínas coaguladas, resinas, taninos e bagaço do lúpulo chamado de *trub grosso*: este rejeito pode afetar a fermentação, causando a origem de compostos indesejados como ésteres e álcoois de maior cadeia molecular. A maneira mais comum de se retirar essas impurezas é realizado pelo *whirlpool*, equipamento que cria um vortex no mosto formando o *trub* no centro da tina para posterior filtração (VENTURINE FILHO 2010).

- Resfriamento e aeração do mosto

O oxigênio, fornecido na aeração do mosto antes da inoculação, é consumido pela levedura geralmente em poucas horas e utilizado para produzir ácidos carboxílicos insaturados e esteróis, que são essenciais para a síntese da membrana celular, o qual ficaria restrito na ausência desse oxigênio inicial causando fermentação anormal e mudanças nas características organolépticas da cerveja (VENTURI FILHO, 2010).

- Fermentação

O processo fermentativo consiste no ponto central para produção de qualquer bebida alcoólica, possuindo como principal objetivo a conversão de açúcar em etanol e gás carbônico

pela levedura, sob condições anaeróbicas. As leveduras produzem os compostos de aroma e sabor da cerveja como subprodutos de seu metabolismo, sendo que os teores desses compostos variam com os padrões de crescimento celular que são influenciados pelas condições do processo (VENTURI FILHO, 2010).

A fermentação inicia com a adição do inóculo de levedura previamente preparado. Na primeira fase, o processo é aeróbio com a decomposição da glicose em CO₂ e água sem produção de álcool e com acúmulo de biomassa. Na segunda fase ocorre a fermentação anaeróbia: faz-se necessário o controle da temperatura para que não ultrapasse 37 °C, evitando dessa forma, a inativação da enzima álcool desidrogenase, que atua na redução do piruvato proveniente da decomposição da glicose com produção de álcool. Ao término da fermentação é possível remover as células que floculam na superfície para posterior reutilização (LAZZARI *et al.*, 2009).

- Maturação

A maturação é compreendida como uma fermentação secundária, a cerveja deve ser maturada em temperaturas de 0 °C ou de, no máximo, 0,5 – 3 °C por períodos variáveis. Nessa etapa ocorre uma fermentação mais lenta, conferindo a cerveja clarificação por precipitação de leveduras e proteínas, proporcionando alterações em seu sistema coloidal. Ocorrem também alterações químicas que auxiliam a clarificação e melhoram o aroma e o sabor (CERVESIA, 2003).

De acordo com Morado (2009) após a retirada do fermento, inicia-se a maturação: nessa fase ocorrem importantes reações físico-químicas, como transformação do aspecto visual da bebida, além da produção de aromas e sabores característicos. Durante o processo de maturação ocorrem a precipitação da biomassa decorrente de uma fermentação complementar, modificando o sistema coloidal, formando ésteres, compostos que alteram o sabor e o aroma indicando uma cerveja maturada (JUNIOR *et al.*, 2009).

Na maturação ocorrem alterações de grande importância para a qualidade da cerveja, como o gás carbônico produzido durante a fermentação secundária que provoca a carbonatação da cerveja; o repouso a baixa temperatura provoca a precipitação dos resíduos de leveduras que ainda permanecem na cerveja; maturação do sabor pelas transformações que ocorrem na concentração de ácido sulfídrico, de acetaldeído e de diacetil, os quais são minimizados durante o processo, a clarificação pela precipitação de leveduras e proteínas, assim como sólidos solúveis (VENTURI FILHO, 2010).

Clarificação

O objetivo da clarificação é obter a estabilidade da cerveja através dos aspectos microbiológicos, coloidal e estabilidade de sabor. A estabilidade microbiológica é alcançada pela remoção de células de leveduras ativas. A estabilidade coloidal é obtida pela remoção de partículas grandes, especialmente flocos formados pela coagulação de polifenóis e proteínas que aparecem como turbidez em cervejas clarificadas a baixa temperatura. E a estabilidade do sabor é atingida através da minimização do oxigênio dissolvido na cerveja clarificada (TAYLOR *et al.*, 2001).

- Envase e carbonatação

O envase é a etapa mais dispendiosa em uma cervejaria, em termos de matérias-primas e de mão de obra. Nesse processo, as cervejeiras utilizam pasteurização com o objetivo de prolongar a vida de prateleira das cervejas, sendo as latas e garrafas com validade de aproximadamente seis meses e aproximadamente um mês de validade para cervejas armazenadas em barris (PASTORE *et al.*, 2013).

Segundo Venturi Filho (2010), no processo de carbonatação o dióxido de carbono (CO₂) é um constituinte muito importante da cerveja, sendo responsável pela efervescência e a sensação de acidez deixada na boca devido às suas propriedades de gás ácido. Por essa razão, sua concentração na cerveja deve ser cuidadosamente controlada de forma a assegurar que os consumidores possam beber um produto de boa qualidade.

3.5 Compostos bioativos presentes na cerveja

A cerveja é uma bebida que possui capacidade antioxidante moderada, devido à presença de compostos fenólicos, que são encontrados no malte e no lúpulo. A cerveja apresenta em sua composição, cerca de 70 a 80% dos compostos fenólicos originários do malte, enquanto 20 a 30% se originam do lúpulo. Na cerveja também são encontradas quantidades significativas de vitaminas do complexo B, como, a niacina, a riboflavina, a piridoxina e os folatos, provenientes dos cereais maltados. Devido à sua capacidade antioxidante e baixo teor alcoólico, o consumo moderado de cerveja é considerado benéfico à saúde (SIQUEIRA *et al.*, 2008).

Quando consumimos cerveja com moderação pode trazer benefícios à saúde, por conter um baixo teor alcoólico e compostos antioxidantes. Estes antioxidantes funcionam como sequestradores de radicais livres, prevenindo o estresse oxidativo e consequentemente o aparecimento de doenças crônicas não transmissíveis: como câncer e doenças cardiovasculares (VIEIRA, 2013).

As cervejas artesanais, tanto ale como a *Lager* apresentam conteúdos significativos de compostos fenólicos e capacidade antioxidante. Estudos indicam que o consumo moderado de cervejas pode reduzir a incidência de inflamações intestinais, bem como prevenir o desenvolvimento de pedras dos rins e pedras na vesícula (BIENDL, 2009).

De acordo com Freitas *et al.* (2006), a cerveja é um produto rico em polifenóis: dentre eles, podemos destacar os ácidos fenólicos e os flavonoides, as antocianinas e seus derivados, produtos de oxidação e os flavonóis que estão presentes principalmente da casca da cevada e do lúpulo. Além de contribuírem para a saúde dos consumidores, também têm influência sobre a conservação da cerveja, podendo retardar o seu processo de envelhecimento.

3.6 Análises microbiológicas

Os microrganismos têm sua velocidade de multiplicação diretamente relacionada às condições do substrato em que se encontram (alimento) e do meio que os cerca. Condições favoráveis aumentam a velocidade de desenvolvimento dos microrganismos, enquanto condições inerentes ao alimento ou ao ambiente reduzem a velocidade de multiplicação. Os fatores que influenciam a multiplicação dos microrganismos nos alimentos são classificados como parâmetros intrínsecos: são pH, atividade de água (a_w), potencial oxirredução (O/R), conteúdo de nutrientes, constituintes antimicrobianos, estruturas biológicas e microbiota competitivas do alimento. Parâmetros extrínsecos são aqueles relativos ao ambiente que cerca o alimento, como temperatura, presença dos gases, umidade relativa do ar e radiação, que atuam potencializando as contaminações iniciais ou servindo de barreiras ao desenvolvimento microbiano (GAVA, 2008).

Os alimentos industrializados ou não, mantêm constante atividade biológica, manifestada por alterações de natureza química, física, microbiológica ou enzimática e levam à deterioração da qualidade tornando o produto impróprio para o consumo humano. Como resultado da existência de contaminação microbiana, haverá perdas de certos atributos específicos, como cor, sabor, pH, acidez, açúcares, textura e viscosidade (DIAS, 2011).

3.7 Análise sensorial

A análise sensorial é um campo muito importante na indústria de alimentos, pois contribui direta ou indiretamente para inúmeras atividades, como desenvolvimento de novos produtos, controle de qualidade, reformulação e redução de custos de produtos, relações entre condições de processo, ingredientes, aspectos analíticos e sensoriais (IAL, 2005).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993) a análise sensorial é a disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações das características dos alimentos e materiais, percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição. A análise sensorial tem por objetivo fornecer informações com relação aos tratamentos experimentais aplicados a uma população em particular, sendo uma ciência que objetiva, principalmente estudar as percepções, sensações e reações do consumidor sobre as características dos produtos, incluindo sua aceitação ou rejeição por consumidores. Neste caso, utiliza-se provadores não treinados (MINIM, 2006).

Os consumidores estão tornando-se a cada dia mais exigente com os produtos que estão levando para a sua mesa: os mesmos buscam produtos nutritivos, funcionais, de custo acessível, que possam ser ingeridos com segurança e que tenha características sensoriais agradáveis. Nesse contexto, a análise sensorial vem desempenhando um papel importante nas indústrias de alimentos, pois através dos testes aplicados consegue colocar no mercado produtos com características sensoriais agradáveis aos consumidores (MARTIM, 2006).

Para um produto alimentício ter uma boa aceitação no mercado por parte dos consumidores, precisa estar dentro dos padrões de comercialização e ter atributos que venham atender às necessidades dos consumidores, tais como: aparência, sabor, odor, textura, valor nutritivo e segurança dos produtos e tendo importância variada de acordo com os interesses de cada segmento da cadeia de comercialização. Esses atributos de qualidade devem ser considerados em conjunto (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

Carvalho *et al.* (2009) obtiveram bons resultados na avaliação sensorial de cervejas utilizando a banana como adjunto do malte e como aromatizante natural, e aplicaram os testes de preferência de comparação pareada. Observaram que para a cerveja com banana otimizada obtida da fermentação a 12 °P e 15 °C, 35 dos 50 consumidores preferiram esta cerveja em relação à do mercado. Já para a cerveja com banana otimizada (pela suplementação do mosto com Mg²⁺ na forma de sulfato) obtida da fermentação a 17,5 °P e 15 °C e diluída, 33 dos 50 consumidores preferiram esta cerveja em relação à do mercado. Os testes de aceitação foram realizados com o objetivo de avaliar se os consumidores gostaram ou desgostaram da cerveja

com banana e estas foram tão aceitas pelo consumidor quanto às amostras de cerveja do mercado.

Hendges (2014) produziu cerveja contendo quinoa malteada como adjunto. As análises foram realizadas em quatro etapas: comparando-se as amostras entre si, a amostra comercial adquirida no mercado local comparada à amostra puro malte e à amostra contendo quinoa malteada com 10, 20, 30 e 45% como adjunto. Este avaliou a aceitação das bebidas elaboradas utilizando quinoa malteada como adjunto, em diferentes proporções, compreendendo entre “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”, da mesma forma que para cervejas puro malte e de marca comercial: concluiu que ocorreu boa aceitação das bebidas produzidas, não havendo diferença significativa ($p < 0,05$) entre todas as amostras provadas, com relação à impressão global das amostras avaliadas.

Manzoli (2015) utilizou laranja como adjunto de malte nas seguintes concentrações (0, 10, 25, 45%): constatou por meio análise sensorial, que todas as cervejas obtiveram aceitação satisfatória, visto que a maioria das notas de impressão global estão compreendidas entre “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”, enquanto que três das bebidas, sendo uma delas, a controle, estão compreendidas entre “gostei moderadamente” e “gostei muito”, não havendo diferença significativa entre elas. A bebida em que foi utilizado concentrado de laranja a 25%, foi tão aceita quanto a puro malte.

Oliveira *et al.* (2015) elaboraram quatro cervejas artesanais com mel, onde três tratamentos substituíram parcialmente o malte por mel e um tratamento foi isento de mel. Utilizaram teste de ordenação para verificar a preferência dos consumidores. De acordo com os testes sensoriais, a bebida teve boa aceitação do público, já que não houve diferença significativa de preferência entre as formulações contendo mel e a formulação padrão. As formulações que continham mel tiveram maior intenção de compra em relação à formulação padrão.

Pinto *et al.* (2015) desenvolveram uma cerveja artesanal com acerola e abacaxi, utilizando três formulações: A₁ com 10% de acerola e 10% de abacaxi, A₂ foi com 15% de acerola e 15% de abacaxi, e A₃ com 20% de acerola e 20% de abacaxi. 0,15 e 20% para ambas as frutas. Foram avaliados os atributos cor, aroma, sabor, corpo e aceitação global através de testes afetivos utilizando escala hedônica estruturada de nove pontos onde 9 significa “Gostei MUITÍSSIMO” e 1 significa “Desgostei MUITÍSSIMO”. Os resultados sensoriais constataram que a amostra A₃ obteve melhores resultados nos atributos cor, sabor e aceitação global logo mostrou que a maior adição de polpa de fruta influenciou positivamente no produto.

Flores *et al.* (2015), ao avaliarem o perfil sensorial de cerveja artesanal de chocolate e caramelo, obtiveram resultados satisfatórios pelo teste de aceitação. As cervejas foram produzidas com duas diferentes concentrações de chocolate e em duas etapas distintas resultando em quatro tratamentos. Nas formulações A e C, foram adicionadas 150 g de chocolate 53% de cacau no período da fervura e para as formulações B e D foram adicionados mais 150 g de chocolate 53% na etapa de envase. Pelo teste de aceitação e índice de aceitabilidade, os autores observaram que a formulação mais aceita foi a Formulação C, ou seja, aquela produzida com lúpulo aromático e amargor com apenas 150 g de chocolate, a formulação D obteve um baixo percentual de aceitabilidade, provavelmente devido à maior concentração de chocolate e à presença de sólidos suspensos. A partir dos resultados da avaliação sensorial, verificou que com exceção da formulação D, todas as outras três formulações elaboradas são comercializáveis.

4. CAPÍTULO 1

COMPORTAMENTO DA MANGA CV. ESPADA EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO

COMPORTAMENTO DA MANGA CV. ESPADA EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO

Resumo

O presente estudo teve como principal objetivo realizar a análises físicas, físico-químicas da manga cv. Espada em três estágios de maturação (verde, “de vez” e maduro) no intuito de definir o fruto com os melhores atributos para a produção de uma cerveja artesanal. Os frutos de manga cv. Espada foram adquiridos na cidade de Pilõesinhos-PB, acondicionados em caixas de madeira e transportados para o Laboratório de Agroindústria da UFCG, onde foi realizada a higienização e selecionados de acordo com os estádios de maturação e realizadas as análises físicas quanto aos parâmetros: massa do fruto, comprimento longitudinal e transversal. Após caracterização física, as mangas foram despulpadas, embaladas e armazenadas em freezer a -18 °C. As análises físico-químicas realizadas foram: atividade de água (a_w) a 25 °C, pH; sólidos solúveis; acidez titulável; ácido ascórbico, teor de água; açúcares totais, redutores, carotenoides, pectina. Foram realizadas também análises colorimétricas: luminosidade (L^*), intensidade de vermelho ($+a^*$), intensidade de amarelo ($+b^*$), cromaticidade e ângulo de tonalidade. Na caracterização físico-química, a manga cv. Espada no estágio de maturação maduro apresentou os melhores valores de requisitos (pH, sólidos solúveis, açúcares totais e redutores), sendo assim, escolhida para a elaboração da cerveja. Mediante isso foram realizadas análises complementares, compostos fenólicos totais, atividades antioxidantes e microbiológicas. As mangas no estágio de maturação maduro apresentaram os maiores valores para massa, comprimento longitudinal e transversal. As mangas cv. Espada apresentaram uma atividade de água bastante elevada para os três estádios de maturação. As mangas nos três estádios de maturação apresentaram teor de água acima de 90%, considerados elevados. As mangas no estágio de maturação maduro apresentaram os melhores teores de sólidos solúveis (°Brix), açúcares totais, redutores e compostos fenólicos totais. Conclui-se que na evolução nos estádios de maturação da manga ocorreu mudanças significativas nos parâmetros, vitamina C, açúcares totais, redutores e carotenoides. A polpa de manga in natura apresentou uma baixa capacidade antioxidantes e que as análises microbiológicas da polpa de manga para coliformes e *salmonella sp.* estão dentro dos padrões exigidos pela legislação vigente.

Palavras-chave: *Mangifera indica* L., pós-colheita, composição físico-química.

4.1 Introdução

As frutas são reguladoras do sistema imunológico e garantem a nutrição adequada ao organismo através dos nutrientes presentes em sua composição. Considera-se que o Brasil seja privilegiado, já que poucos são os países que contam com a diversidade, qualidade e a grande oferta no abastecimento interno proveniente do seu próprio cultivo.

Devido a variação do clima, inúmeras espécies frutíferas têm seu cultivo desenvolvido e aprimorado. A manga é um bom exemplo: de acordo com a Associação Brasileira de Fruticultura (2018), a manga é a fruta mais exportada pelo país, apresentando em 2017 recordes no volume de embarque (179 mil toneladas) e na receita (205 milhões de dólares). Esses dados apresentam um aumento de 16,46% no volume, e 13,99% em valores quando comparado a 2016.

A manga é um fruto altamente apreciado, consumido in natura, em forma de doces, sorvetes, sucos, licores e tantas outras opções disponíveis no mercado, justamente por possuir alto rendimento, volume de polpa extraordinário, sabor e aroma agradáveis e de uma doçura inconfundível em seu estágio maduro. Na composição, os principais nutrientes são os carboidratos, fibras, vitaminas e minerais (KUSKOSKI *et al.*, 2006).

A vida útil pós-colheita de diversos frutos, inclusive da manga, é muito curta (SILVA FILHO *et al.*, 2016): desse modo, tornam-se propensos ao desperdício, contribuindo para o pouco aproveitamento, contaminação dos ambientes que recebem esse material e a falta de alimento no mundo. Com base nesse preceito, o presente estudo teve como principal objetivo realizar a análises físicas, físico-químicas e compostos bioativos da manga cv. Espada em três estágios de maturação (verde, “de vez” e maduro), no intuito de definir o fruto com os melhores atributos para a produção de uma cerveja artesanal.

4.2 Material e métodos

4.2.1. Obtenção e processamento da matéria-prima

Os frutos de manga cv. Espada (*Mangifera indica* L.) foram adquiridos na cidade de Pilõesinhos, acondicionados em caixas de madeira e transportados para o Laboratório de Agroindústria da UFCG, Campina Grande, PB. Os mesmos foram selecionados quanto ao grau de maturação, injúrias teciduais, mecânicas e ataques por microrganismos; em seguida, foram

submetidos a uma pré-lavagem em água corrente, para retirada do excesso de sujidades e imersos em uma solução de hipoclorito de sódio (50 ppm por 10 min) para reduzir a carga microbiana e posteriormente enxaguadas em água corrente para retirar o excesso de cloro.

As análises dos parâmetros físicos, físico-químicos da manga cv. Espada foram realizadas no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, PB.

4.2.2 Análises dos parâmetros físicos da manga cv. Espada em diferentes estádios de maturação

A caracterização física do fruto integral nos três estádios de maturação foi realizada de acordo com as metodologias descritas:

- Massa – A massa individual dos frutos foi conferida com auxílio de uma balança de precisão, com capacidade para 200 g e precisão de 0,0001 g cujos resultados foram expressos em grama (g).
- Comprimento longitudinal e transversal - Foram determinados com auxílio de paquímetro digital *Digimes* com escala de 0 a 150 mm.

Os frutos foram descascados com o auxílio de uma faca de aço inoxidável, onde foi realizada a separação das cascas, amêndoas e polpa. Posteriormente, a polpa seguiu para uma despoldadeira mecânica; em seguida foi realizado o refino da polpa, com a finalidade de eliminar pequenas frações de fibras não trituradas e deixar a polpa mais homogênea. Após a etapa do refinamento, as polpas foram embaladas e submetidas a pasteurização (a 60 °C por 30 min) e realizou-se as análises físico-químicas e dos parâmetros colorimétricos.

- Parâmetros colorimétricos – Foram determinados por leitura direta utilizando-se o espectrofotômetro *Mini Scan Hunter Lab XE Plus*, com iluminante D65, ângulo de observação de 10° e calibrado com placa padrão preta e branca (X=80,5; Y=85,3; Z=90,0). O equipamento lê os seguintes parâmetros luminosidade ($L^* = 0$ – preto; e $L^* = 100$ – branco); a^* - transição da cor verde ($-a^*$) para o vermelho ($+a^*$); e b^* - transição da cor azul ($-b^*$) para a cor amarela ($+b^*$).

$$\bullet \quad C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0,5} \quad (1.1)$$

$$\bullet \quad H^* = \tan^{-1} b^*/a^* \quad (1.2)$$

Após a caracterização física e dos parâmetros colorimétricos foram realizadas as análises físico-química e compostos bioativos da polpa de manga cv. Espada.

4.2.3 Análises dos parâmetros físico-químicos da polpa de manga cv. Espada em diferentes estádios de maturação

As análises foram realizadas em triplicata quanto aos seguintes parâmetros:

- Atividade de água (a_w) – Realizada a 25 °C, através da leitura direta das amostras em higrômetro AquaLab, modelo 3TE Decagon;
- pH - Determinado diretamente nas amostras por potenciometria, utilizando-se um pHmetro digital da marca Tecnal, modelo TEC-2, calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0 (IAL, 2008).
- Sólidos solúveis (°Brix) - Determinado por leitura direta em refratômetro digital portátil do tipo Abbe (IAL, 2008).
- Acidez titulável (% de ácido cítrico) - Determinada por titulometria, de acordo com o método do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).
- Ácido ascórbico (mg/100 g) – Determinado de acordo com a metodologia da AOAC (1997) modificada por Benassi e Antunes (1998).
- Teor de água (% b.u) - Determinada por meio de secagem em estufa a vácuo a 70 °C até peso constante de acordo com o método (IAL, 2008).
- Açúcares totais (g/100 g) - Determinados por espectrofotometria, segundo Yemm e Willis (1954). O extrato foi obtido através da diluição de 0,3 g da polpa em 100 mL de água destilada. As amostras foram preparadas em banho de gelo, adicionando-se em um tubo 0,1 mL do extrato, 0,9 mL de água destilada e 2,0 mL da solução de antrona 0,2%, seguida de agitação e repouso em banho-maria a 100 °C por 3 min. A leitura das amostras foi realizada em espectrofotômetro a 620 nm, utilizando-se como referência a glicose para obtenção da curva padrão.
- Açúcares redutores (g/100 g) - Determinados por espectrofotometria, segundo método proposto por Miller (1959). O extrato foi preparado utilizando-se 1 g de polpa diluída em 50 mL de água destilada. Uma alíquota de 0,2 mL do extrato foi misturada a 1,3 mL de água e a 1,0 mL da solução de ácido dinitrosalicílico para obtenção das amostras, seguida de agitação e repouso em banho-maria a 100 °C por 5 min. A curva padrão foi preparada com glicose e as leituras das amostras foram feitas em espectrofotômetro a 540 nm.

- Carotenoides (mg/100 g) - As concentrações de carotenoides foram determinadas pela metodologia Lichtenthaler (1987) e calculados pelas Equações 1.3, 1.4, 1.5 e 1.6. Cerca de 3 g da amostra fresca foi macerada em almofariz, com 0,2 g de carbonato de cálcio (CaCO₃) e 10 mL de acetona (80%) gelada em ambiente escuro. Em seguida, as amostras foram centrifugadas a 10 °C e 3.000 rpm por 10 min e os sobrenadantes foram lidos em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 470, 646 e 663 nm.

$$\text{Clorofila a} = [(12,21 \times A_{663} - 2,81 \times A_{646}) / (m \times 1000)] \quad (1.3)$$

$$\text{Clorofila b} = [(20,13 \times A_{646} - 5,03 \times A_{663}) / (m \times 1000)] \quad (1.4)$$

$$\text{Clorofila total} = [(17,3 A_{646} + 7,18 A_{663}) / (m \times 1000)] \quad (1.5)$$

$$\text{Carotenoides totais} = [(1000 \times A_{470} - 1,82 \text{ Chl a} - 85,02 \text{ Chl b}) / 198] \quad (1.6)$$

Em que: Abs - absorvância

A₆₆₃ - Absorvância em espectrofotômetro a 663

A₆₄₆ - Absorvância em espectrofotômetro a 646

A₄₇₀ - Absorvância em espectrofotômetro a 470

m - Massa da amostra (g)

Chl a - Clorofila a

Chl b - Clorofila b

- Pectina - Quantificada segundo metodologia descrita por Carvalho *et al.* (2006). O teor de pectina foi calculado por meio da equação 1.6 e expresso em (g de pectato de cálcio/ 100 g).

$$\text{Gramas de pectato de cálcio\%} = \frac{\text{g de pectato de cálcio} \times 100}{\text{peso da amostra}} \quad (1.7)$$

Após a caracterização físico-química foi selecionada a polpa com o estágio de maturação, que apresentou os atributos mais favoráveis para a produção de cerveja. Em seguida, realizou-se análises de compostos fenólicos totais, atividade antioxidante e microbiológicas.

4.2.4 Análises dos compostos fenólicos e atividade antioxidante da polpa de manga cv. Espada no estágio de maturação maduro

- Compostos fenólicos totais (mg/100 g) – Foram determinados a partir do método de Folin-Ciocalteu descrito por Waterhouse (2006).

- O extrato foi obtido através da diluição de 3,0 g da polpa em 50 mL de água destilada. As amostras ficaram em repouso por 30 min. Uma alíquota de 225 µL do extrato foi misturada a 1,900 µL de água e a 125 µL do folin ciocalteau. Em seguida, agitou e deixou em repouso por 5 min. Posteriormente adicionou-se 250 µL de carbonato, seguida de agitação e repouso em banho-maria a 40 °C por 30 min: retirou-se as amostras e deixou esfriar em temperatura ambiente. A curva padrão foi preparada com ácido gálico (EAG) e as leituras das amostras foram feitas em espectrofotômetro a 765 nm.
- Atividade antioxidante (DPPH)- A atividade antioxidante foi determinada através da capacidade dos antioxidantes da amostra em sequestrar o radical estável DPPH (2,2- difenil-1-picril-hidrazil) de acordo com a metodologia desenvolvida por Brand-Williams; Cuvelier & Berset (1995), com modificações. A solução extratora foi obtida pela diluição direta da amostra numa concentração inicial de 5 mg/ml. Alíquota de 240 µL foi retirada da solução e transferida para tubo de ensaio, onde foi adicionado 60 µL de etanol, em seguida foi diluída com solução de DPPH (Sigma-Aldrich - Sigma Co., USA) até 3 mL de volume final, e incubada em temperatura ambiente por 30 min. A leitura da absorbância foi realizada a 517 nm em espectrofotômetro UV-Vis (Shimatshu, Brasil), utilizando cela de quartzo com 1 cm de caminho óptico. A solução DPPH em etanol foi usada como branco. Os resultados foram expressos em percentual de inibição do radical estável DPPH• e calculados através da Equação 1.8.

$$I=(A_b-A_p)/A_b .100 \quad (1.8)$$

Em que: I: percentual de inibição do radical estável DPPH;

A_b: branco;

A_p: absorbância da polpa;

- Atividade antioxidante (FRAP) - Determinada pela redução do ferro estimado pelo *Ferric Reducing Antioxidant Power* (FRAP), que se baseia na capacidade do composto de reduzir o Fe (III) em Fe (II) (BENZIE; STRAIN, 1996), descrito originalmente por Larrauri *et al.* (1997) e posteriormente modificado por Rufino *et al* (2006). A solução de Frap foi preparada misturando-se 25 mL de tampão acetato 0,3 M, 2,5 mL da solução de TPTZ 10 mM e 2,5 mL da solução aquosa de cloreto férrico 20 mM, sendo utilizada imediatamente após sua preparação. Nos tubos de ensaio foram adicionados 2,700 µL do reagente FRAP e 90 µL das amostras. A leitura da absorbância foi realizada a 595 nm em espectrofotômetro

UV-Vis (Shimatshu, Brasil), utilizando cela de quartzo com 1 cm de caminho óptico. O reagente FRAP foi usado como branco. Os resultados foram expressos em μM sulfato ferroso/g.

4.2.5 Análises microbiológicas da polpa de manga cv. Espada no estágio de maturação maduro

As análises microbiológicas foram realizadas na polpa antes do processamento da cerveja de acordo com a RDC nº 12 (BRASIL, 2001). Segundo Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), preconiza para polpa de frutas concentradas ou não, com ou sem tratamento térmico, refrigerada ou congelada:

- Bactérias do grupo coliformes a 45°C/g: máximo 5×10^2 NMP/g
- *Salmonela*: deve apresentar ausência em 25 g da amostra;
- Coliformes totais e termotolerantes - Utilizou-se o método do número mais provável (NMP) descrito por Silva *et al.* (2010).
- Salmonella sp. - Utilizou-se o método de plaqueamento por superfície descrito por Silva *et al.* (2010).

Os dados experimentais obtidos neste experimento foram analisados utilizando o programa computacional ASSISTAT versão 7.7 Beta (SILVA, AZEVEDO, 2016).

4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Caracterização física dos frutos de manga cv. Espada nos três estágios de maturação

Os valores médios referentes às análises físicas encontram-se na Tabela 1.1.

Tabela 1.1– Valores médios obtidos para massa, comprimento longitudinal e transversal da manga

Estádio	Massa (g)	Comprimento Longitudinal (mm)	Comprimento Transversal (mm)
Verde	239,29 a	100,97 a	67,89 a
“De vez”	271,44 a	102,41 a	70,67 a
Madura	308,17 a	111,26 a	70,74 a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey em nível de 95% de confiança

As médias das massas, apresentadas na Tabela 1.1 demonstraram valores crescente de acordo com o estágio de maturação: 239,29 g para o estágio verde, 271,44 g para o estágio “de vez” e 308,17 g para o estágio maduro. Megale (2002) estudou a manga Palmer em diferentes estádios de maturação e determinou valores para as mangas, verde - 691,50 g, “de vez” - 611,80 g e madura - 516,03 g. Faraoni *et al.* (2009), ao caracterizar a manga orgânica cultivar Ubá, apenas no estágio de maturação maduro, encontraram massa de 143,8 g, valor esse inferior ao encontrado nesse estudo. Silva *et al.* (2014) também estudando manga Palmer apenas no estágio maduro, encontraram 559,3 g valor esse bem superior ao encontrado nesse estudo. Hojo *et al.* (2009), ao estudar manga Palmer estágio de maturação maduro armazenada sob refrigeração e condição ambiente, encontraram massa variando entre 530 e 540 g para frutos condição ambiente valor superior ao encontrado nesse estudo.

As médias das dimensões não apresentaram diferenças significativas para comprimento longitudinal; 111.26 mm quando comparados com estágio verde 100,97 mm e estágio “de vez” 102.41 mm. Com relação ao comprimento do estágio de vez, os valores obtidos situaram-se 67,89 mm, 70,67 mm e 70,74 mm para os três estádios de maturação, não havendo diferença significativa entre os mesmos. Megale (2002), estudando manga Palmer para comprimento longitudinal nos estádios verde 143,89 mm, estágio “de vez” 139,58 mm e madura (138,86 mm) e para o comprimento estágio “de vez” forma, encontrou os seguintes valores para verde 95,64 mm, “de vez” 91,51 mm e madura 87,18 mm. Faraoni *et al.* (2009), ao estudar manga orgânica cultivar Ubá no estágio de maturação madura, determinaram comprimento longitudinal 7,5 cm e comprimento transversal de 5,7 cm, sendo esses valores inferiores aos encontrados nesse estudo. No entanto Silva *et al.* (2014), estudando manga Palmer, encontraram valores próximos ao desse estudo diâmetro menor 85,1 mm e diâmetro maior 134,5 mm respectivamente. Em seu estudo Hojo *et al.* (2009), estudando manga Palmer maduras em diferentes condições de

armazenamento, observaram que os frutos em condições ambiente apresentaram valores médios 125,2 e 128,6 mm de comprimento, 83,9 e 85,2 mm de largura.

No estágio maduro o fruto apresentou um maior teor de sólidos solúveis. Comportamento semelhante foi evidenciado por Silva *et al.* (2016) ao trabalharem com manga cv. Espada, quantificou 18,0 °Brix, resultado semelhante ao encontrado nesse estudo e superior aos quantificados por Maciel *et al.* (2009) ao trabalhar com manga cv. Espada, os quais obtiveram um teor de sólidos solúveis de 17,1 °Brix. A presença de sólidos solúveis indica o grau de maturação sendo esse atributo de grande importância para a comercialização de frutos.

Na Tabela 1.2 estão dispostas as coordenadas de cor da polpa de manga cv. Espada para os três estádios de maturação.

Tabela 1.2 - Valores médios das análises colorimétricas das polpas de manga cv. Espada em três estádios de maturação

Parâmetros	Estádio de Maturação		
	Verde	De vez	Madura
Luminosidade (L*)	65,23 a	59,38 b	54,67 c
Intensidade de vermelho (+a*)	2,45 c	10,16 b	13,25 a
Intensidade de amarelo (+b*)	46,88 c	53,50 b	57,76 a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey em nível de 95% de confiabilidade.

A coordenada L*, sofreu variações de acordo com o período de maturação, com tendência a um decréscimo. A coordenada a* define a coloração entre verde e vermelho; observou-se que houve um incremento significativo nos tons de vermelho do fruto, no qual esse aspecto torna-se mais evidente durante o amadurecimento. A intensidade de amarelo (+b*) apresentou aumento gradativo com o avanço da maturação: esse comportamento era esperado pelos carotenoides presentes na manga, principalmente β -caroteno, que possui coloração amarela. Morais *et al.* (2002), ao trabalhar com manga cv. ‘Tommy Atkins’, constataram o aumento da coloração vermelha durante o amadurecimento das mangas. Costa *et al.* (2017), ao trabalharem com manga cv. ‘Tommy Atkins’, observaram para a polpa de manga que a coordenada luminosidade aumentou, e as coordenadas a* e b* também aumentaram gradualmente. No entanto, a cor amarela tendeu a predominar sobre a verde nos diferentes estádios de maturação. Maciel *et al.* (2009) encontraram tanto para luminosidade (L*), como para intensidade de vermelho (+a*) e intensidade de amarelo (+b*) valores de 50,8, 0,24 e 27,2

sendo esses valores menores do que aos encontrados nesse estudo para a mesma variedade de manga. Lucena *et al.* (2011), que analisando manga 'Tommy Atkins' observaram para os atributos luminosidade (L*) 67,26 numa escala em que o máximo corresponde a 100 e mostrou uma tendência de aumento durante o desenvolvimento.

4.3.2 Caracterização físico-química da polpa de manga cv. Espada em três estádios de maturação

Na Tabela 1.3 estão dispostos os valores médios dos parâmetros físico-químicos da polpa de manga cv. Espada analisada em três estádios de maturação.

Tabela 1.3 - Valores médios dos parâmetros físico-químicos da polpa de manga cv. Espada nos três estádios de maturação

Parâmetros	Estádio de Maturação		
	Verde	De vez	Madura
Atividade de água (aw) a 25 °C	0,96 a	0,98 a	0,99 a
pH	3,98 c	4,31 b	4,87 a
Acidez titulável (% ácido cítrico)	0,96 a	0,62 b	0,34 c
Ácido ascórbico (mg /100 g)	61,17 a	44,52 b	27,72 c
Teor de água (% b.u.)	78,82 b	79,13 b	81,40 a
Açúcares totais (g /100 g)	13,10 c	22,57 b	27,22 a
Açúcares redutores (g /100 g)	2,67 c	4,90 b	5,49 a
Carotenoides (mg/100 g)	0,07 b	0,08 b	2,80 a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey em nível de 95% de confiança

Observou-se que a polpa integral da manga cv. Espada apresentou uma atividade de água bastante elevada para os três estádios de maturação. Neto *et al.* (2005), ao estudarem mangas da cultivar coité, encontraram uma atividade de água de 0,984. Brandão *et al.* (2003) encontraram valores de 0,982, em estudo com frutos de manga submetidos à desidratação osmótica – solar. De acordo com Gava *et al.* (2008), a atividade de água é o fator que mais influência na alteração dos alimentos, por estar diretamente relacionada com o crescimento e a atividade metabólica dos microrganismos e com as reações hidrolíticas.

Percebe-se que ao longo do processo de maturação ocorreu o aumento do pH, com a redução da acidez. Maciel (2009) ao produzir geleia mista de manga e acerola encontrou um pH de 3,8 para a manga cv. Espada. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), essas diferenças poderão estar relacionada com o consumo dos ácidos orgânicos ao longo do processo de respiração do fruto.

Constatou-se que ocorreu a redução da acidez durante a maturação, sendo confirmada pelo aumento do pH. Costa *et al.* (2017) constataram comportamento semelhante ao estudarem as mangas cv. “Tommy Atkins” durante a maturação. Furtado *et al.* (2009) e Silva *et al.* (2016), ao trabalharem com manga da variedade cv. Espada, encontraram valores de 0,29 (g/100 g) e 0,43 de ácido cítrico. A manga é classificada como uma fruta ácida, entretanto essa acidez a torna menos susceptível ao desenvolvimento de microrganismos (FRANCO e LANDGRAF, 2005).

Para o teor de ácido ascórbico houve uma variação estatisticamente significativa durante o estágio de maturação, no qual, verificou-se um decréscimo, no fruto maduro. Comportamento análogo foi observado por Lucena *et al.* (2011) ao avaliarem a maturação de manga ‘Tommy Atkins’. Nogueira *et al.* (2002), ao estudarem os efeitos do estágio de maturação dos frutos de acerola, os mesmos observaram que os frutos verdes apresentaram valores superiores de vitamina C quando comparados aos frutos maduros. Esse comportamento pode ser justificado, pois segundo Chitarra e Chitarra (2005) o teor de ácido ascórbico pode ser utilizado como índice de qualidade dos alimentos, acumulado durante o desenvolvimento das frutas na planta, após a colheita ocorre um menor acúmulo chegando a ter um decréscimo em alguns produtos como na manga e na maçã, quanto mais precoce a colheita, menor o teor de ácido ascórbico no produto.

A manga apresentou um alto teor de umidade sendo bastante acentuado para os três estágios de maturação: esses valores ficaram próximos aos determinados por Azevedo (2006), para mangas no estágio verde 87,47, “de vez” 85,24 e madura 82,71, respectivamente. Entretanto, a umidade encontrada neste estudo foi superior aos valores observados por Furtado *et al.* (2009), que foi 79,25% para manga cv. Espada. O índice de umidade encontrado nesse estudo é considerado elevado, o que torna a polpa susceptível a deterioração por microrganismos.

Durante a maturação foi observado diferença significativa para os açúcares totais. Resultados equivalentes foram obtidos por Furtado *et al.* (2009) quando estudaram manga cv. Espada. Martin (2006), estudando manga Tommy Atkins, encontraram valores de açúcar totais de 8,55 e 11,09%, sendo estes resultados superiores ao teor de açúcares totais encontrados nessa pesquisa. O Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para

Polpa de Manga (BRASIL, 2000) estabelece para açúcares totais, naturais da manga (g.100/g): máximo de 17,0, logo pode-se constatar que a manga está acima dos parâmetros exigidos pela legislação.

Observou-se um incremento significativo dos açúcares redutores para os diferentes estádios de maturação. Resultados coincidentes foram detectados por Azevedo (2006), que verificou aumento de 2,95 para 4,92% em mangas verdes e maduras. Entretanto, Furtado *et al.* (2009) e Silva *et al.* (2016) quantificaram um teor de açúcares redutores de 9,52 e 7,87%, valores superiores ao encontrado nesse estudo.

Com o desenvolvimento do fruto, houve um incremento significativo no teor de carotenoides. Este resultado assemelha-se com os obtidos por Lucena *et al.* (2011), quando analisaram manga cv. ‘Tommy Atkins’. Melo e Araújo (2011) encontrou valor de carotenoide para manga cv. Espada 29,57 ($\mu\text{g}/100\text{ g}$), sendo esse valor inferior ao encontrado nesse estudo.

A quantidade de pectina na forma de pectato de cálcio encontrado neste trabalho foi de 0,15%, sendo esse percentual inferior aos encontrados por Vidal *et al.* (2006), ao analisarem da manga cv. Keitt quantificaram uma porcentagem de 0,98% para a polpa integral. Silva (2014) trabalhando com manga cv. Haden para a polpa integral obteve de 0,61% de pectato de cálcio, valor superior ao obtido nesse estudo. Damiani *et al.* (2009) utilizaram manga Haden (casca e polpa) na produção de geleia quantificou 0,35 e 0,17% pectato de cálcio para polpa e casca. Lago-Vanzela *et al.* (2011) ao produzir geleia utilizando cajá-manga quantificou 0,53 e 2,49% de pectato de cálcio para polpa e casca valores esses também superiores aos encontrados nesse estudo. O resultado encontrado nesse estudo mostrou-se inferior em relação aos apresentados na literatura, tal comportamento pode ser justificado pela variedade da fruta estudada, pH, temperatura e tempo de extração que afetaram a extração da pectina.

4.3.3 Análises complementares da polpa de manga cv. Espada para a produção de cerveja artesanal.

De acordo com os dados da caracterização físico-química dos frutos em diferentes estádios de maturação, a manga cv. Espada no estágio de maturação maduro apresentou os melhores valores para pH, sólidos solúveis, açúcares totais e redutores, sendo esses parâmetros utilizados como requisitos para elaboração da cerveja. Essa polpa foi selecionada para dar continuidade a esta pesquisa, na qual realizou-se análises complementares como atividade antioxidante, teor de pectina, parâmetros colorimétricos e análises microbiológicas.

Na Tabela 1.4 estão dispostos os parâmetros de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante da polpa de manga cv. Espada.

Tabela 1.4 – Compostos bioativos da polpa integral da manga cv. Espada no estágio maduro

Parâmetros	Média e Desvio Padrão
Compostos fenólicos totais (mg /100 g)	121,07± 0,18
DPPH (% Inibição)	15,75 ± 0,15
FRAP (µM sulfato ferroso/g)	4,99 ± 0,12

*Valores em base úmida

Observou-se que a polpa de manga analisada nesse estudo apresentou valor elevado para compostos fenólicos totais. Melo e Araújo (2011) quantificaram 279,59 mg/100 g em mangas maduras, potencializando o resultado encontrado nesse estudo. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), os compostos fenólicos totais têm participação no “flavor”, na coloração, na vida de prateleira e na ação do produto como alimento funcional, notadamente correlacionado com a capacidade antioxidante.

Os resultados de atividade antioxidante obtidos através do método de DPPH para a polpa de manga revelaram uma porcentagem de 15,75%. Melo *et al.* (2008), avaliando a capacidade antioxidante de frutas, observaram que tanto a manga espada quanto a manga rosa, apresentaram uma fraca capacidade antioxidante em sequestrar o radical DPPH sendo essa capacidade inferior a 50%. Oliveira *et al.* (2011) avaliaram a atividade antioxidante dos frutos de goiaba, mamão e manga utilizando o método do DPPH (2,2- difenil-1-picril-hidrazil): os mesmos observaram que a manga apresentou a menor atividade antioxidante, quando comparado aos frutos de goiaba e mamão. Melo *et al.* (2011), analisaram extrato hidrometanólico da manga espada que exibiu a mais elevada ação antioxidante superior a 80%; a manga Tommy Atkins exibiu capacidade de sequestrar o radical DPPH superior a 60% e o da manga Rosa a mais baixa atividade inferior a 50%, pode-se verificar que a polpa de manga avaliada nesse estudo apresentou uma baixa atividade antioxidante. De acordo com Agatonovic-Kustrin *et al.* (2018), a capacidade antioxidante da manga está relacionada com a presença de compostos bioativos, como carotenoides, vitaminas e diferentes fitoquímicos e polifenóis presentes na polpa.

As comparações entre os estudos citados permitem observar que o conteúdo dos componentes analisados variou de um estudo para outro: isso pode ter ocorrido pelo fato do extrato de manga ter interagido de maneira mais lenta com o radical DPPH. De acordo com

Melo *et al.* (2008), a manga cv. Espada é considerada de fraca inibição: onde atividades acima de 70% foram consideradas eficazes no sequestro do radical livre DPPH, no entanto atividades entre 50 e 70%, são consideradas como ação moderada e abaixo de 50%, ação fraca.

O ensaio de FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) é um método relativamente simples e amplamente utilizado, que é baseado na capacidade dos antioxidantes reduzirem o íon ferro no estado oxidado, ferro férrico (Fe^{3+}), para o estado ferroso (Fe^{2+}). Quando isto acontece na presença do reagente 2,4,6-tripiridil-S-triazina (TPTZ), ocorre uma reação colorimétrica acompanhada pela formação de um complexo com o íon Fe^{2+} (STRATIL *et al.*, 2006).

Observou-se que o extrato hidroalcoólico da polpa de manga apresentou uma baixa efetividade na capacidade de reduzir Fe^{3+} em Fe^{2+} pelo ensaio de FRAP que foi de 4,99 μM sulfato ferroso/ g de extrato. Estudo realizado por Bergamaschi (2010) analisaram atividade antioxidante dos extratos hidroalcoólico e aquoso dos resíduos vegetais (talo de couve, talo de brócolis, talo de beterraba, folha/talo de rabanete, folha/talo de cenoura, casca de abobora, resíduo de alcachofra, folha/talo de nabo, casca de maracujá, película de amendoim): os melhores valores foram encontrados no extrato etanoico dos resíduos vegetais película de amendoim e talo de beterraba (1,605 e 0,619 mol/mg, respectivamente), seguido pelo extrato aquoso dos resíduos película de amendoim, talo de beterraba e folha/talo de rabanete (0,514, 0,398 e 0,333 mol/mg, respectivamente). Percebe-se que esses vegetais apresentaram uma efetividade na capacidade de reduzir Fe^{3+} em Fe^{2+} do que o extrato estudado nesse estudo.

Alguns valores da composição centesimal da polpa de manga podem deferir dos apresentados na literatura, mas tais variações são resultantes de diversos fatores dentre eles condições geográficas, clima, plantio, tratamentos culturais, e colheita.

Os valores médios relacionados aos parâmetros de cor da polpa integral da manga cv. Espada estão disponíveis na Tabela 1.5.

Tabela 1.5 – Valores médios das análises colorimétricas da polpa integral da manga cv. Espada no estágio de maturação maduro

Parâmetros	Média e Desvio Padrão
Luminosidade (L*)	54,67 ± 1,32
Intensidade de vermelho (+a*)	13,25 ± 0,13
Intensidade de amarelo (+b*)	57,76 ± 0,61
Cromaticidade (C*)	54,92 ± 0,62
Ângulo de tonalidade (H*)	76,08 ± 0,10

Com relação aos parâmetros de cor para a polpa integral de manga cv. Espada foram determinados os atributos luminosidade (L*) a polpa mostrou-se de cor clara o L* varia de 0° a 100°, em que o valor 0 indica o preto (ou cor escura) e o 100°, o branco (cor clara), para a intensidade de vermelho (+a*) e intensidade de amarelo (+b*) apresentou valores positivos, pois era esperado pelos carotenoides presentes na manga, principalmente β -caroteno, que possui coloração amarela.

Galdino (2012) ao caracterizar fatias de manga cv. Espada encontrou valores para luminosidade (L*) de 54,67 intensidade de vermelho (+a*) foi de 13,25 e a intensidade de amarelo (+b*) foi de 56,76, apresentou um amarelo laranja menos intenso com relação ao encontrado nesse estudo. Estudando manga cv. Espada Maciel *et al.* (2009) encontraram tanto para luminosidade (L*), como para intensidade de vermelho (+a*) e intensidade de amarelo (+b*) valores de 50,8, 0,24 e 27,2 sendo esses valores menores do que aos encontrados nesse estudo para a mesma variedade de manga. Silva *et al.* (2012) ao analisar polpa de manga pasteurizada observaram para os atributos luminosidade (L*) 39,23, intensidade de vermelho (+a*) 1,08 e intensidade de amarelo (+b*) 14,46 e Costa *et al.* (2016) ao analisar manga Palmer obteve valores para luminosidade (L*) 52,46, intensidade de vermelho (+a*) 6,47 e intensidade de amarelo (+b*) 48,76, sendo esses valores também inferiores aos encontrados nesta pesquisa.

Com relação ao croma (C*) a polpa de manga apresentou um valor de 54,92, demonstrando que a mesma apresenta uma coloração mais viva, indicada pelo alto valor da acromaticidade. O ângulo de tonalidade (H*) da polpa de manga apresentou um valor de 76,08 valores esses próximos a 90°, indicam uma tonalidade alaranjada para a polpa.

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), a coloração é utilizada como parâmetro para a seleção de muitos produtos, para a quantificação dos pigmentos ou de outros constituintes, podendo ser a melhor forma indicadora da qualidade. É de interesse que o produto apresente intensidade e uniformidade de coloração, a qual pode ser avaliada na casca e na polpa de frutas e hortaliças.

Na Tabela 1.6 encontra-se os resultados das análises microbiológicas para coliformes a 35 °C, coliformes termotolerantes e *Salmonella sp.* da polpa integral de manga cv. Espada no estágio de maturação maduro.

Tabela 1.6 – Análise microbiológica da polpa de manga cv. Espada em estágio de maduro

Parâmetros	Dados obtidos	Legislação
Coliformes a 35 °C (NMP.g ⁻¹)	Ausente	-
Coliformes a 45 °C (NMP.g ⁻¹)	Ausente	5x10 ² /g**
<i>Salmonella sp.</i> 25 g ⁻¹	Ausente	Ausência**

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) - *Instrução Normativa nº 01, de 7 de janeiro de 2000. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) - RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2000.

Os resultados obtidos para às análises microbiológicas da polpa, apresentou ausência para coliformes a 35 e 45 °C, *Salmonella sp.* enquadrando-se no regulamento técnico RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Tais resultados constatam que houve uma adequada aplicação das técnicas de Boas Práticas de Fabricação e uma sanitização adequada dos frutos e dos equipamentos utilizados, além da efetividade dos métodos de conservação empregados. Costa *et al.* (2016) ao desidratarem manga, constataram para a polpa in natura ausência de coliformes a 35 e 45 °C, indicando que houve boas condições de processamento.

Silva *et al.* (2012) estudaram o comportamento reológico de polpas de caju, acerola e manga, obtendo contagens de coliformes a 45 e 35 °C < 3 NMP/g e ausência de *Salmonella sp.*/25 g para as amostras analisadas, resultados semelhantes aos encontrados nesse estudo. Portanto, observa-se que as polpas apresentaram inocuidade estando de acordo com os padrões exigidos pela legislação vigente. Benevides *et al.* (2008) ao analisarem a qualidade microbiológica da polpa de manga da variedade Ubá constataram ausência para o grupo de coliformes <10 UFC/g e para *Salmonella sp.* em 25 g da amostra *in natura*: tal resultado indica que houve uma manipulação adequada da polpa em todas as etapas de processamento.

4.4 Conclusões

A manga cv. Espada apresentou uma elevada atividade de água, necessitando um processamento em condições higiênico-sanitárias adequadas.

As mudanças nos teores de sólidos solúveis, pH e acidez titulável da polpa foram indicativas da evolução da maturação.

Conforme a evolução nos estádios de maturação da manga ocorreu mudanças significativas nos parâmetros, vitamina C, açúcares totais, redutores e carotenoides.

A polpa de manga apresentou uma alta porcentagem de compostos fenólicos totais na sua composição, com destaque para a manga no estágio maturação maduro.

A polpa de manga *in natura* apresentou uma baixa atividade antioxidante.

Com relação as análises microbiológicas da polpa de manga cv. Espada para coliformes e *salmonella sp.* estão dentro dos padrões exigidos pela legislação vigente.

Referências

AGATONOVIC-KUSTRIN, S.; KUSTRIN, E.; MORTON, D.W. Phenolic acids contribution to antioxidant activities and comparative assessment of phenolic content in mango pulp and peel. **South African Journal of Botany**, v. 116, p. 158–163, 2018.

AOAC - **Official of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 14.ed. Washington: Williams Horwitz, 1997, 1141p.

AZEVEDO, A. C. S. **Estudo das Enzimas Oxidativas e Presença de Compostos Bioativos em Mangas (*Mangifera indica L.*) Produzidas no Brasil**. 2006.186f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas. São Paulo, 2006.

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A Comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 31, n. 4, p. 507-573, 1998.

BENEVIDES, S. D.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C.; CASTRO, V. C. Qualidade da manga e polpa da manga Ubá. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 571-578, 2008.

BERGAMASCHI, K. B. **Capacidade antioxidante e composição química de resíduos vegetais visando seu aproveitamento**. 2010. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Universidade de São Paulo. Piracicaba- SP, 2010.

BRANDÃO, M. C. C.; MAIA, G.; LIMA, D. S. P.; PARENTE, E. J. S.; CAMPELLO, C. C.; NASSU, R. T.; FEITOSA, T.; SOUSA, P. H. M. Análise físico-química, microbiológica e sensorial de frutos de manga submetidos à desidratação osmótico-solar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 1, p. 38-41, 2003.

BRAND-WILIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v.28, p.25-30. 1995.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jan. 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/MAPA. Instrução Normativa nº 1, de 07 de janeiro de 2000. Regulamento Técnico Geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 de janeiro de 2000, seção 1, página 54.

CARVALHO, G. G. P de.; FERNANDES, F. Ê. de. P.; Pires. A. J. V. Métodos de determinação dos teores de amido e pectina em alimentos para animais. **Revista Electrónica de Veterinária – REDVERT**. v.7, n.1, p.10-1, 2006.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed, Lavras: UFLA, 2005. 785p

COSTA, J. D. de S.; FIGUEIREDO NETO, A.; ALMEIDA, F. de A. C.; COSTA, M. de S.; BORGES, G. da S. C.; SOUSA, K. dos S. M. de.; QUIRINO, A. K. R. Componentes principais de parâmetros físico-químicos de mangas cv. Tommy Atkins durante a maturação. **Revista Espacios**, v. 38, n.16, p.1-11, 2017.

DAMIANI, C., BOAS, E. V de B. V., SOARES JUNIOR, M. S., CALIARI, M., PAULA, M. do L., ASQUIERI, E. R. Avaliação química de geleias de manga formuladas com diferentes níveis de cascas em substituição à polpa. **Revista Ciência e Agrotécologia**, v. 33, n. 1, p. 177-184, 2009.

FARAONI, A. S.; RAMOS, A. M.; STRINGHETAS, P. C. caracterização da manga orgânica cultivar ubá. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.11, n.1, p.9-14, 2009.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2005, 18p.

FURTADO, G. F; PORTO, A. G.; SILVA, F. S.; SANTOS, F. **Avaliação físico-química da polpa de manga (mangifera indica L. var. espada) submetida à secagem em camada delgada**. In: Congresso Interno de Iniciação Científica, 2009. II Jornada Científica da Unemat, 05 e 06 de outubro de 2009. Universidade do Estado de Mato Grosso - Campus Universitário de Cáceres, 2009.

GALDINO, P. O. **Processo combinado de desidratação osmótica e secagem convectiva para elaboração de passa de manga cv. espada**. 2012. 287f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícolas) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2012.

GAVA, A. J. **Princípios de Tecnologia de Alimentos**. São Paulo: Ed. Nobel. 2008. 365p.

HOJO, E. T. D.; ABREU, C. M. P.de.; ASMAR, S. A.; HOJO, R. H. Y.; CÔRREA, A. D.; BOAS, E. V de B. V. Avaliação da qualidade de manga ‘palmer’ tratada com 1-metilciclopropeno e armazenada sob refrigeração e condição ambiental. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 028-038, 2009.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos**. 4 ed. São Paulo: IAL, 2008, 1020 p.

KUSKOSKI, E. M., ASUERO, A. G., MORALES, M. T., FETT, R. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, v.36, n. 4, p.1283-1287, 2006.

LAGO-VANZELA, E. S.; RAMIN, P.; UMSZA-GUEZ, M. A.; SANTOS, G.V.; GOMES, E.; SILVA, R da. Chemical and sensory characteristics of pulp and peel ‘cajá-manga’ (*Spondias cytherea* Sonn.) jelly. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimento**, v. 31, n. 2, p. 398-405, 2011.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoides: pigmentos of photosynthetic biomembranes. In: PACKER, L; DOUCE, R. (Ed). **Methods in Enzimology**. London: Academic Press, v. 148, p. 350-382, 1987.

LUCENA, E. M. P., Assis, J. S., Alves, R. E.; Enéas Filho, J. Alterações físicas e químicas durante o crescimento e desenvolvimento de mangas ‘Tommy Atkins’ produzidas no Vale do São Francisco, Brasil. **Journal Interamerican Society for Tropical Horticulture**, v.55, p.48-51, 2011.

MACIEL, M. I. S.; MELO, E. de A.; LIMA, V. L. A. G. de.; SILVA, W. S. da.; MARANHÃO, C. M. C.; SOUZA, K. A. Características sensoriais e físico-químicas de geleias mistas de manga e acerola. **Boletim Cepa**, v. 27, n. 2, p. 247-256, 2009.

MARTIM, N. S. P. P. **Estudo das características de processamento da manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins desidratada**. 2006. 76f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2006.

MEGALE, J. **Influência do estágio de maturação e da condição de armazenagem em parâmetros sensoriais, químicos e microbiológicos de manga, cultivar Palmer, semi - processada**. 2002. 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2002.

MELO, E. A.; ARAÚJO, C. R. Mangas das variedades Espada, Rosa e Tommy tkins: compostos bioativos e potencial antioxidante. **Revista Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1451-1460, 2011.

MELO, E.de A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; NASCIMENTO, R. J do. Capacidade antioxidante de frutas. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, vol. 44, n. 2, 2008.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagente for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

MORAIS, P. L. D de.; FILGUEIRAS, H. A. C.; PINHO, J. L. N de.; ALVES, R. E. Ponto de Colheita ideal de mangas ‘Tommy Atkins’ destinadas ao mercado Europeu. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.3, p.671-675, 2002.

NETO, M. A. de S.; Maia, G. A.; LIMA, J. R.; FIGUEIREDO, R. W. de.; SOUZA FILHO, M. de S. M. de.; LIMA, A. da S. Desidratação osmótica de manga seguida de secagem convencional: avaliação das variáveis de processo. **Revista Agrotécnica**, v. 29, n. 5, p. 1021-1028, 2005.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAIS, J. A. P. V. de. BURITY, H. A. SILVA JUNIOR, J.F. Efeito do estudo de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.4, p.463-470, 2002.

OLIVEIRA, D. da S.; AQUINO, P. P.; RIBEIRO, S. M. R.; ROCHA, S. M.; PROENÇA, R. P da C.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerais. **Revista A Acta Scientiarum**, v. 33, n. 1, p. 89-98, 2011.

RUFINO, M. do S. M.; ALVES, R. do E.; BRITO, E. S. de.; MORAIS, S. M. de.; SAMPAIO, C. de G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D.; **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (frap)**. Comunicado Técnico 125, Fortaleza, 2006.

SILVA FILHO, E. D; FIGUEIRÊDO, R. M. F; QUEIROZ, A. J. M; GUIMARÃES, M. K. A: Cinética de secagem em camada de espuma da polpa de manga c.v Haden. **Comunicata Scientiae**, v.7, n.3, p 354-361, 2016.

SILVA, D. F. P da., MATIAS, R. G. P., SILVA, J. O. C., CREMASCO, J. P. G., SALAZAR., A. H., BRUCKNER, C. H. Alterações nos níveis de antioxidantes em polpa de manga. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.4, n.2., p.26-31, 2014.

SILVA, da N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. de A.; TANIWAKI, M. H. **Manual de Métodos de Análises Microbiológica de Alimentos e Água**. São Paulo. Livraria Valeria Editora, 2010.

SILVA, F. de A. S. e; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

SILVA, L. M. R da., MAIA, G.A., FIGUEIREDO, R.W de., SOUZA, P. H. M de., GONZAGA, M. L. da C., FIGUEIREDO, E. A. T de. Estudo do comportamento reológico de polpas de caju (*Anacardium occidentale*, L.), acerola (*Malpighia emarginata*, D.C.) e manga (*Mangifera indica*, L.). **Revista Semina Ciências Agrárias**. v. 33, n. 1, p. 237-248, 2012.

STRATIL, P.; KLEJDUS, B; KUBAN, V. Determination of Total Content of Phenolic Compounds and Their Antioxidant Activity in Vegetables Evaluation of Spectrophotometric Methods. **Journal of Agriculture Food Chemistry**, v.54, n.3, p.607-616, 2006.

VIDALL, J. R. M. B., SIERAKOWSK, M. R., HAMINIUK, C. W. I., MASSON, M. L. Propriedades reológicas da polpa de manga (*mangifera indica l. cv. keitt*) centrifugada. **Revista Ciências Agrotécnica**, v. 30, n. 5, p. 955-960, 2006.

WATERHOUSE, A. Folin-ciocalteau micro method for total phenol in wine. **American journal of Enology and viticulture**, p.3-5, 2006.

YEMM, E.W.; Willis, A.J. **The estimation of Carbohydrates in plant extracts by anathrone**. **Iochemical Journal**, v.57, p.508-515,1954.

5. CAPÍTULO 2

ACOMPANHAMENTO CINÉTICO DA FERMENTAÇÃO DO MOSTO CERVEJEIRO ADICIONADO DE ADJUNTO DE POLPA DE MANGA CV. ESPADA

ACOMPANHAMENTO CINÉTICO DA FERMENTAÇÃO DO MOSTO CERVEJEIRO ADICIONADO DE ADJUNTO DE POLPA DE MANGA CV. ESPADA

Resumo

Objetivou-se com o presente estudo produzir uma cerveja substituindo parte do malte por polpa de manga cv. Espada e avaliar os parâmetros físico-químicos, microbiológicos e atividade antioxidante da bebida. Para a formulação das cervejas artesanais foi realizado um planejamento fatorial $2^2 + 3$ pontos centrais, totalizando 7 experimentos que teve por objetivo avaliar quantitativamente a influência das variáveis independentes (concentração de polpa (%) e sólidos solúveis (°Brix)) sobre as respostas (pH, sólidos solúveis (°Brix), acidez titulável, açúcares totais, açúcares redutores e teor alcoólico). As cervejas foram formuladas com o auxílio do programa Software *BeerSmith 2* para padronização do estilo. Durante a produção da cerveja foi realizado o acompanhamento cinético do mosto cervejeiro para avaliar os seguintes parâmetros: pH, sólidos solúveis, acidez titulável, açúcares totais, açúcares redutores e teor alcoólico. Foram analisados os percentuais de rendimento e produtividade da cerveja. A adição de polpa de manga cv. Espada no mosto contribuiu para uma fermentação lenta nas primeiras 12 horas, devido a adaptação da levedura ao meio. Durante o período fermentativo, observou-se que ocorreu redução nos valores de sólidos solúveis (°Brix), pH e aumento dos valores de acidez, constatou-se que o teor de sólidos solúveis apresentou os maiores valores de R^2 para as sete cervejas elaboradas. Os parâmetros pH e sólidos solúveis atingiram a estabilidade fermentativa em um menor período de tempo com relação aos açúcares totais e redutores, comprovando que a polpa de manga cv. Espada demonstrou ser uma boa fonte de açúcares fermentescíveis para produção do teor alcoólico nas cervejas. Os experimentos com a maior concentração de polpa foram os que apresentaram os maiores teores alcoólicos, confirmando que a polpa de manga é uma excelente alternativa para ser utilizada na produção de cerveja. Os maiores percentuais de rendimento e produtividade no mosto foram observados nos experimentos com as maiores concentrações de polpa pela disponibilidade de substrato fornecido pela polpa de manga cv. Espada.

Palavras-chave: Fermentação alcoólica, *Saccharomyces cerevisiae*, adjunto cervejeiro

5.1 Introdução

A cultura de cerveja artesanal está crescendo cada vez mais no Brasil, trazendo inovação, ousadia e uma grande variedade de sabores e aromas ao paladar dos brasileiros. Os cervejeiros artesanais são detalhistas e produzem cervejas tidas como muito superiores as fabricadas em grande escala. O produto final de uma microcervejaria artesanal é resultado da visão dos mestres cervejeiros, que definem seu perfil sensorial através de uma receita cuidadosamente elaborada controlando o processo do início ao fim, fazendo os ajustes necessários. Tal compromisso com o perfil sensorial diferencia as cervejas artesanais das comerciais (HUGHES, 2014).

As cervejas artesanais têm oferecido aos consumidores produtos com matérias-primas selecionadas e conseqüentemente com uma qualidade diferenciada. No entanto com o intuito de agregar um maior valor a esse produto, a utilização de frutas tropicais como adjunto cervejeiro pode fornecer um produto inovador e as frutas também são uma alternativa em fonte de açúcares para as leveduras realizarem a fermentação alcoólica, como também aprimorar as características sensoriais das cervejas.

As frutas têm apresentado importância crescente no país, tanto no mercado interno como no internacional. Mamões frescos, mangas e melões são as frutas que apresentaram em 2018 os melhores resultados em valor das exportações. Entre estas, os maiores destaques são de mangas frescas, U\$ 178,82 milhões, melões, U\$ 136,0 milhões, maçã, U\$ 52,49 milhões e papaia, U\$ 50,0 milhões (MAPA, 2019).

A adição de frutas na cerveja confere atributos sensoriais ao consumidor atraindo um público bastante requintado, que tem predileção por paladares mais suaves do que em outros estilos de cerveja. Ao adicionar frutas durante a fermentação em cervejas artesanais, a mesma irá inserir sabor agradável à bebida, em decorrência do açúcar residual pós-fermentação, garantindo também fonte de vitaminas e antioxidantes (MAIA, 2017; VIDAL, 2017).

Dentre a variedade dos adjuntos utilizados para fabricação da cerveja, pode-se citar a manga espada por apresentar excelente sabor e características nutricionais e funcionais. A manga possui uma polpa suculenta, saborosa, doce e fibrosa. Logo o presente estudo teve como objetivo produzir uma cerveja substituindo parte do malte por polpa de manga cv. Espada e realizar o acompanhamento cinético durante a fermentação.

5.2 Material e métodos

5.2.1 Obtenção e processamento da matéria prima

A polpa de manga cv. Espada utilizada nesse processamento foi obtida de frutos em estágio de maturação maduro, adquiridos do município de Pilõesinhos/PB e processados no Laboratório de Agroindústria da UFCG, Campina Grande, PB.

Os ingredientes utilizados na elaboração do mosto foram:

- Polpa de manga cv. Espada.
- Água mineral – adquirida no comercio local.
- Malte Pilsen e de trigo – cedidos pela cervejaria Dom Wagner.
- Lúpulo Hallertau Magnum T-90 – adquirido na loja kit cerveja
- Levedura Fermentis WB. 06 – adquirida na loja kit cerveja

} Natal-RN

5.2.2. Planejamento fatorial utilizado na produção da cerveja artesanal adicionada de polpa de manga cv. Espada

O planejamento fatorial teve por objetivo avaliar quantitativamente a influência das variáveis independentes (concentração de polpa (%) e sólidos solúveis (°Brix)) sobre as variáveis dependentes (pH, sólidos solúveis (°Brix), acidez titulavel, açúcares totais, açúcares redutores e teor alcoólico).

Na Tabela 2.1 consta os níveis reais e codificados das variáveis independentes para formulação do mosto cervejeiro adicionado de polpa de manga cv. Espada.

Tabela 2.1 - Valores codificados e reais das variáveis independentes do mosto cervejeiro adicionado de polpa de manga cv. Espada

Variável	Variável Nível -1	Variável Nível -0	Variável Nível +1
Sólidos Solúveis (°Brix)	11	13	15
Polpa (%)	10	20	30

Na Tabela 2.2 encontra-se a matriz do planejamento fatorial $2^2 + 3$ pontos centrais, que são 3 ensaios idênticos com a finalidade de verificar a reprodução dos ensaios.

Tabela 2.2 - Matriz de planejamento fatorial completo $2^2 + 3$ pontos centrais utilizado na produção da cerveja artesanal adicionada de polpa de manga cv. Espada

Experimentos	Variável 1 (Brix)	Variável 2 (polpa)
1	-1	-1
2	+1	-1
3	-1	+1
4	+1	+1
5	0	0
6	0	0
7	0	0

5.2.3 Processo de obtenção da cerveja artesanal adicionada de polpa de manga cv. Espada

Para a elaboração das cervejas utilizou-se o programa Software *BeerSmith 2* para padronização do estilo. As cervejas foram formuladas de acordo com o planejamento fatorial onde variou os teores de sólidos solúveis (°Brix) e concentrações de polpa (%), resultando em sete cervejas: **Cerveja 1** - 11 °Brix e 10% de polpa; **Cerveja 2** - 15 °Brix e 10% de polpa; **Cerveja 3** - 11°Brix e 30% de polpa; **Cerveja 4** - 15 °Brix e 30% de polpa; **Cerveja 5** - 13 °Brix e 20% de polpa; **Cerveja 6** - 13 °Brix e 20% de polpa; **Cerveja 7** - 13 °Brix e 20% de polpa.

O processamento da cerveja pode ser dividido em oito etapas, dentre elas a fermentação, que nesse estudo ocorreu durante 10 dias: período esse necessário para uma melhor reprodutibilidade dos resultados.

Durante esse período, realizou-se o acompanhamento cinético da fermentação do mosto cervejeiro adicionado de diferentes porcentagens de polpa de manga cv. Espada, com a finalidade de verificar a influência da polpa no mosto cervejeiro.

A Figura 2.1 apresenta as etapas do processamento da cerveja artesanal em escala laboratorial

Etapas do processamento da cerveja artesanal, adicionada de polpa de manga cv. Espada

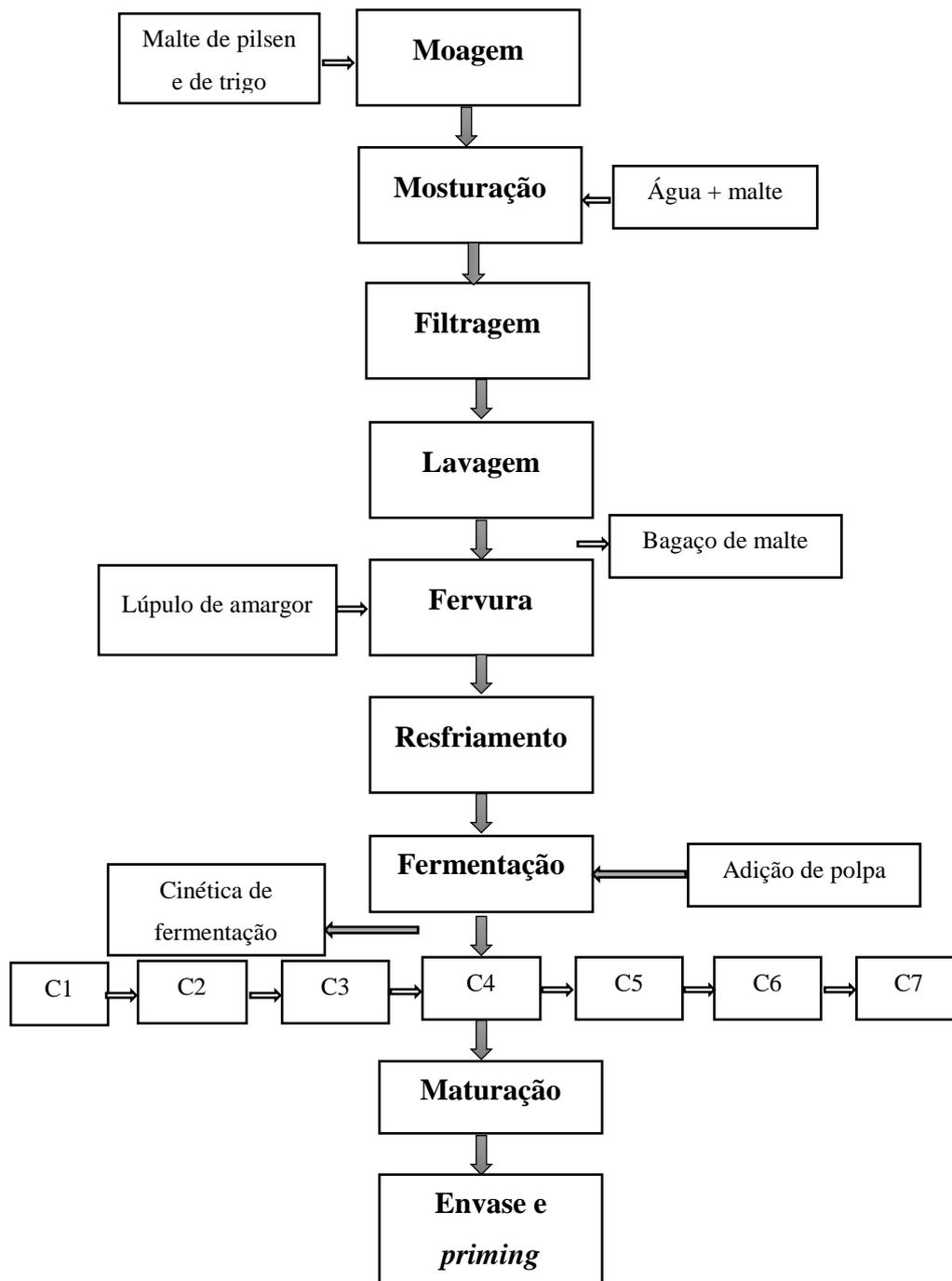


Figura 2.1 – Etapa da elaboração da cerveja artesanal adicionada de polpa de manga cv. Espada

Os maltes pilsen e de trigo foram triturados em moinho de dois rolos e adicionados na tina de mosturação com fundo falso contendo 15 litros de água a uma temperatura de 65 °C; foi aquecido por 60 minutos; passado esse tempo, elevou-se a temperatura para 76 °C por 10 minutos para facilitar a dissolução dos açúcares presentes nos maltes. No final desse processo foi realizado o teste do iodo, para confirmação da sacarificação do amido.

Aguardou-se que os sólidos decantassem na tina de fundo falso para que o mosto fosse filtrado. A filtração foi realizada para separar as cascas e demais resíduos sólidos do mosto. Ao término da filtração o bagaço do malte foi lavado com 10 L de água mineral a 75 °C visando a máxima extração do amido ainda presente no malte.

O mosto foi transferido para uma segunda tina e durante a fervura foi adicionado 11 g de lúpulo. O mosto permaneceu em fervura até atingir um teor de sólidos solúveis de 15 °Brix para realizar as formulações das cervejas. Foi inserido ao mosto um *chiller* de imersão sanitizado 5 min antes do término da fervura, para que não ocorresse contaminação: o mesmo continha duas bifurcações com mangueiras conectadas, sendo uma num tacho com água e gelo que passou pelo *chiller* promovendo o resfriamento do mosto, e a outra mangueira para descartar a água.

Após o resfriamento, o mosto foi dividido em sete baldes e adicionado as polpas nas respectivas concentrações 10, 20 e 30% e 11, 13 e 15 °Brix, como também a levedura cervejeira de alta fermentação da espécie *Saccharomyces cerevisiae* da marca WB – 06 Fermentis® previamente preparada conforme instruções do fabricante; em seguida os baldes foram hermeticamente tampados e colocadas mangueiras na tampa para o acompanhamento da fermentação e levados a uma BOD a 20 °C.

A fermentação foi realizada durante 10 dias em temperatura controlada de 20 °C, durante esse período foi realizado o acompanhamento cinético com coletas diárias, a primeira foi realizada no dia da produção, no segundo e terceiro dia as coletas foram realizadas de 12 em 12 horas, sendo as subsequentes a cada 24 horas. Durante as coletas foi realizado o acompanhamento dos sólidos solúveis (°Brix), pH, acidez titulável, açúcares totais, redutores e teor alcoólico

Terminada a fermentação, iniciou-se a maturação que foi realizada durante 5 dias na BOD com temperatura controlada de 5 °C. Durante a maturação ocorre o aperfeiçoamento das propriedades sensoriais da cerveja.

Após a maturação, as cervejas foram envasadas em garrafas de vidro âmbar de 300 mL e adicionado o *priming* nas garrafas. Esse processo consistiu em inserir uma solução de (4 g /L de açúcar comercial), com objetivo de produzir gás em ambiente fechado (garrafa).

5.2.4 Cinética de fermentação do mosto cervejeiro adicionado de polpa de manga cv.
Espada

Durante o acompanhamento cinético foram coletadas amostras (50 mL) para avaliar os seguintes parâmetros: pH, sólidos solúveis (°Brix), acidez titulável (% de ácido cítrico), açúcares totais (g/100 g), açúcares redutores (g/100 g) e teor alcoólico (v/v).

O teor alcoólico foi determinado pelo método espectrofotométrico do Dicromato de Potássio de acordo com a metodologia da ABNT (1997). O teste do dicromato de potássio consiste na oxidação do etanol na presença de ácido sulfúrico (meio fortemente ácido), produzindo uma mudança de coloração na solução para a cor verde, permitindo o monitoramento pelo método espectrofotométrico. Foi adaptado um destilador para extrair o álcool presente nas amostras coletadas durante a cinética de fermentação.

Coletou-se 10 mL das amostras de mosto em um balão adaptado (lâmpada de fogão) para trabalhar com pequenos volumes, os balões foram colocados no aparelho contendo óleo que ao ser aquecido condensava o álcool contido nas amostras, esse álcool foi coletado em um eppendorf 1 a 2 mL e anotou-se o volume final.

As amostras foram preparadas em banho de gelo, adicionando-se em um tubo de ensaio (0,2 a 1,5 mL): essas concentrações foram definidas a partir de testes preliminares, ao qual, variou conforme o tempo de fermentação. Todas as soluções foram realizadas em triplicata. Transferiu-se para tubos de ensaio uma alíquota da amostra e água conforme testes preliminares juntamente com 2,5 mL de ácido sulfúrico e repouso em banho de gelo por 5 min, acrescentou-se o dicromato de potássio (solução oxidante previamente preparada) seguida de agitação e repouso em temperatura ambiente.

O branco foi lido no espectrofotômetro e posteriormente realizou-se a leitura de cada solução no comprimento de onda de 600 nm, utilizando-se como referência o etanol para obtenção da curva padrão.

5.2.5. Parâmetros fermentativos do mosto cervejeiro adicionados de polpa de manga cv. Espada

Durante o acompanhamento cinético do mosto cervejeiro também foram analisados os percentuais de rendimento e produtividade da cerveja, estão descritos a seguir.

O percentual de rendimento (%) e a produtividade (g/L.h) para a produção da cerveja, foram calculados pelas equações 2.1 e 2.2.

O rendimento de produção de etanol foi calculado pela relação entre a concentração do produto pela diferença da concentração do substrato inicial. O resultado foi expresso em porcentagem.

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{P}{S_0 \times 0,511} \times 100 \quad (2.1)$$

Em que:

P - Concentração de etanol experimental;

S₀ - Quantidade de açúcares consumidos×0,511;

A produtividade foi quantificada pela divisão do valor em g.L⁻¹ de etanol, na cerveja, pelo tempo em horas de fermentação. O resultado foi expresso em (g / L.h).

$$\text{Produtividade (g/L .h)} = \frac{P}{t} \quad (2.2)$$

Em que:

P - Concentração de etanol experimental;

t - Tempo de fermentação (h);

5.3 Resultados e Discussão

5.3.1 Acompanhamento cinético do mosto cervejeiro adicionado de polpa de manga cv. Espada com diferentes concentrações

Nas Figuras 2.2 a 2.7 estão expostos os resultados das cinéticas de fermentação referentes aos parâmetros: pH, acidez titulavel, sólidos solúveis (°Brix), açúcares totais, açúcares redutores e teor alcoólico.

Na Figura 2.2, encontra-se o gráfico referente ao comportamento do pH durante a cinética de fermentação do mosto cervejeiro adicionado de polpa de manga cv. Espada.

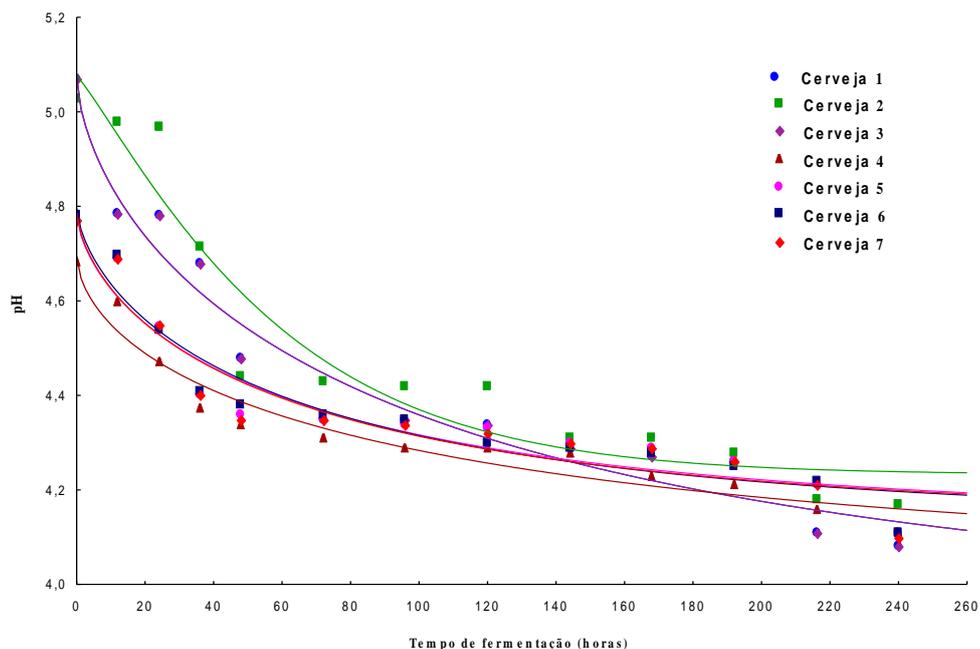


Figura 2.2 Comportamento do pH alcoólico durante a cinética de fermentação do mosto cervejeiro adicionado de polpa de manga cv. Espada

Conforme a Figura 2.2, o pH varia de acordo com a concentração da polpa, que é o adjunto do mosto cervejeiro do presente trabalho, resultando em valores entre 4,68 a 5,07. Nas primeiras 12 horas de fermentação, os valores do parâmetro analisado apresentaram uma pequena variação. Passado esse tempo, em todas as concentrações houve diminuição do pH, já que além de etanol e CO_2 a fermentação alcoólica produz outros subprodutos, entre eles ácidos orgânicos. Vale ressaltar o comportamento da cinética 2 e 7, que no tempo de 48 a 120 horas mantiveram o pH constante, que pode ser explicado pela forma como a levedura tenha se comportado nesse período, uma vez que as análises, nas 12 horas posteriores, apresentaram uma diminuição significativa e a tendência seria uma diminuição gradativa do pH. Após 120 horas iniciou-se a fase de desaceleração e o pH permaneceu praticamente constante. Em todas as cinéticas a diminuição do pH foi pequena, já que o pH inicial também foi baixo e boa parte dos ácidos produzidos na fermentação permaneceu na forma não ionizada.

Na Figura 2.3, encontra-se o gráfico referente a acidez durante a cinética de fermentação do mosto cervejeiro, adicionado de polpa de manga cv. Espada.

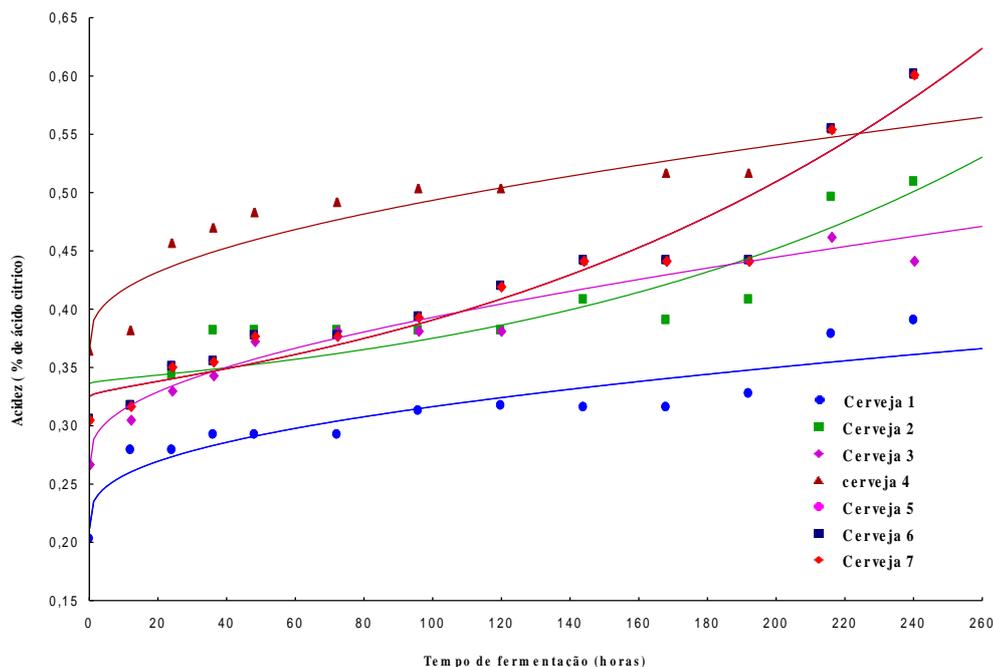


Figura 2.3 Comportamento da acidez durante a cinética de fermentação do mosto cervejeiro adicionado de polpa de manga cv. Espada

Tendo em vista que quanto maior o teor de ácidos orgânicos maior na acidez, o início da fermentação foi possível visualizar as diversas concentrações de polpa de manga que foram adicionadas ao mosto cervejeiro. Durante a fase de adaptação do microrganismo, nas primeiras 12 horas, a variação da acidez foi pequena, saindo deste padrão apenas a cinética 1, devido as leveduras estarem se adequando ao meio e a produção de subprodutos ser em menor concentração.

Existe uma pequena diferença entre os valores da acidez inicial, indo de 0,20 a 0,36% de ácido cítrico, na cinética 1 e 4 respectivamente. Durante a fermentação, observou-se um aumento da acidez já esperado, tendo em vista que os ácidos orgânicos são uns dos principais subprodutos da fermentação alcoólica. Pode-se verificar também, que alguns pontos apresentaram um valor menor que o obtido anteriormente: isso é justificado levando-se em consideração que as análises foram realizadas utilizando indicador de pH, e seu ponto de viragem por sua vez depende do analista que está realizando as análises e da luminosidade do local, sendo assim pequenas variações numa cinética deste tipo, pode ser considerada aceitável.

Ao final da fermentação, as cinéticas 4 e 6 apresentaram valores muito próximos entre si, e a diferença dos resultados finais ressalta que a mudança da concentração de polpa de manga deixa a bebida com uma variação maior de acidez, tornando-a assim, uma cerveja muito refrescante, ideal para um país tropical como o Brasil.

Na Figura 2.4 encontra-se o gráfico referente ao teor de sólidos solúveis, durante a cinética de fermentação do mosto cervejeiro adicionado de polpa de manga cv. Espada.

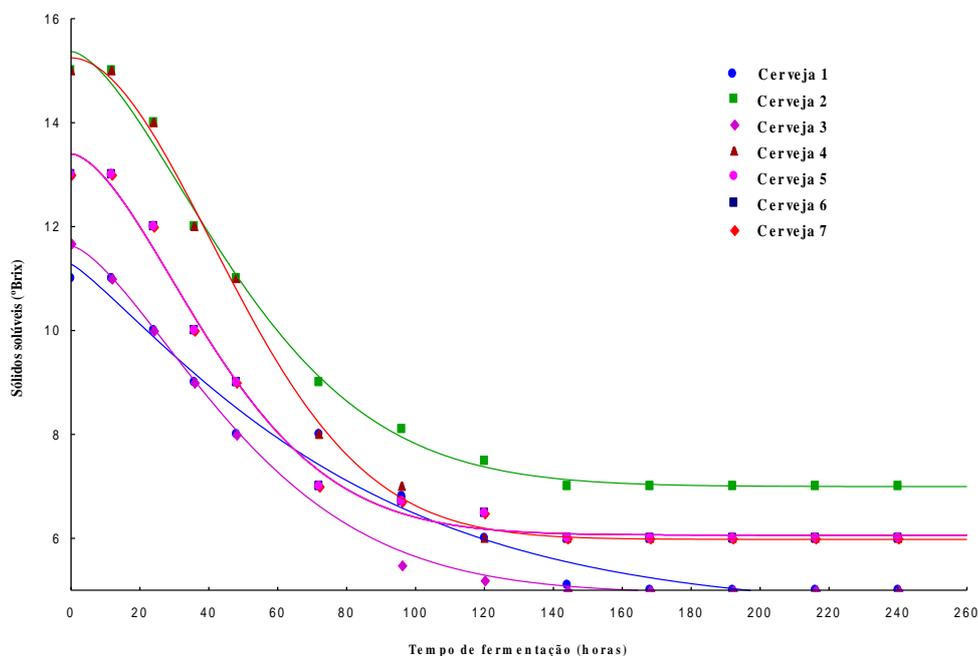


Figura 2.4 Comportamento dos teores de sólidos solúveis durante a cinética de fermentação do mosto cervejeiro adicionado de polpa de manga cv. Espada

Observa-se que as cinéticas 1 e 3, bem como 5, 6 e 7, e também 2 e 4 possuem sólidos solúveis (°Brix) muito próximos entre si no início da fermentação. Com o decorrer da fermentação os açúcares fermentáveis foram consumidos pelas leveduras e com isso o valor dos sólidos solúveis (°Brix) também diminuiu. Nas primeiras 12 horas houve uma pequena variação, pois nas primeiras horas de fermentação a levedura tende a adequar-se ao meio de cultivo utilizado conhecido como fase de adaptação do microrganismo. A partir daí, temos a fase exponencial onde a maior parte dos açúcares fermentáveis são consumidos, conforme pode ser observado em todas as diferentes formulações. Após 120 horas, iniciou-se a fase de desaceleração e o teor de sólidos solúveis (°Brix) teve uma pequena diminuição nas 48 horas seguintes. As cinéticas de fermentação 2 e 4 iniciaram com teor de sólidos solúveis 15 (°Brix) e terminaram com aproximadamente teor de sólidos solúveis 7 (°Brix), enquanto as cinéticas 5, 6 e 7 começaram com um teor de sólidos solúveis 13 (°Brix) e terminaram com teor de sólidos solúveis 6 (°Brix), enquanto a 1 e 3 começaram com teor de sólidos solúveis 11,5 (°Brix) e terminaram com um teor de sólidos solúveis 5 (°Brix). Esses resultados demonstram que apesar

da variação inicial, o valor final se manteve próximo, demonstrando que provavelmente todo açúcar fermentável foi consumido pelas leveduras resultando em etanol e CO_2 e deixando apenas uma quantidade de açúcar residual, bem como outros sólidos solúveis resultantes principalmente das fibras da manga.

Na Figura 2.5 encontra-se o gráfico referente ao comportamento dos açúcares totais durante a cinética de fermentação do mosto cervejeiro adicionado de polpa de manga cv. Espada.

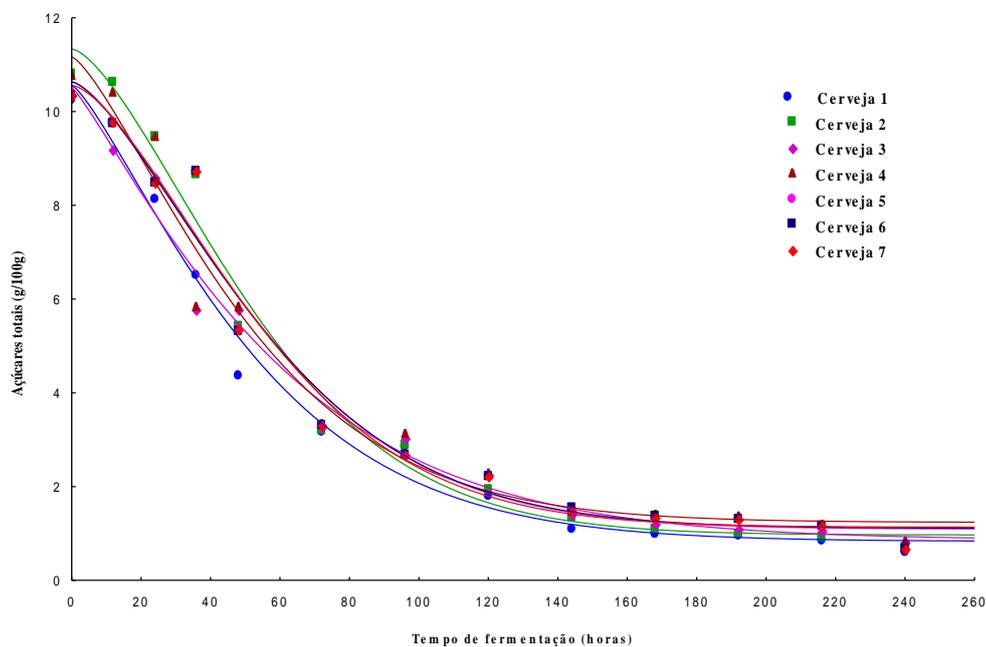


Figura 2.5 Comportamento dos açúcares totais durante a cinética de fermentação do mosto cervejeiro adicionado de polpa de manga cv. Espada

É possível observar o teor de açúcares totais, onde estes começam a fermentar com valores muito próximos 10, 36 e 10,77 g/100 g respectivamente. Os açúcares totais são a soma dos açúcares não redutores (oligossacarídeos e polissacarídeos) e açúcares redutores (monossacarídeos), onde estes são consumidos pelas leveduras cervejeiras produzindo etanol e CO_2 , assim como ácidos orgânicos e ésteres responsáveis por parte do aroma da cerveja.

Durante as primeiras 12 horas foi analisado que o consumo dos açúcares foi pequeno, devido a esta fase ser responsável pelo crescimento e adequação do inóculo ao meio de cultivo, neste caso, o mosto cervejeiro. A partir das 12 horas, observa-se um consumo rápido dos açúcares, e conforme observado na figura 2.7, de forma proporcional à produção do etanol.

Todas as cinéticas apresentaram valores próximos. Mesmo com concentrações de manga diferente, esse comportamento pode ser explicado pelo fato de as concentrações apresentarem uma proximidade entre si. Após as 144 horas, observou-se uma constância no gráfico sinalizando que o fim da fermentação estava próximo e a maior parte dos açúcares já haviam sido consumidos. Ao final da fermentação, a concentração de açúcar totais na cerveja estava muito baixa 0,67 g/100 g, mostrando que a cerveja é um produto com baixo teor de açúcar, logo, baixo teor calórico. A adição de polpa de manga cv. Espada no mosto contribuiu para uma fermentação lenta nas primeiras 12 horas, devido a adaptação da levedura ao meio.

Na Figura 2.6 encontra-se o gráfico referente ao comportamento dos açúcares redutores durante a cinética de fermentação do mosto cervejeiro adicionado de polpa de manga cv. Espada.

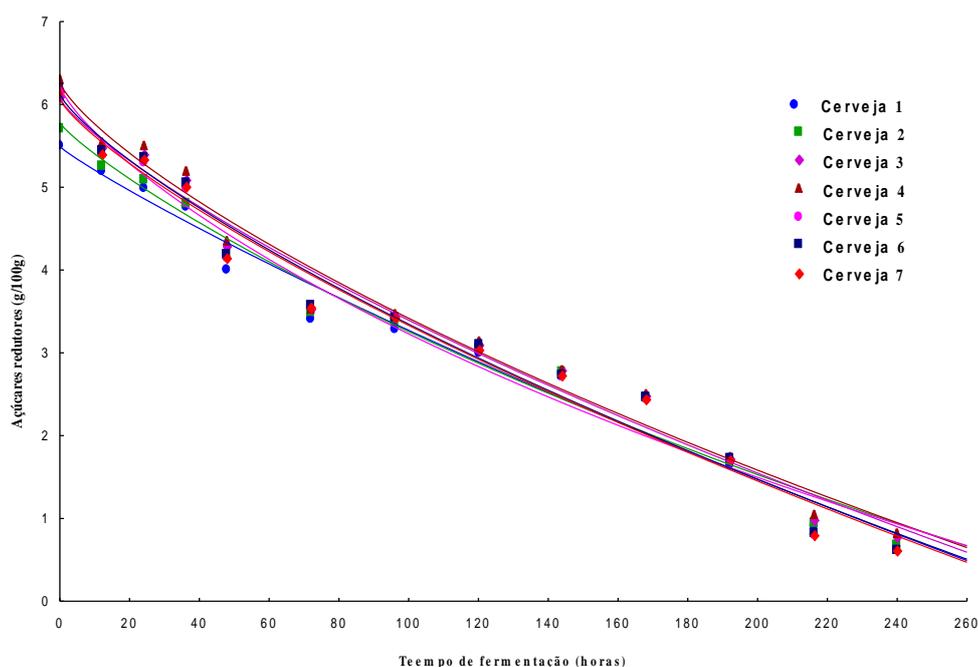


Figura 2.6 Comportamento dos açúcares redutores durante a cinética de fermentação do mosto cervejeiro adicionado de polpa de manga cv. Espada

Conforme descrito anteriormente, os açúcares redutores são os monossacarídeos, que por sua vez, possuem um grupo cetona ou aldeído em sua estrutura, deixando-a assim com um agente oxidante. No início da fermentação, observa-se valores bem próximos assim como analisado na cinética de açúcares totais; entretanto, como já esperado, este parâmetro possui concentração menor, variando de 5,5 e 6,15 g/100 g. Durante as primeiras 12 horas, o consumo

dos açúcares redutores foi pequeno, já que durante esta fase os microrganismos estão se adequando ao meio.

É possível observar que o consumo aconteceu de forma gradativa a produção de etanol, conforme descreve a Figura 2.5, assim como nos açúcares totais: observou-se as cinéticas com valores muito próximo, o que é esperado, tendo em vista que este parâmetro analisado está na matriz dos açúcares totais. Das 72 até às 168 horas foi observado valores muito próximos entre si, com uma variação de 1,1 g/100 g. Após 216 horas, deu início a fase estacionária da fermentação, e a maior parte dos açúcares já haviam sido consumidos e o etanol produzido. Ao final da fermentação, o valor obtido nas análises foi de 0,61 g/100 g, mostrando coerência, uma vez que, os teores de açúcares totais são maiores que os açúcares redutores.

Na Figura 2.7, encontra-se o gráfico referente ao comportamento do teor alcoólico, durante a cinética de fermentação do mosto cervejeiro adicionado de polpa de manga cv. Espada.

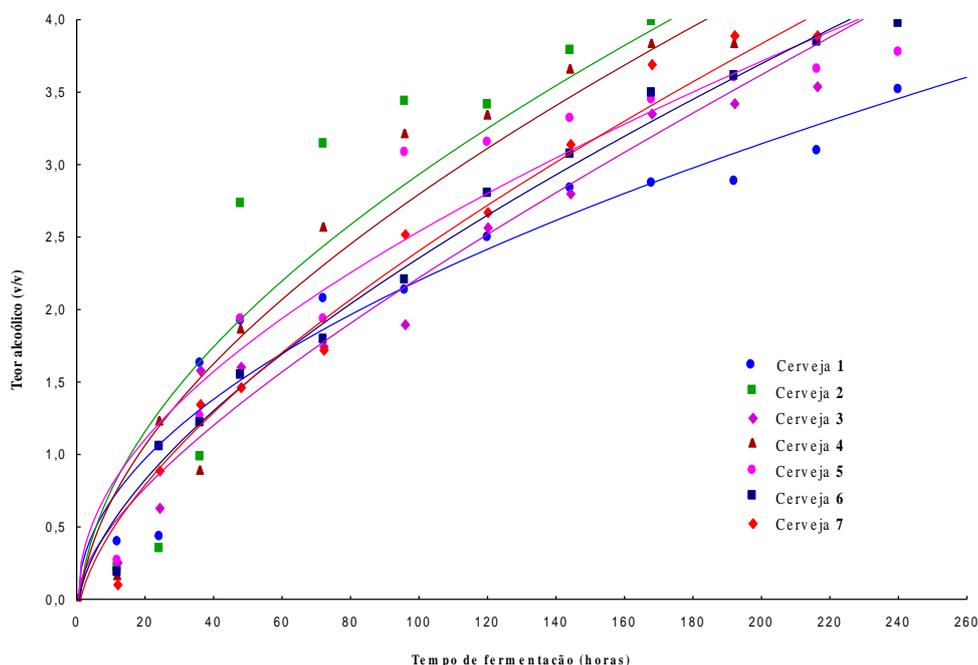


Figura 2.7 Comportamento do teor alcoólico durante a cinética de fermentação do mosto cervejeiro adicionado de polpa de manga cv. Espada

Na Figura 2.7 encontra-se o gráfico do teor alcoólico inicial é 0, já que a fermentação e a produção de etanol ainda não iniciaram, sendo este parâmetro diferente dos outros analisados: é um produto exclusivo da fermentação alcoólica. A fase de captação desse parâmetro é maior

do que as dos demais analisados; no entanto, nas primeiras 24 horas de fermentação ocorreu o crescimento da levedura cervejeira. Em seguida, entrou na fase exponencial e o teor alcoólico cresceu exponencialmente. A partir de 192 horas atingiu a fase estacionária: os valores mostraram-se com uma pequena variação. Ao final da fermentação, os valores mostraram variação de 3,5 a 4,5% v/v, que pode ser explicado devido as diferentes concentrações de manga utilizada, pois quanto maior o teor de açúcar disponível, maior o teor alcoólico da cerveja. Conforme ilustrado na Figura 2.6, todo o açúcar fermentável disponível foi consumido pelas leveduras e isso resultou num maior teor alcoólico.

Inácio (2017), analisando uma cerveja adicionada de melaço de algaroba, observou comportamento semelhante ao desse estudo, onde as cervejas apresentaram fermentação lenta, mas a estabilização fermentativa foi menor do que a apresentada nesse estudo. Manzolli (2016) produziu uma cerveja utilizando como adjunto de suco de laranja nas proporções: 10, 25, 45 e 0% de suco integral e suco FCOJ e observou que houve diferenças na produção de etanol entre as cervejas, onde as cervejas adicionadas de 10 e 45% de suco FCOJ levaram menos tempo para estabilizar a fermentação, enquanto as cervejas adicionadas de 10% de suco integral e de puro malte levaram 72 horas a mais para atingir a estabilidade fermentativa. Hendges (2014) produziu cerveja adicionada de quinoa 10, 20, 30 e 45%: o mesmo observou comportamento análogo a esse estudo, onde a produção alcoólica teve início a partir das 12 horas de fermentação, onde a cerveja com a maior porcentagem de quinoa se sobressaiu em relação às demais.

Nas Figuras 2.8 e 2.9 temos os percentuais de rendimento das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada, respectivamente.

Analisando as Figuras 2.8 e 2.9 pode-se constatar que as cervejas 3 e 4 contendo a maior concentração de polpa na sua composição foram as que apresentaram os maiores valores para rendimento e produtividade durante o período de fermentação. Souza (2015) obteve rendimento de 0,477 (g/g) e produtividade de 0,061(g/L.h) estudando uma cerveja artesanal utilizando o rizoma de *zingber zirunt* como adjunto.

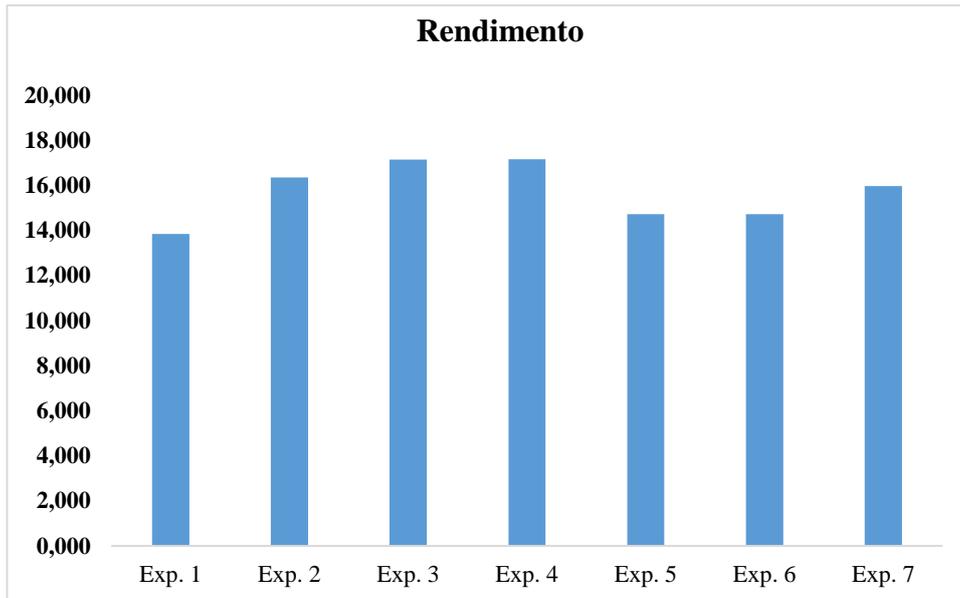


Figura 2.8 Percentual de rendimento das cervejas produzidas com diferentes percentuais de polpa e °Brix.

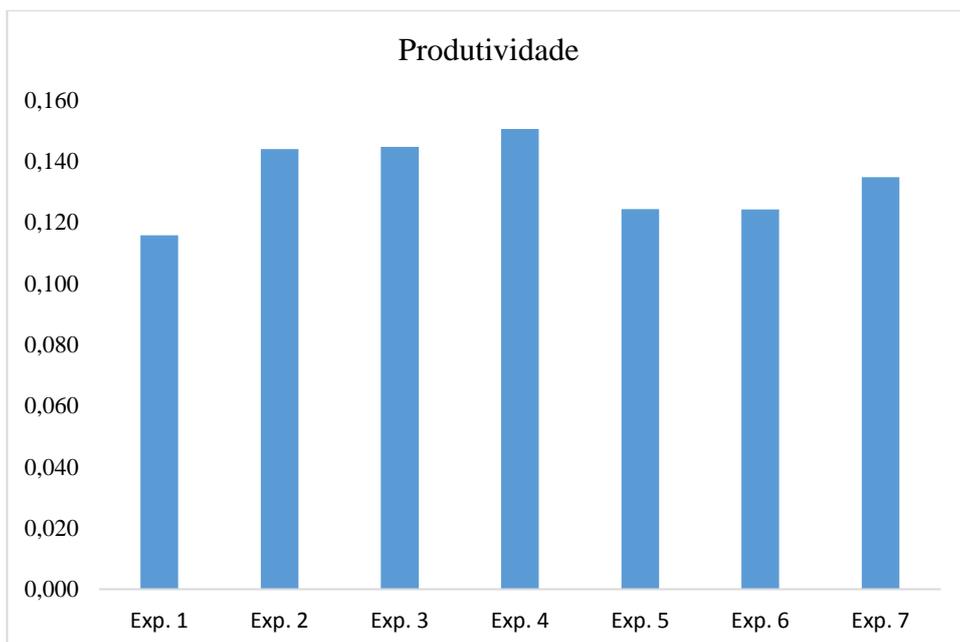


Figura 2.9 Produtividade das cervejas produzidas com diferentes percentuais de polpa e °Brix

Muniz *et al.* (2014) produziram cerveja adicionada de suco de cajá e obtiveram um rendimento de 0,50 (g/g) e produtividade de 0,90 (g/L.h) no período de 180 horas de fermentação. Santos (2016) ao analisar uma cerveja adicionada de erva-mate em diferentes etapas de produção (início de fervura, 5 minutos antes das fervuras e na maturação) nas

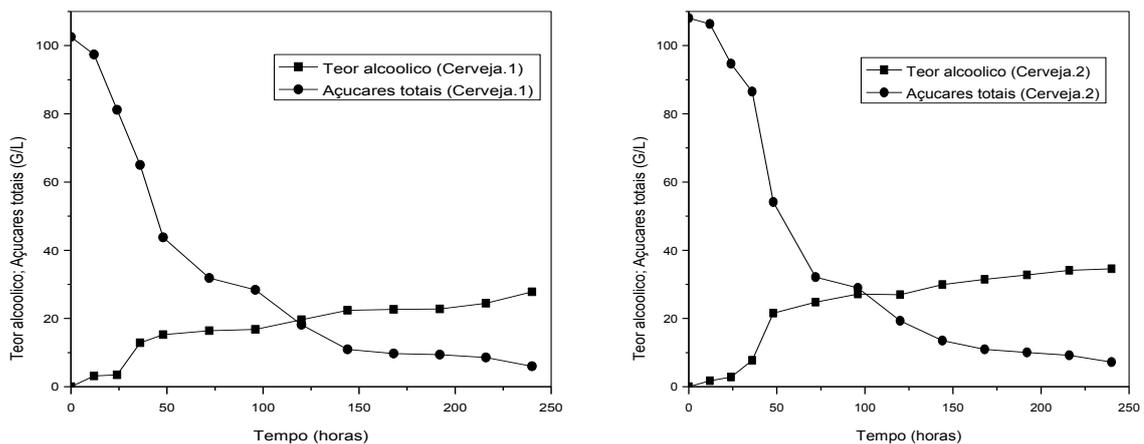
proporções 5, 10, 15 e 20% observou que as amostras que apresentaram melhor rendimento foram as amostras adicionadas das ervas no início da fermentação e na menor concentração.

Manzoli (2016) utilizou suco de laranja concentrado e pasteurizado em substituição como parte do mosto: o mesmo observou que o suco concentrado apresentou uma produtividade de 0,17 a 0,39 em relação ao suco pasteurizado que variou de 0,16 a 0,24 (g/L.h) sendo esse valor ligeiramente menor do que o suco concentrado.

Muniz *et al.* (2014) produziram uma cerveja *pilsen* utilizando como adjunto misto de suco de cajá e sacarose em substituição ao malte de cevada e observaram que a produtividade volumétrica em etanol apresentou variação durante todo o processo fermentativo, alcançando seu valor máximo de 1,07 (g/L.h) em 12 hs de fermentação com redução após esse ponto. O maior valor de rendimento em etanol foi alcançado na fase de fermentação secundária da cerveja em 50 horas após a inoculação da levedura.

Durante o processo de fermentação alcoólica, foi observado o comportamento cinético das concentrações de açúcares totais (substrato) e produto (etanol) em função do tempo de fermentação.

Nas Figuras 2.10, 2.11 e 2.12 estão dispostos os gráficos referentes à formação de etanol e consumo de açúcar da fermentação da cerveja adicionada de polpa de manga cv. Espada



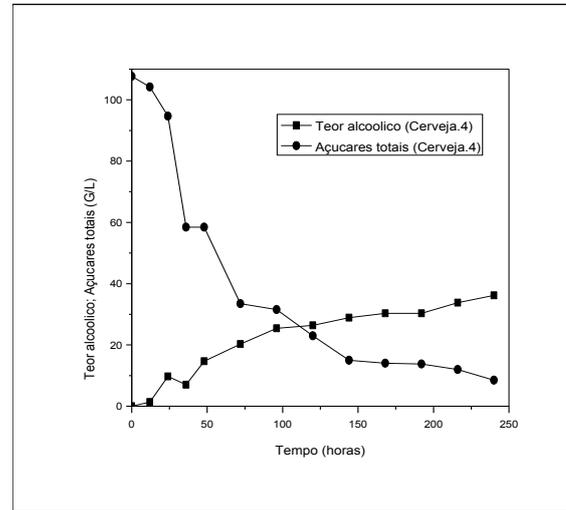
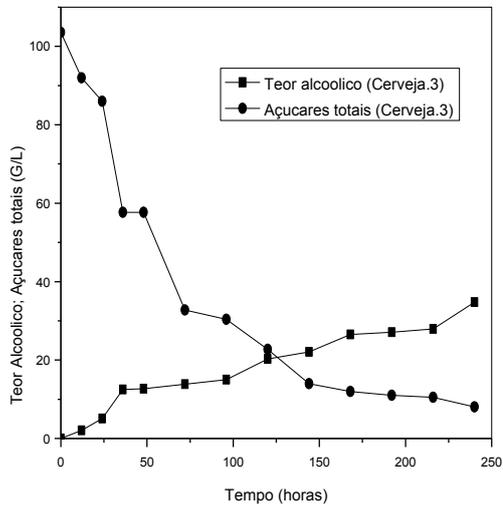
A

B

Figura 2.10 Perfil de formação de etanol e consumo de açúcar nas cervejas produzidas com 10% de polpa e A=11 e B=15 °Brix

Na Figura 2.10 pode-se observar que houve redução lenta na concentração de açúcares totais nas primeiras 24 horas para a cerveja 1, e para a cerveja 2 foi de 36 horas, tornando-se

mais rápida ao longo do tempo de fermentação em decorrência do consumo do substrato pela levedura. No período de 160 horas ocorreu a estabilização do substrato e do teor alcoólico.



D

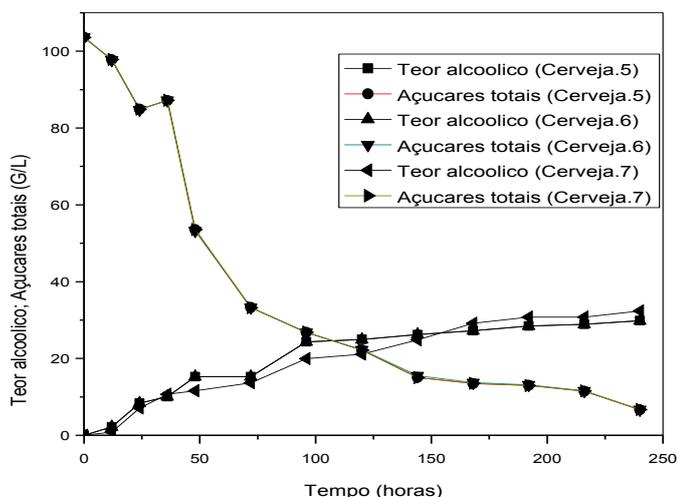
C

Figura 2.11 Perfil de formação de etanol e consumo de açúcar nas cervejas produzidas com 30% de polpa e C=11 e D=15 °Brix

Na Figura 2.11 percebe-se que durante as primeiras 24 horas houve um lento consumo do substrato. No entanto, durante as 36 horas de fermentação esse consumo aumentou, ficou estável no decorrer da fermentação, no período de fermentação de 240 horas.

A Figura 2.12 apresentou comportamento semelhante das figuras 2.10 e 2.11, sendo que nessas figuras estão representados os três experimentos do ponto central das cervejas elaboradas.

Na Figura 2.12 podemos observar que as três cervejas apresentaram o mesmo comportamento com relação ao consumo de substrato e produção de álcool. Constatando que houve uma boa reprodutibilidade do comportamento cinético do substrato e do produto dos três pontos centrais da cinética de fermentação das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada.



E

Figura 2.12 – Perfil de formação de etanol e consumo de açúcar nas cervejas produzidas com 20% de polpa e 13 °Brix

Ao observarmos os gráficos apresentados nesse estudo, podemos constatar que ocorreu diferença entre os experimentos. Nos experimentos 1 A e 2 B que a estabilização da fermentação aconteceu no período de 168 horas com uma produção de álcool de 3,00 g/L. Para os experimentos 3 C e D, o tempo que as leveduras consumiram o açúcar foi menor de 192 horas, com uma produção de álcool um pouco maior entorno de 4,00 g/L. Na figura E estão representados os experimentos 5, 6 e 7 que correspondem aos pontos centrais onde identificamos que o comportamento foi semelhante aos experimentos 1 e 2. Percebe-se que o adjunto favoreceu o aumento da produção de etanol

Comportamento parecido foi observado por Hendges (2014), que elaborou cerveja utilizando quinoa malteada como adjunto nas proporções 10, 20, 30, 45%: o mesmo observou que a cerveja com a maior porcentagem de quinoa demorou mais tempo para estabilizar a fermentação, sendo esse comportamento semelhante ao observado nesse estudo.

Muniz *et al.* (2014) produziram uma cerveja *pilsen* utilizando como adjunto misto de suco de cajá e sacarose em substituição a 15% do malte de cevada e realizaram o acompanhamento cinético durante as fases de fermentação e maturação, identificaram o ponto final da fermentação primária, após 34 horas, constatou-se a produção de 27,54 g/L de etanol, o equivalente a 3,39 % v/v, com o consumo de 54,22 g/L de extrato aparente. Verifica-se que as leveduras continuam seu metabolismo de produção de etanol durante a fermentação secundária, mesmo em temperatura reduzida de 0 °C. Ao final de 180 horas de processo, a

cerveja apresentou 43,47 g/L de etanol, 5,51% v/v, com consumo de 97,01 g/L de extrato aparente, representando grau de fermentação ou fermentabilidade de 73,49%.

Ao elaborar uma cerveja do tipo *ale*, utilizando melão caroá como adjunto nas proporções 10, 30 e 50%, Araújo (2016) observou que a maior concentração de etanol foi obtida no mosto com 50% de adjunto, seguido pela produção de 5,5% no mosto com 30% de adjunto. Sendo assim constatou-se que o aumento da produção de etanol nos mostos com adjunto pode ter sido decorrente da concentração de minerais importantes para o processo fermentativo, assim como devido ao perfil de açúcares da polpa de melão de caroá.

5.4 Conclusões

Durante o período fermentativo, observou-se que ocorreu redução nos valores de sólidos solúveis (°Brix), pH e aumento dos valores de acidez. Constatou-se também que o teor de sólidos solúveis apresentou os maiores valores de R^2 para as setes cervejas elaboradas.

Os parâmetros pH e sólidos solúveis (°Brix) atingiram a estabilidade fermentativa em um menor período de tempo com relação aos açúcares totais e redutores, comprovando que a polpa de manga demonstrou ser uma boa fonte de açúcares fermentescíveis para produção do teor alcoólico nas cervejas.

Os experimentos com a maior concentração de polpa foram os que apresentaram os maiores teores alcoólicos, confirmando que a polpa de manga é uma excelente alternativa para ser utilizada na produção de cerveja

Os maiores percentuais de rendimento e produtividade no mosto foram observados nos experimentos com as maiores concentrações de polpa.

Referências

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Análise sensorial de alimentos e bebidas** - NBR 12806. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 8 p.

ARAÚJO, G. S. **Elaboração de uma cerveja ale utilizando melão de caroá [*sicana odorifera* (vell.) *naudim*] como adjunto do malte**. 2016. 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Projeções do Agronegócio**: Brasil 2018/19 a 2028/29 projeções de longo prazo. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica/todas-publicacoes-de-politica-gricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2019-2019-2028-2019>>. Acesso em: 04 nov. 2019.

HENDGES, D. H. **Produção de cervejas com teor reduzido de etanol, contendo quinoa malteada como adjunto**. 2014. 93p. Tese (Doutorado em Biotecnologia Industrial na Área de Microbiologia Aplicada) – Universidade de São Paulo. Lorena, 2014.

HUGHES, G. Cerveja feita em casa: **Tudo sobre os ingredientes, os equipamentos e as técnicas para produzir a bebida em vários estilos**. 1º edição. Tradução Rosam Albert. São Paulo: Publiofolha, 2014.

INACIO, R. O. **Desenvolvimento e avaliação sensorial de cerveja artesanal tipo *belgian pale ale* adicionada de xarope de algaroba**. 2017. 53p. TCC (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba. Joao Pessoa, 2017.

MAIA, T S; BELO, R. F. C. Análises físico-químicas de cerveja artesanal elaborada com graviola e análise sensorial de cervejas com adição de frutas e frutadas comercializadas. **Revista Brasileira de Ciências da Vida**, v. 5, n. 5, p. 1-24, 2017.

MANZOLLI, E. S. **Produção de cerveja utilizando laranja como adjunto de malte**. 2016. 95f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Aplicada) - Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo. 2016.

MUNIZ, L. D.; MELO, V. F. de.; BISPO.; BIANCHI, V. L. D.; CARVALHO., G. B. M. de. **Suco de cajá (*spondias mombin l.*) como adjunto na produção de cerveja: análises físico-químicas, sensorial e estudo cinético**. In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2014, **Anais...** Florianópolis: COBEQ, 2014.

SANTOS, C. O dos. **Elaboração de cerveja com adição de erva-mate (*Ilex paraguariensis*): qualidade físico-química e sensorial**. 2006. 129f. Dissertação (Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2016.

SOUZA, P. G de. **Estudoo do potencial biotecnologico da utilização do rizoma de *Zingiber zerumbet i. smith* como adjunto na produção de cerveja artesanal**. 2015. 71f. Tese (Doutorado em Biotecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2015.

VIDAL, D. F. C. **Desenvolvimento de três cervejas: cerveja pelo método champanhês, cerveja de fruta e cerveja Gose**. 2017. 65f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Aveiro, Portugal, 2017.

6. CAPÍTULO 3

DESENVOLVIMENTO DE CERVEJA UTILIZANDO COMO ADJUNTO POLPA DE MANGA CV. ESPADA: QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA

DESENVOLVIMENTO DE CERVEJA UTILIZANDO COMO ADJUNTO POLPA DE MANGA CV. ESPADA: QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA

Resumo

Este estudo teve a finalidade de obter uma cerveja de trigo tipo *Weiss* adicionada de polpa de manga cv. Espada em diferentes concentrações, avaliar as características físico-químicas e colorimétricas. Foi utilizado o planejamento fatorial $2^2 + 3$ resultando em 7 experimentos com 3 pontos centrais, onde variou (concentração de polpa (%) e teor de sólidos solúveis (°Brix). As cervejas foram caracterizadas quanto: pH, sólidos solúveis (°Brix), acidez titulável, ácido ascórbico; carotenoides, cor, densidade, turbidez, extrato real, extrato original/primitivo. As análises físico-químicas foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e a comparação entre as médias de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa computacional SISVAR. Os dados de açúcares totais, açúcares redutores, teor alcoólico e perfil de açúcares foram analisados através da Metodologia de Superfície de Resposta (MSR). A manga cv. Espada é considerada uma boa fonte de vitamina C. No entanto, as cervejas produzidas nesse estudo apresentaram uma baixa concentração dessa variável: tal comportamento pode ter ocorrido pela a diluição da polpa no mosto. Infere-se que a maior concentração de polpa influenciou de forma positiva no parâmetro sólidos solúveis, mas apresentou valores elevados para extrato real, extrato primitivo e turbidez. Os valores quantificados para as tonalidades de a^* , b^* e ângulo de tonalidade confirmaram que as cervejas apresentaram coloração amarelo laranja. As variáveis açúcares totais e redutores foram influenciados pela concentração de polpa. No entanto, o teor alcoólico foi influenciado pelas duas variáveis concentração de polpa e sólidos solúveis (°Brix). Com relação aos açúcares (carboidratos) maltose, glicose e frutose foi verificado que os valores estudados as variáveis concentração de polpa (%) e teor de sólidos solúveis (°Brix) não apresentaram influência com relação a superfície de resposta. A cerveja controle apresentou pH menos ácido quando comparada as cervejas produzidas nesse estudo. Contudo, as cervejas produzidas estão dentro dos padrões estabelecidos pela legislação indicando um produto de boa qualidade. Os resultados demonstraram que a substituição de parte do malte por polpa de manga cv. Espada é uma alternativa viável, pois as cervejas apresentaram qualidade físico-químicas satisfatória, demonstrando ser uma boa alternativa para o mercado consumidor.

Palavras-chave: cervejas artesanais, controle de qualidade, composição centesimal

6.1 Introdução

De acordo com a CervBrasil (2016), o Brasil é o terceiro produtor mundial de cervejas e o consumo *per capita* está em 27º lugar. A cerveja possui um papel importante para a economia promovendo o desenvolvimento e movimentando a cadeia do turismo. Uma pesquisa realizada por Deliberalli (2015), onde analisou o efeito da comunicação de marketing de uma cervejaria comercial, declarou que a cerveja é uma bebida facilmente acessível e está presente em 99% dos lares brasileiros. Por ser uma bebida que apresenta diversas variedades de características sensoriais, valor nutritivo e inúmeros benefícios a saúde, é visto como um alimento de grande aceitação popular (BAMFORTH, 2009).

Em busca de uma bebida de sabor marcante e especial, os apreciadores de cerveja passaram a buscar por novos sabores, novos ingredientes, e com isso o mercado de cervejas artesanais apresentou um crescimento assustador nos últimos anos. Essa busca pode ser vista como hobby de fanáticos pela bebida, a curiosidade pela produção e por acreditar no potencial do negócio. A “gourmetização” dos produtos tem ganhado o apreço do consumidor, onde ele busca um sabor diferenciado, que o leva a saber diferenciar não apenas uma cerveja em particular, mas a diferença de todas as etapas de produção.

As indústrias cervejeiras, bem como os pequenos produtores, para suprir as exigências dos consumidores, teve que se atualizar, inovar e diversificar na oferta da bebida: insumos e novos sabores foram utilizados como adjunto no processamento da bebida, a exemplo da adição de frutas, trazendo para a cerveja um frescor, sabor e aroma diferenciado. Com essa expansão no nicho da bebida, dados da AMBEV de 2019, confirmam que hoje contamos com 32 cervejarias e 2 maltarias no país, um total de 30 marcas produzidas.

As cervejas artesanais são classificadas pelos apreciadores como um produto de qualidade superior e maior valor agregado quando comparado às cervejas tradicionais de fabricação em grande escala: isso se dá devido o processo de fabricação ser controlado e por ter o acompanhamento direto dos produtores.

O Nordeste é um dos grandes produtores de frutas tropicais no Brasil, tendo um grande destaque para a manga, fruta de grande valor nutricional e muito apreciada pelos brasileiros. O Vale do São Francisco é o maior produtor de manga no País. A manga da variedade cv. Espada tem sabor adocicado e sua polpa apresenta grandes potenciais para o processamento, tendo em vista a grande produção, o preço acessível, sabor agradável e por ser uma fruta com boas qualidades nutricionais.

Mediante estas considerações, este estudo teve a finalidade de obter uma cerveja de trigo adicionada de polpa de manga cv. Espada em diferentes concentrações, e avaliar as características físico-químicas, e colorimétricas.

6.2 Material e Métodos

6.2.1. Obtenção e processamento da matéria-prima

As cervejas foram produzidas no laboratório da agroindústria da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus Campina Grande, PB.

As análises dos parâmetros físico-químicos da cerveja foram realizadas no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, PB.

Foram elaboradas 7 cervejas de trigo Weiss, com diferentes teores de sólidos solúveis (°Brix), concentrações de polpa (%) e uma cerveja controle que foi adquirida no comércio local. **Cerveja 1** - 11 °Brix e 10% de polpa; **Cerveja 2** - 15 °Brix e 10% de polpa; **Cerveja 3** - 11°Brix e 30% de polpa; **Cerveja 4** - 15 °Brix e 30% de polpa; **Cerveja 5** – 13 °Brix e 20% de polpa; **Cerveja 6** – 13 °Brix e 20% de polpa; **Cerveja 7** - 13 °Brix e 20% de polpa.

6.2.2 Análises físico-químicas das cervejas artesanais adicionadas de polpa de manga cv. Espada

Todas as determinações abaixo descritas foram realizadas em amostras descarbonatadas em temperatura ambiente. As cervejas foram caracterizadas quanto aos parâmetros:

pH e sólidos solúveis – Leitura direta; (IAL, 2008).

Acidez titulável (AT) e ácido ascórbico – Titulometria; (IAL, 2008).

Carotenoides – Espectrofotometria; (LICHTENTHALER, 1987).

Açúcares totais - Espectrofotometria; (YEMM E WILLIS, 1954).

Açúcares redutores - Espectrofotometria; (MILLER, 1959).

Parâmetros colorimétricos – Leitura direta no sistema CieLab.

Densidade- Leitura direta em densímetro portátil modelo (DMA™ 35 Basic), onde o resultado foi expresso em (g/c³).

Turbidez -Leitura direta em turbidímetro digital modelo (DL-WV) e o resultado expresso em unidades NTU.

Extrato real - As análises de extrato seco foram realizadas por gravimetria seguindo a metodologia do Instituto Adolf Lutz (2005) onde 10 mL da amostra foi colocada em cápsula de alumínio, previamente seca em estufa e pesada. A capsula com amostra foi levada para uma estufa a 105 °C por 2 horas. O extrato real foi calculado através da Equação (3.1).

$$\text{Extrato real} = \frac{(\text{peso da placa} + \text{amostra após estufa} - \text{peso da placa vazia})}{\text{volume de amostra utilizada}} \times 100 = (\%) \quad (3.1)$$

Extrato original / primitivo - Foi obtido por meio de cálculo envolvendo os valores de teor alcoólico e extrato real (A.O.A.C, 2006). Os dados foram aplicados na Equação 3.2 para obtenção do resultado.

$$\text{Extrato primitivo} = \frac{[(P \times 2,068) + E_r] \times 100}{[100 + (P \times 1,066)]} = (\%) \quad (3.2)$$

Onde:

P = % de álcool em peso;

Er = % de extrato real

Teor alcoólico (v/v) e perfil de açúcares - Determinado por cromatográfica líquida de alta performance, HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*).

Os resultados dos parâmetros físico-químicos (açúcares totais, redutores, teor alcoólico e perfil de carboidratos) das cervejas artesanais adicionadas de manga cv. Espada foram avaliados por superfície de resposta e suas respectivas curvas de contorno, análise de variância (ANOVA), teste de médias ao nível de 5% de significância.

Foi feito um delineamento inteiramente casualizado disposto em esquema fatorial 2x2, sendo todo experimento realizado em triplicata. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a comparação entre as médias de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2011).

6.3 Resultados e Discussão

Na Tabela 3.1 tem-se os valores encontrados para os parâmetros de pH, sólidos solúveis (°Brix), acidez titulável, vitamina C e carotenoides de amostras das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada.

Tabela 3.1 Valores médios das análises físico-químicas das amostras de cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada

Tratamentos	pH	Sólidos solúveis (°Brix)	Acidez (% de ácido cítrico)	Vit. C (mg /100 g)	Carotenoides (mg /100 g)
Controle	4,03 e	5,2 a	0,17 a	1,35 bc	-----
C1	3,78 a	5,8 b	0,21 b	1,11 a	0,013 a
C2	3,95 d	5,9 b	0,27 c	1,21 ab	0,015 b
C3	3,87 b	6,8 d	0,31 d	1,22 ab	0,018 c
C4	3,91 c	6,9 d	0,39 e	1,22 ab	0,020 d
C5	3,90 c	6,5 d	0,30 d	1,52 c	0,027 e
C6	3,90 c	6,4 d	0,29 d	1,47 ac	0,027 e
C7	3,90 c	6,5 d	0,29 d	1,42 bc	0,027 e
Média Geral	3,90	6,25	0,28	1,31	0,021

C1 - cerveja 1 (°Brix (11) e 10% (polpa)); **C2** - cerveja 2 (°Brix (15) e 10% (polpa)); **C3** - cerveja 3 (°Brix (11) e 30% (polpa)); **C4** - cerveja 4 (°Brix (15) e 30% (polpa)); **C5** - cerveja 5 (°Brix (13) e 20% (polpa)); **C6** - cerveja 6 (°Brix (13) e 20% (polpa)); **C7** - cerveja 7 (°Brix (13) e 20% (polpa)).

*Médias com letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de confiabilidade

A cerveja comercial apresentou maior pH com relação as cervejas produzidas nesse estudo. No entanto, as cervejas (4, 5, 6 e 7) não diferirão estatisticamente ($p > 0,05$) entre si; ocorreu variação do pH com à adição da polpa de manga favorecendo o decaimento do pH no produto final. Pinto *et al.* (2015) produziram cerveja com adição de polpa de abacaxi e acerola: os mesmos verificaram que quanto maior a adição das polpas, menor o pH.

Oliveira *et al.* (2015) elaboraram cervejas com diferentes teores de mel sendo uma dessas padrão (sem adição de mel). Os autores observaram que ao aumentar a quantidade de mel na fabricação de cerveja, o pH decresce. Há uma tendência de queda no pH para cervejas produzidas com adjunto quando comparadas às cervejas puro malte (VENTURINI FILHO, 2010).

Kempka *et al.* (2017), em sua pesquisa, analisaram quatro cervejas produzidas com mel, uma sem mel (padrão) e as demais com diferentes tipos de méis como adjunto de malte. Os autores observaram que os valores de pH das cervejas não apresentaram diferença estatística entre si ($p > 0,05$). Freire (2018) reportaram valores de 4,23 para cerveja produzida com atemóia e 4,51 para cerveja produzida com sapoti, valores esses superiores aos encontrados nesse estudo por se tratar de estilos de cervejas diferentes.

Fernandes (2017) ao produzirem cervejas com diferentes concentrações de polpa de acerola, o mesmo observou que não houve diferença significativa no pH com as diferentes concentrações de polpa na cerveja. No estudo de Brunelli (2014), as cervejas tiveram valores de pH diminuídos com a adição de maior quantidade de mel. Os valores de pH encontrados nesse estudo foram inferiores a 4,5, valor limite para evitar contaminações por bolores e leveduras e por bactérias que são as que, geralmente, oferecem maior risco de contaminação.

No tocante ao teor de sólido solúvel pode-se observar que as cervejas (3, 4, 5, 6, 7) não diferiram estatisticamente entre si, mas diferiram estatisticamente das demais amostras. Observa-se que a porcentagem de polpa adicionada na cerveja refletiu diretamente na concentração de sólidos solúveis. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato da adição de polpa de frutas em cervejas artesanais fornecer ao meio uma maior concentração de açúcares fermentescíveis, que atuam como complementação no processo fermentativo, ou seja, no processo *priming* no qual a cerveja artesanal é carbonatada na própria garrafa (VENTURINI FILHO, 2010).

Vogel (2017), ao comparar o teor de sólidos solúveis de cervejas adicionadas de berries com uma cerveja controle, identificou que o teor de sólidos solúveis foi maior na cerveja comercial. Resultado semelhante também foi verificado por Sorbo (2017) em cerveja artesanal elaborada com diferentes porcentagens de polpa de maracujá, sendo esses resultados contrários aos encontrados nesse estudo.

Comportamento semelhante foi observado por Oliveira *et al.* (2015): a formulação que não foi adicionada o mel obteve a maior quantidade de sólidos solúveis, diferenciando-se das amostras com substituição de malte por mel que ficaram semelhantes entre si. Freira (2018), ao produzir cervejas com adição de polpa de atemóia e sapoti, encontrou valores de sólidos solúveis semelhantes aos identificados nesse estudo, 6,00 e 6,06 °Brix, respectivamente.

Trindade (2016), ao substituir parte do malte por polpa de amora, observou que ao aumentar a porcentagem de polpa ocorria a diminuição no teor de sólidos solúveis, pois a amora possui na sua composição, minerais e nitrogênio, que podem ter sido transferidos para o mosto

e contribuído para a multiplicação das leveduras, que por sua vez, consumiram maior quantidade de açúcares (YAMADA *et al.*; 2003).

A acidez total refere-se aos ácidos orgânicos totais tituláveis na cerveja. Ao observar os valores de acidez titulável, é possível verificar que houve diferença significativa entre a cerveja controle e as cervejas adicionadas de polpa de manga. Nota-se que os valores de acidez aumentaram com a maior da concentração de adjunto.

Comportamento semelhante também foi observado por Sorbo (2017) ao analisarem cerveja utilizando maracujá como adjunto do malte. Pinto *et al.* (2015), ao desenvolverem cerveja artesanal com um mix de polpas contendo acerola e abacaxi, verificaram que a acidez titulável diferiu quando adicionadas diferentes proporções da mistura. Trindade (2016) adicionou diferentes concentrações de polpa de amora na cerveja artesanal: o mesmo observou valores para acidez variando entre 10 a 48% ácido cítrico, sendo esses valores maiores aos encontrados nesse estudo. No entanto verificou-se o mesmo comportamento, ou seja, os valores aumentaram com o acréscimo do adjunto.

Oliveira *et al.* (2015) elaboraram quatro formulações de cerveja artesanal, sendo uma controle e três formulações diferentes de mel. Os autores notaram que as cervejas não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos. Kempka *et al.* (2017) ao analisar cervejas elaboradas com mel em diferentes proporções, observaram que a acidez titulável foi influenciada pela adição de mel, quanto maior a proporção de mel maior foi a acidez.

Freire (2018), ao produzir uma cerveja pilsen adicionada com polpa de atemoia e sapoti, observou teor de acidez semelhante aos encontrados nesse estudo. Fernandes (2017) em seu estudo com cerveja adicionada de acerola constatou que quanto maior a porcentagem de polpa maior foi o valor da acidez. Brunelli *et al.* (2014) ao estudar cerveja adicionada de mel, observaram que os valores de acidez variaram de 0,29 a 0,22 com o aumento da porcentagem de mel.

De acordo com Venturini Filho (2000), a maioria dos ácidos contidos na cerveja estão presentes no mosto, porém em proporções distintas, e suas concentrações variam em função da matéria-prima, da variedade do malte e das condições de maltagem.

O teor de ácido ascórbico nas cervejas variou de 1,11 a 1,52 (mg /100 g) conforme a adição da polpa, onde observou-se que tais valores foram inferiores aos encontrados na polpa que foi 27,72 (mg /100 g), esse comportamento pode ter ocorrido pela a diluição da polpa no mosto. No que se refere aos carotenoides é possível observar um teor de carotenoide variando de 0,013 a 0,027 mg/100g, sendo uma redução significativa ao comparar com a polpa integral

2,80 mg /100g e todas amostras diferiram estatisticamente ($p > 0,05$) entre si. Esse comportamento pode ter ocorrido pelo fato que a cerveja é majoritariamente composta por água, portanto diluiu a polpa e a redução do pH contribuiu para a perda de substâncias corantes no produto final (VENTURINI FILHO, 2000). Na literatura não foram encontrados dados para comparação sobre os dois parâmetros aqui analisados nas cervejas.

Os resultados das análises colorimétricas das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada estão apresentados na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 Valores médios das análises colorimétricas das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada

Tratamentos	Luminosidade (L*)	Intensidade (+a*)	Intensidade (+b*)	Croma (C*)	Tonalidade (H*)
Controle	13,13 a	11,96 d	17,10 a	20,87 b	55,01 a
C1	31,77 c	4,10 a	19,89 b	20,86 ab	78,33 d
C2	28,31 b	6,60 c	22,24 c	23,21 c	74,23 bc
C3	27,04 b	4,36 ab	18,82 ab	19,31 ab	76,86 bc
C4	25,35 b	4,72 ab	18,39 ab	18,98 ab	75,58 bc
C5	26,06 b	4,39 ab	18,91 ab	19,42 ab	76,92 bc
C6	26,99 b	5,00 ab	20,25 bc	20,30 ab	76,12 bc
C7	26,94 b	4,58 ab	17,85 ab	18,42 ab	75,60 bc
Média Geral	25,45	5,71	19,18	20,17	73,58

C1 - cerveja 1 (°Brix (11) e 10% (polpa)); **C2** - cerveja 2 (°Brix (15) e 10% (polpa)); **C3** - cerveja 3 (°Brix (11) e 30% (polpa)); **C4** - cerveja 4 (°Brix (15) e 30% (polpa)); **C5** - cerveja 5 (°Brix (13) e 20% (polpa)); **C6** - cerveja 6 (°Brix (13) e 20% (polpa)); **C7** - cerveja 7 (°Brix (13) e 20% (polpa)).

*Médias com letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de confiabilidade

Com relação ao parâmetro luminosidade, pode-se observar que tanto a cerveja controle quanto a cerveja 1 diferiram estatisticamente entre si, como também das demais cervejas ao nível de 5% de probabilidade; Também podemos perceber que as cervejas (2, 3, 4, 5, 6 e 7) não diferiram entre si e apresentaram valores que tendiam para 100°, indicando que essas amostras se apresentaram mais claras quando relacionadas com a controle e a cerveja (1).

Para a intensidade de a*, que é a transição da cor verde para o vermelho, observou-se para as cervejas (3, 4, 5, 6 e 7) não diferiram estatisticamente entre si; no entanto, as cervejas (controle, 1 e 2) diferiram entre si das demais cervejas, constatando-se que todas as cervejas

apresentaram uma coloração amarelo alaranjada, pois o parâmetro a^* foi positivo: essa coloração pode ter sido influenciada pelos maltes utilizados na produção das cervejas.

Quanto a intensidade de b^* , constatou-se que as cervejas (3 e 4) não diferiram estatisticamente entre si, mas as cervejas controle, 1 e 2 diferiram entre si e das demais cervejas. No entanto, as cervejas apresentaram uma tendência para a coloração amarelo alaranjada provavelmente influenciada pela adição da polpa de manga.

Zapata *et al.* (2019), ao desenvolver cervejas adicionadas de marmelo, perceberam que a adição da fruta não apresentou efeitos significativos para as coordenadas a^* e b^* , mas para a coordenada L^* houve diferença significativa entre as cervejas. Ducruet *et al.* (2017) produziram cerveja ale adicionada com baga de *golji berry* em diferentes etapas de produção (fermentação, maturação e no engarrafamento): com relação ao parâmetro luminosidade, observaram que as cervejas que foram adicionadas às bagas de golji na fermentação apresentaram cor mais claras quando comparadas com as cervejas em que as bagas foram adicionadas na maturação; para os parâmetros a^* e b^* , esses autores perceberam que essas cervejas apresentaram uma coloração mais escuras uma coloração com tons alaranjados, sendo esses resultados semelhantes aos encontrados nesse estudo.

Brunelli *et al.* (2014) ao produzir cervejas adicionadas com diferentes concentrações de mel, observaram que a adição de mel tornou as cervejas mais claras com valores variando entre 7,65 e 10,36 EBC. Souza (2015), ao produzir cerveja adicionada de Risoma de Ziniber, a mesma apresentou cor 10,03 EBC. De acordo com a legislação estabelecida pelo MAPA pode ser classificada como cerveja clara, por apresentar valor assegurado abaixo de 20 EBC, sendo esses resultados diferentes aos encontrados nesse estudo, onde pode-se observar que a polpa de manga teve influência na coloração da cerveja.

A cromaticidade indica o quanto maior seja seus valores mais viva será a cor do seu produto: podemos verificar que as cervejas (3, 4, 5, 6 e 7) não diferiram estatisticamente si, contudo as cervejas controle, (1 e 2) diferiram entre si, apresentando os maiores valores para cromaticidade, e conseqüentemente, uma coloração mais viva. Esse comportamento pode ter ocorrido pela baixa concentração de polpa a essas cervejas (LAWLESS; HEYMANN, 1998).

Para o parâmetro tonalidade observa-se que as cervejas (3, 4, 5, 6 e 7) não diferiram estatisticamente entre si, no entanto a cerveja controle diferiu estatisticamente de todas as cervejas. A cerveja controle foi a que apresentou o menor valor para tonalidade 55,01, comparada as demais cervejas, cujo os variaram de 74,23 a 78,33. Conseqüentemente todas as cervejas analisadas podem ser consideradas de tonalidades amarela por apresentar valores próximos à 90° que indicam tonalidades amarelas, sendo esse resultado ancorado pelos valores

dos parâmetros intensidade a^* e intensidade de b^* , que constam que essas cervejas apresentam tonalidades amarela alaranjada (LAWLESS; HEYMANN, 1998).

Oliveira *et al.* (2016), ao produzir uma cerveja *pilsen* adicionada de extrato de abacaxi nas concentrações 0, 100 μL , 200 μL e 300 μL , repararam que adição do extrato enzimático em diferentes concentrações não ocorreu variação de luminosidade das amostras. As amostras permaneceram dentro de tons de amarelo, observadas pelos valores do ângulo *Hue* que permaneceram entre 120,02 e 142,86; e para os valores de croma, as amostras apresentaram valores próximos de zero indicando que a acromaticidade das cervejas foi neutra.

Kempka *et al.* (2017) analisaram cervejas artesanais elaboradas com mel (silvestre, eucalipto, e de uva japonesa) e uma cerveja controle para o parâmetro luminosidade, os autores encontraram valores elevados 55,58 a 62,39 quando comparados aos encontrados nesse estudo. Para o parâmetro a^* , as cervejas apresentaram maior intensidade de verde, com exceção da cerveja controle, que apresentou intensidade de coloração vermelha; e com relação a parâmetro b^* , todas as cervejas apresentaram intensidade de coloração amarela. No tocante a cromaticidade e ao ângulo de tonalidade, ambos os parâmetros confirmam a cor amarela da cerveja. Tais valores diferiram dos encontrados nesse estudo pois trata-se de estilos de cervejas e adjuntos diferentes.

Os resultados demonstram que o uso da polpa de mangas interferiu na cor das cervejas, fato que pode ser observado através dos valores dos parâmetros a^* e b^* . Segundo Sousa (2010), coloração da cerveja pode ser influenciada por fatores como o elevado tempo de fervura, matéria-prima, quando se utiliza maltes escuros e adjuntos utilizados.

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), a coloração é utilizada como parâmetro para a seleção de muitos produtos, para a quantificação dos pigmentos ou de outros constituintes, e pode promover uma melhor forma indicadora da qualidade.

Estão dispostos na Tabela 3.3 os resultados das análises físico-químicas das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada. Conforme a legislação brasileira (BRASIL, 2009), o extrato real está relacionado com o corpo, cor, estabilidade da espuma e sabor da cerveja. A porcentagem de extrato indica a quantidade de açúcares, dextrinas e proteínas restantes na cerveja depois da fermentação que não foram transformados em álcool, ou seja, representa todos os sólidos que fazem parte da composição da cerveja. Para uma cerveja de boa qualidade, o extrato real deve ser acima de 3%.

Tabela 3.3 Análises físico-químicas das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada

Tratamentos	Extrato real (%)	Extrato Primitivo (%)	Densidade (g/c ³)	Turbidez (NTU)
Controle	12,28 a	21,80 a	---	24,53 a
C1	13,37 ab	28,56 bcd	1,005 ab	219,66 b
C2	14,17 ab	31,01 bcd	1,007 b	274,66 c
C3	14,68 b	32,06 bcd	1,002 a	789,00 g
C4	14,80 b	32,30 d	1,006 b	1000,00 h
C5	13,12 ab	28,86 bcd	1,005 ab	597,66 d
C6	12,36 a	27,30 bc	1,005 ab	629,33 e
C7	12,28 a	27,14 b	1,005 ab	691,00 f
Média Geral	13,38	28,63	1,00	528,23

C1 - cerveja 1 (°Brix (11) e 10% (polpa)); **C2** - cerveja 2 (°Brix (15) e 10% (polpa)); **C3** - cerveja 3 (°Brix (11) e 30% (polpa)); **C4** - cerveja 4 (°Brix (15) e 30% (polpa)); **C5** - cerveja 5 (°Brix (13) e 20% (polpa)); **C6** - cerveja 6 (°Brix (13) e 20% (polpa)); **C7** - cerveja 7 (°Brix (13) e 20% (polpa)).

*Médias com letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de confiabilidade

Observa-se na Tabela 3.3, que a amostra controle não diferiu estatisticamente das cervejas (6 e 7); no entanto, as cervejas (3 e 4) apresentaram valores maiores deste parâmetro. Tal comportamento ocorreu pelo fato dessas cervejas terem recebido a maior concentração de polpa: apesar de serem formuladas com diferentes teores de sólidos solúveis (°Brix), as mesmas não difeririam estatisticamente ($p > 0,05$) entre si, indicando que a porcentagem de polpa exerceu uma influência maior em relação ao extrato real. Os valores encontrados nessa pesquisa são considerados elevados: mesmo comportamento foi observado por Kempka (2017), ao produzir uma cerveja elaboradas com 3 méis diferentes, também constatou que a quantidade de mel influenciou no extrato real. Santos (2017), ao estudar uma cerveja elaborada com adição de farinha e biomassa da banana verde, percebeu-se que não houve diferença significativa para as cervejas adicionadas com diferentes concentrações de biomassa e farinha da banana.

Pinto *et al.* (2015) ao utilizarem um mix de polpa de fruta em diferentes porcentagens 10, 15 e 20% de acerola e abacaxi, notaram que todas as formulações apresentaram extrato real acima de 3%, e que a menor porcentagem de polpa apresentou um maior percentual de extrato real. Brunelli *et al.* (2014), estudando cervejas adicionadas de mel nas concentrações 0, 20 e 40% e diferentes brix 11, 13 e 15 °Brix, observaram que a cerveja sem adição de mel forneceu um maior valor para o extrato real como também esse valor foi percebido na maior concentração de sólidos solúveis.

As cervejas artesanais apresentaram uma elevada quantidade de extrato real por não passarem pela etapa de filtração e clarificação, e deve-se considerar a quantidade de células de levedura provenientes da fermentação não precipitadas durante o envase, pela ausência de um processo de centrifugação (KEMPKA, 2017; FERREIRA e BENKA, 2014).

O extrato primitivo representa a quantidade de substâncias presentes no mosto que deu origem à cerveja, sendo utilizado como parâmetro para classificar as cervejas como: leve de 5 a 10,5%, 10,5 a 12,0%, extra 12,0 a 14,0% e forte > 14%, de acordo com a legislação brasileira MAPA (BRASIL, 2009).

No tocante ao extrato primitivo, observa-se que a cerveja controle mostrou menor concentração desde parâmetro diferindo estatisticamente das demais cervejas. Contudo, as cervejas (3 e 4) apresentaram a maior concentração de extrato, mas diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) entre si, sendo esse comportamento influenciado pela concentração de sólidos solúveis e não da polpa.

Santos (2017), ao desenvolver uma cerveja *witber* com biomassa e farinha de banana verde, percebeu que não houve diferença significativa quanto a adição de biomassa, mas constatou que o menor teor de farinha apresentou a maior concentração de extrato primitivo. Pinto *et al.* (2015) produziram uma cerveja *pilsen* com diferentes concentrações de polpa de acerola e abacaxi 10, 15 e 20%, confirmaram que a cerveja com a menor porcentagem de polpa apresentou um melhor resultado para o extrato primitivo.

Com relação ao parâmetro turbidez, pode-se observar que todas as cervejas diferiram estatisticamente entre ao nível de 5% de probabilidade. Nota-se que as cervejas (3 e 4) apresentaram uma alta turbidez, apesar da turbidez ser uma característica da cerveja de trigo esse comportamento foi intensificado com a adição de polpa de manga, pois foram as que receberam a maior porcentagem de polpa. Brunelli *et al.* (2014), ao adicionar mel nas concentrações 0, 20 e 40% e diferentes teores de sólidos solúveis 11, 13 e 15 °Brix, observaram que a cerveja sem adição de mel apresentou uma maior turbidez em relação às demais e que o teor de sólidos solúveis teve maior influência.

Santos (2017), analisando cervejas adicionadas com biomassa e farinha de banana verde, verificou que as cinco cervejas analisadas exibiram uma alta turbidez e todas diferiram estatisticamente entre si, comportamento semelhante ao encontrado nesse estudo. Esse comportamento ocorreu porque ambas as cervejas utilizaram malte de trigo, que serve para aumentar o corpo da cerveja e acaba gerando partículas em suspensão.

Kempka (2017), ao estudar cervejas elaboradas com mel, confirmou que a maior concentração de mel proporcionou uma turbidez maior as cervejas: o mel pode transferir sua

turbidez para as respectivas cervejas devido a sua composição de substâncias coloidais, segundo o autor.

Ducruet *et al.* (2017) produziram cervejas *ale* adicionada com baga de *golji berry* em diferentes etapas na produção (fermentação, maturação e no engarrafamento): os mesmos observaram que ao adicionar a baga de *golji* na fermentação e na maturação a turbidez apresentou um baixo valor, no entanto ao adicionar as bagas na garrafas observou-se que houve um incremento na turbidez, no qual foi de 66,5 NTU estando esse valor próximo ao apresentado nesse estudo.

Para os valores de densidade, consta-se que as cervejas (2 e 4) não apresentaram diferença significativa entre si apesar de serem formuladas com concentrações de polpas diferentes, mas com a mesma concentração de sólidos solúveis, no entanto obtiveram densidade maior que as demais. BRASIL (2009) estabelece valores de 1,007 e 1,022 para densidade. No entanto, percebe-se que apenas a cerveja 2 está de acordo com a legislação. A densidade está relacionada ao consumo de açúcar pelas leveduras, pois conforme a levedura consome os açúcares e produz o álcool, os valores de densidade diminuem. Kempka (2017), ao estudar cerveja elaborada com mel, comprovou que suas amostras não diferiram estatisticamente entre si, mesmo variando a concentração de mel.

6.3.1 Efeito da adição da polpa de manga cv. Espada na produção da cerveja artesanal

Através do planejamento fatorial e da superfície de resposta foi possível avaliar a influência das variáveis independentes (sólidos solúveis (°Brix) e polpa (%)) sobre as dependentes (açúcares totais, redutores, teor alcoólico e perfil de açúcar).

Nas Tabelas 3.4 a 3.9 estão apresentados os resultados da análise de variância (ANOVA) para os açúcares totais, redutores, teor alcoólico e perfil de açúcares das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada.

Na Tabela 3.4, foram observados efeitos significativos para a variável açúcares totais ao nível de confiança de 95%.

Tabela 3.4 Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para açúcares totais das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada

Fator	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	F	P
Brix	0,000025	1	0,000025	0,00491	0,948534
Polpa	0,070225	1	0,070225	13,79860	0,033932
Brix * Polpa	0,000025	1	0,000025	0,00491	0,948534
Erro	0,015268	3	0,0050893		
Total SS	0,085543	6			

$F_{tab}(3;3;0,5) = 9,28$; $R^2 = 0,8215\%$.

O modelo matemático validado estatisticamente é apresentado na equação 3.3.

$$A.T (g/100g) = 1,633 + 0,0025 B + \mathbf{0,1325} C_p + 0,0025 B.C_p \quad (3.3)$$

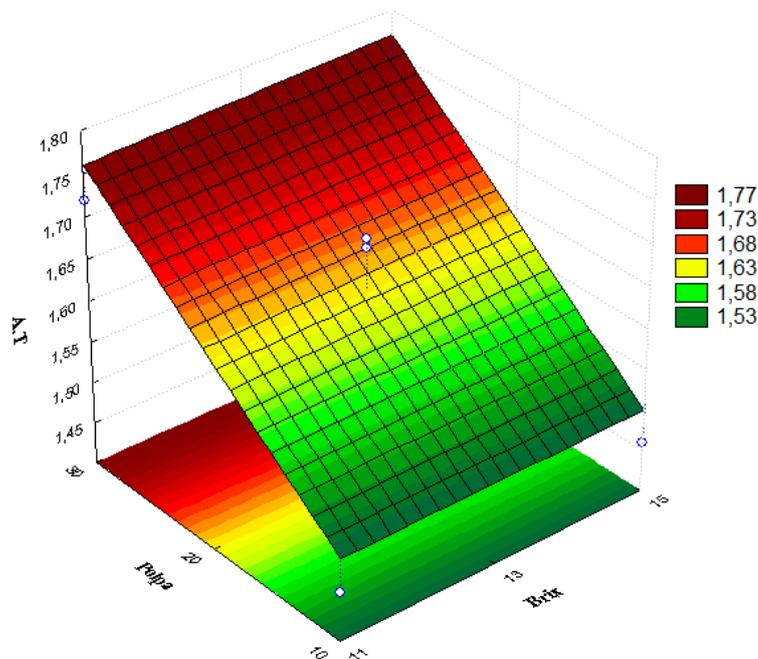


Figura 3.1 - Superfície de resposta para a variável açúcares totais das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada relacionando a concentração de polpa e sólidos solúveis (°Brix).

O modelo quadrático está representado graficamente por meio de superfícies de resposta apresentadas na Figura 3.1 que ilustra a superfície de resposta, a qual avalia a influência do teor de sólidos solúveis (°Brix) e da concentração de polpa (%), sobre a resposta açúcares totais das cervejas. Pode-se verificar dentro da faixa de valores estudada, que a variável concentração de polpas influenciou positivamente nos valores de açúcares totais presentes na cerveja, uma vez que, a adição de 30% de polpa apresentou valor de 1,77% dessa variável.

Pinto (2015), ao produzir cervejas adicionadas de polpa de abacaxi e acerola 10 e 11%, percebeu que nas menores concentrações de polpa houve um maior teor de açúcares totais, e com valores superiores a 20% de polpa ocorreu um decréscimo deste parâmetro; no entanto, nesse estudo foi identificado comportamento contrário onde a maior concentração de polpa proporcionou um maior teor de açúcares totais. Portanto, o fator concentração de polpa foi significativo ($p < 0,05$).

Na Tabela 3.5, foram observados efeitos significativos para a variável açúcares redutores ao nível de confiança de 95%.

Tabela 3.5 Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para açúcares redutores das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada

Fator	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	F	P
Brix	0,004900	1	0,004900	2,63846	0,202769
Polpa	0,022500	1	0,022500	12,11538	0,040035
Brix * Polpa	0,003600	1	0,003600	1,93846	0,258091
Erro	0,005571	3	0,001857		
Total SS	0,036571	6			

$F_{tab}(3;3;0,5) = 9,28$; $R^2 = 0,8476\%$.

O modelo matemático validado estatisticamente é apresentado na Equação 3.4.

$$A. R \text{ (g/100g)} = 1,274 + 0,035 B + \mathbf{0,075} C_p + 0,03 B \cdot C_p \quad (3.4)$$

O modelo quadrático está representado graficamente por meio de superfícies de resposta apresentadas na Figura 3.2.

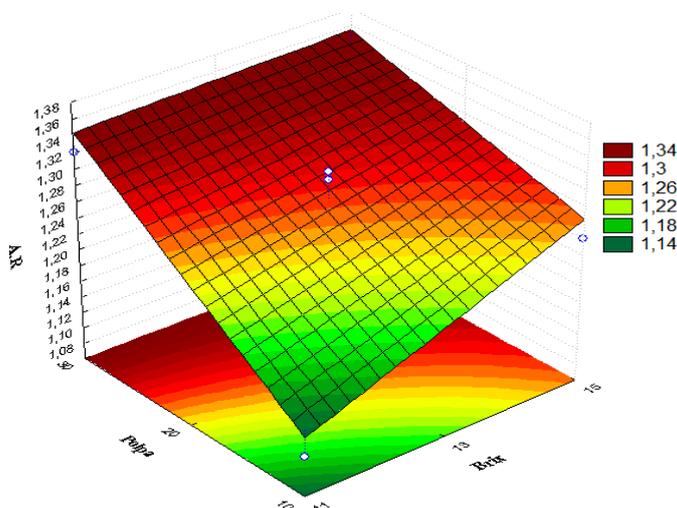


Figura 3.2 Superfície de resposta para a variável açúcares redutores das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada relacionando a concentração de polpa e sólidos solúveis (°Brix).

Analisando o gráfico de superfície de resposta da Figura 3.2, pode-se observar que ocorreu uma tendência de aumento no valor dos açúcares redutores com o aumento das concentrações da polpa de manga. Os valores obtidos nas cervejas elaboradas neste estudo apresentaram um valor médio de 1,34%, que está relacionado com a porcentagem de polpa adicionada. Pinto (2015) obteve teores de açúcar redutor de 1,0% na cerveja artesanal adicionada de polpa de acerola e abacaxi.

Na Tabela 3.6, foram observados efeitos significativos para a variável teor alcoólico ao nível de confiança de 95%

Tabela 3.6 Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para teor alcoólico das cervejas das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada

Fator	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	F	P
Brix	9,92250	1	9,92250	97,05739	0,002224
Polpa	1,51290	1	1,51290	14,79850	0,031005
Brix * Polpa	0,00010	1	0,00010	0,00098	0,977014
Erro	0,30670	3	0,102233		
Total SS	11,74220	6			

$F_{tab}(3;3;0,5) = 9,28$, $R^2 = 0,9738\%$

O modelo matemático validado estatisticamente é apresentado na Equação 3.5.

$$T.A (^{\circ}GL) = 6,93 + 1,575 B + 0,615 C_p + 0,00499 B \cdot C_p \quad (3.5)$$

O modelo quadrático está representado graficamente por meio de superfícies de resposta apresentadas na Figura 3.3.

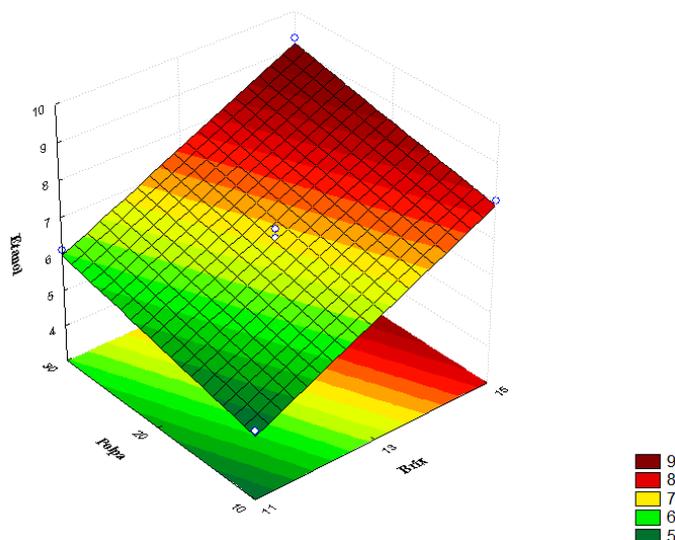


Figura 3.3 Superfície de resposta para a variável teor alcoólico das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada relacionando a concentração de polpa e sólidos solúveis (°Brix).

A Figura 3.3 ilustra a superfície de resposta para verificar a influência da concentração de polpa e brix, sobre a resposta teor alcoólico. Pode-se verificar dentro da faixa de valores estudada, que as duas variáveis apresentaram influências no teor alcoólico, ou seja, aumentando o valor destas variáveis, maior foi o valor do teor alcoólico da cerveja. Esse comportamento pode ser explicado, pois a maior concentração de polpa favoreceu o acréscimo de açúcar implica em maior fermentabilidade do produto, resultando, conseqüentemente, no aumento do teor alcoólico da cerveja (FLORES *et al.*; 2015).

Resultado semelhante foi encontrado por Brunelli *et al.* (2014), ao analisarem cerveja artesanal elaborada com mel 0, 20 e 40% e sólidos solúveis 11, 13 e 15 °Brix: os mesmos observaram que quanto maior a porcentagem de mel e de sólidos solúveis (°Brix) maior foi o teor alcoólico das cervejas, sendo esse resultado semelhante aos encontrados nesse estudo.

A cerveja desenvolvida nesse estudo apresentou uma porcentagem de teor alcoólico variando de 4,89 a 9,27 v/100 mL sendo esses valores acima pelo estabelecido por Brasil (2009) que devem apresentar entre 5,5 a 7,5% para a cerveja *ale*. No entanto, foi encontrado na literatura trabalhos de cerveja adicionadas de frutas com teor alcoólico em torno de 18,2%. Arruda *et al.* (2013) produziram cerveja adicionada de polpa de murici e encontraram valores 17,36 % v/v vindo a inferir que a adição do murici tenha elevado o teor alcoólico da cerveja produzida.

Pela Tabela 3.7, não foram observados efeitos não significativos para a variável maltose ao nível de confiança de 95%.

Tabela 3.7 Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para maltose das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada

Fator	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	F	P
Brix	8,73203	1	8,732025	1,185672	0,355856
Polpa	0,60063	1	0,600625	0,081555	0,793783
Brix * Polpa	0,00302	1	0,003025	0,000411	0,985103
Erro	22,09387	3	7,364623		
Total SS	31,42954	6			

F_{tab} (3;3;0,5) = 9,28, R² = 0,29704%.

A Figura 3.4 evidencia o efeito não significativo para a variável maltose presente na cerveja em função da porcentagem de polpa e sólidos solúveis (°Brix) de manga cv. Espada

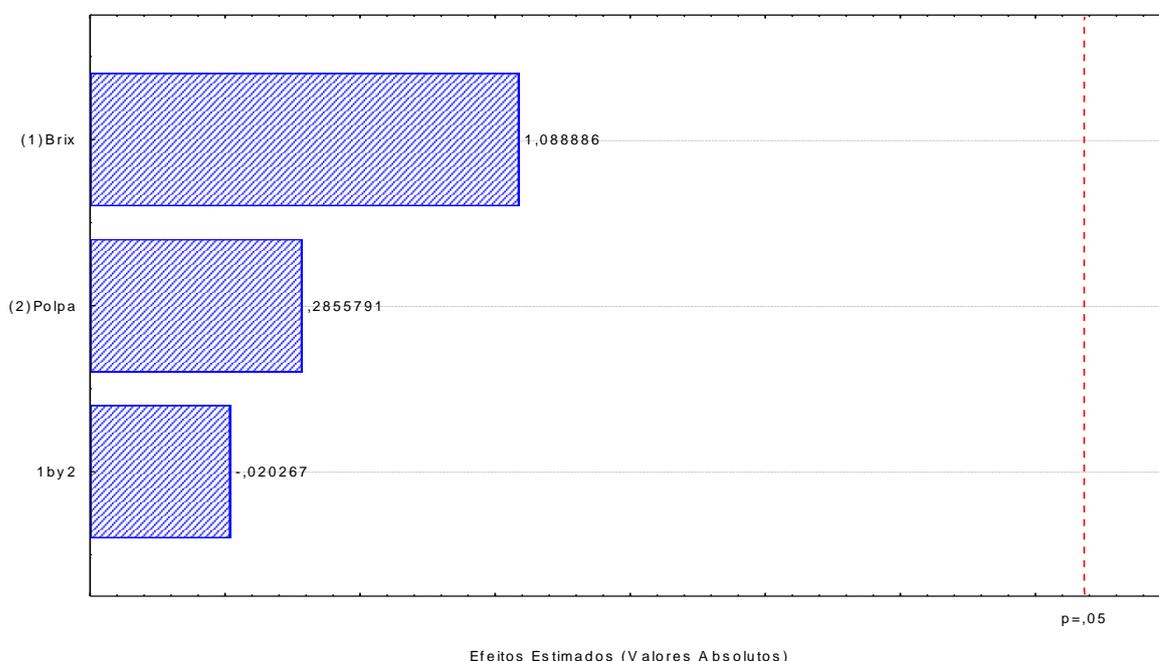


Figura 3.4 Diagrama de Pareto do efeito do planejamento para a variável maltose da cerveja em função da porcentagem de polpa e sólidos solúveis (°Brix) de manga cv. Espada

O diagrama de Pareto representado na Figura 3.4 evidencia que nenhum termo apresentou efeito significativo na maltose da cerveja ao nível de 5% de significância.

Pela Tabela 3.8, não foram observados efeitos não significativos para a variável glicose ao nível de confiança de 95%.

Tabela 3.8 Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para glicose das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada

Fator	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	F	P
Brix	20,56623	1	20,56623	2,236544	0,231665
Polpa	9,51723	1	9,51723	1,034983	0,383894
Brix * Polpa	4,30563	1	4,30563	0,468230	0,542923
Erro	27,58661	3	9,19554		
Total SS	61,97569	6			

F_{tab} (3;3;0,5) = 9,28, R² = 0, 55488%.

A Figura 3.5 evidencia o efeito não significativo para a variável glicose presente na cerveja em função da porcentagem de polpa e sólidos solúveis (°Brix) de manga cv. Espada.

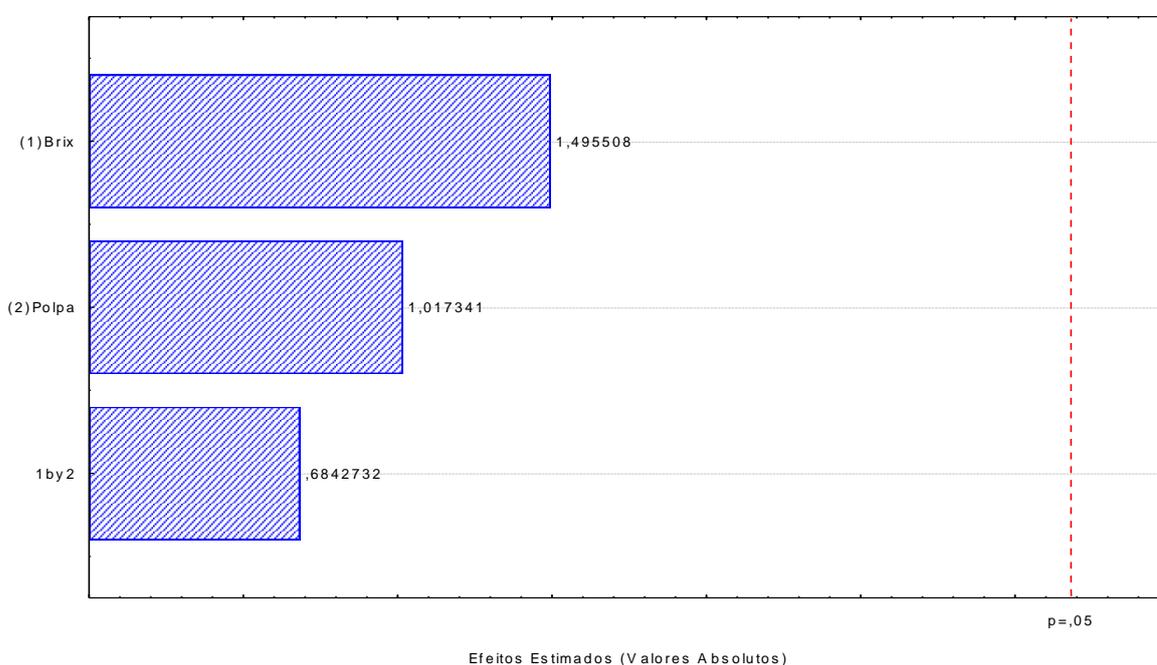


Figura 3.5 Diagrama de Pareto do efeito do planejamento para a variável glicose da cerveja em função da porcentagem de polpa e sólidos solúveis (°Brix) de manga cv. Espada

Conforme o diagrama de Pareto representado na Figura 3.5 demonstra que na faixa de valores avaliados para porcentagem de polpa e sólidos solúveis (°Brix) da manga cv. Espada adicionadas na cerveja, a variação nas concentrações estudadas não foram estatisticamente significativas para a variável glicose.

Tabela 3.9 Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para frutose das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada

Fator	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	F	P
Brix	0,87423	1	0,87423	0,032031	0,869364
Polpa	1,28823	1	1,28823	0,047200	0,841946
Brix * Polpa	0,03422	1	0,03422	0,001254	0,973976
Erro	81,87901	3			
Total SS	84,07569	6			

F_{tab} (3;3;0,5) = 9,28, R² = 0,02613%.

A Figura 3,6 evidencia o efeito não significativo para a variável frutose presente na cerveja em função da porcentagem de polpa e sólidos solúveis (°Brix) de manga cv. Espada.

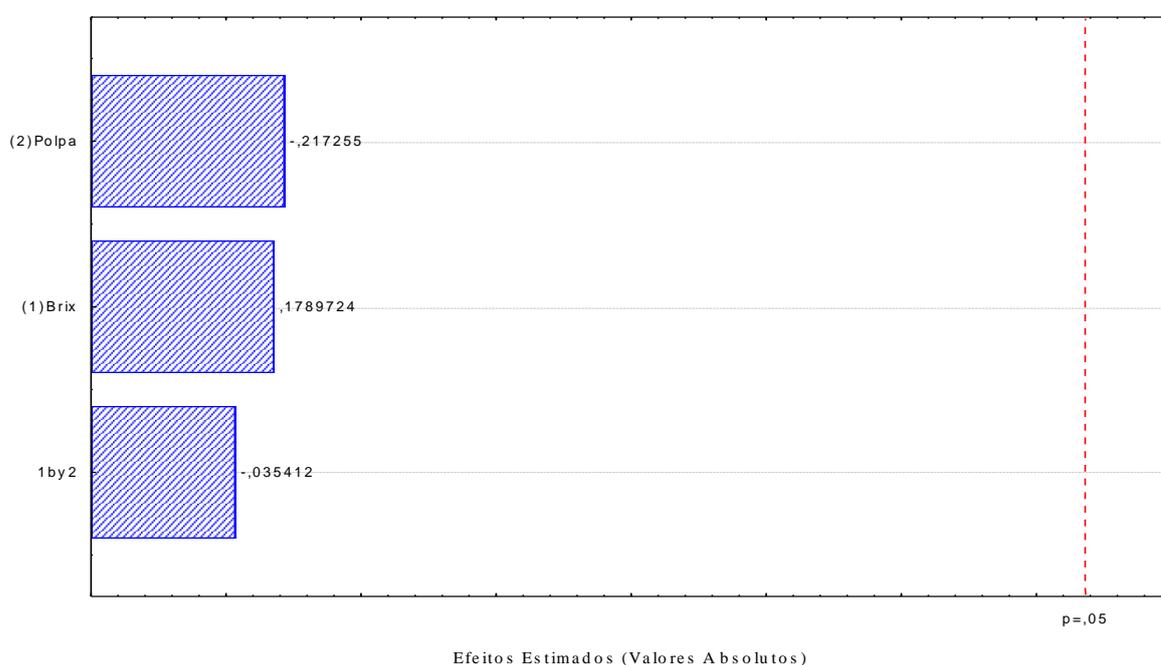


Figura 3.6 Diagrama de Pareto do efeito do planejamento para a resposta da frutose da cerveja em função da porcentagem de polpa e sólidos solúveis (°Brix) de manga cv. Espada

O diagrama de Pareto, representado na Figura 3.6, indica efeito não significativo das variáveis polpa e sólidos solúveis (°Brix) para a frutose da cerveja. Observa-se que a polpa apresentou influência negativa, ou seja, quanto maior a adição das polpas, menor foi o teor de frutose das cervejas.

As cervejas analisadas nesse estudo apresentaram uma baixa concentração de açúcares (carboidratos), de acordo com os resultados obtidos pelas análises cromatográficas. Kawarygielska *et al.* (2019), ao adicionar suco de cereja *cornelian* nas seguintes porcentagens 16% de frutas amarelas, 15% de frutas corais e 18% de frutas vermelhas nas etapas de fermentação e maturação: os mesmos observaram que as cervejas adicionadas de sucos de cereja na fermentação os valores de maltose variaram de 1,37 a 1,98 e para glicose 0,16 a 0,56.

Entretanto, obtiveram pra maltose valores de 1,40 a 1,87 e para glicose 0,53 a 0,59, resultado próximo ao encontrado nesse estudo, que também apresentou baixos valores para essas variáveis. De acordo com os autores citados, tal comportamento pode ter ocorrido pelo fato desses carboidratos terem sido consumidos pela levedura durante o período de fermentação.

Para a variável maltose, glicose e frutose, a análise de variância apresentou F calculado inferior ao F tabelado, indicando que o modelo não se ajustou adequadamente aos dados experimentais e que o modelo matemático quadrático não é válido. De acordo com Rodrigues e Iemma (2014), para que o modelo seja estatisticamente significativo o valor de $F_{\text{Calculado}}$ precisa ser superior ao de F_{Tabelado} , sendo esse o comportamento observado apenas para as variáveis de açúcares totais, redutores e teor alcoólico.

6.5 Conclusões

As cervejas produzidas nesse estudo apresentaram valores elevados para extrato real, extrato primitivo e turbidez, sendo esses valores influenciados pela concentração de polpa na cerveja. As cervejas produzidas estão dentro dos padrões estabelecidos pela legislação indicando um produto de boa qualidade.

A polpa também promove influência quanto ao parâmetro cor, a menor concentração de polpa promove uma maior luminosidade da cerveja.

Os parâmetros colorimétricos a^* , b^* e ângulo de tonalidade confirmaram que as cervejas apresentaram coloração amarelo laranja.

Observou-se que as variáveis açúcares totais e redutores foram influenciados pela concentração de polpa. No entanto o teor alcoólico foi influenciado pelas duas variáveis concentração de polpa e sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$).

Com relação aos açúcares maltose, glicose e frutose, os valores estudados para as variáveis concentração de polpa (%) e teor de sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$), não apresentaram influência com relação a superfície de resposta.

Os resultados demonstraram que a substituição de parte do malte por polpa de manga cv. Espada é uma alternativa viável, pois as cervejas apresentaram qualidade físico-químicas satisfatória, demonstrando ser uma boa alternativa para o mercado consumidor

Referências

AMBEV. **Nossa história**. Disponível em: <<https://www.ambev.com.br/sobre/nossa-historia/>> Acesso em: 27/12/2019.

AOAC - **Official methods of analysis**, Washington, 18 ed., 2006.

ARRUDA, I. N. Q de.; PEREIRA JUNIOR, V. A.; GOULART, G. A. S. Produção de cerveja com adição de polpa de murici (*byrsonima ssp.*). **Revista Eletrônica da Univar**, v. 2, n.10, p.129 –136, 2013.

BAMFORTH, C. W. **Beer – A quality perspective**. USA: Elsevier, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 6.871, de 04 de junho de 2009. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 julho de 1994. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 5 jun. 2009.

BRUNELLI, L.T.; MANSANO, A. R.; VENTURINI FILHO, W. G. Caracterização físico química de cervejas elaboradas com mel. **Revista Brazilian Journal of Food tecnology**, v. 17, n. 1, p. 19-27, 2014.

CervBrasil. **Anuário 2016**. Disponível em <http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/anuario/> Acesso em: 10/02/2019.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Póscolheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

DELIBERALLI, C. C. **Cervejas artesanais no Brasil: análise da comunicação integrada de marketing da cervejaria Bodebrown**. 2015. 129f. TCC (Graduação em Comunicação Social) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2015.

DUCRUET, J.; RÉBÉNAQUE, P.; DISERENS, S.; KOSIN´ SKA-CAGNAZZO, AGNIESZKA.; HÉRITIER,, ISABELLE.; ANDLAUER, W. Amber ale beer enriched with goji berries – The effect on bioactive compound content and sensorial properties. **Revista Food Chemistry**, v.226, p. 109-118, 2017.

FERNANDES, L. M. **Viabilidade de produção e caracterização de cerveja artesanal com acerola (*Malpighia emarginata DC*)**. 2017. 75f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

FERREIRA, A. S.; BENKA, C. L. **Produção de cerveja artesanal a partir de malte germinado pelo método convencional e tempo reduzido de germinação**. 2014. 42f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, Paraná, 2014.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.1039-1042, 2011.

FLORES, A. B., GRÄFF, A., CORNELIUS, E.; SOUZA, C. F. V de. Perfil sensorial e avaliações físico-químicas de cerveja artesanal de chocolate e caramelo. **Revista Destaques Acadêmicos**, v.7, n.4, p.158-166, 2015.

FREIRE, B. R. **Produção de cerveja artesanal com frutas exóticas e avaliação da imobilização de leveduras em micropartículas magnetopoliméricas no processo de fermentação alcoólica**. 2018. 92f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologias em Saúde) – Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 4. ed. São Paulo: IAL, 2008. 1020 p.

KAWA-RYGIELSKA, J.; ADAMENKO, K.; kucharska, A. Z.; PROROK, P.; PIÓRECKI, N, Physicochemical and antioxidative properties of Cornelian cherry beer. **Revista Food Chemistry**, v.281, p. 147–153, 2019.

KEMPKA, A. P.; THOMÉ, B. C.; CONTO, R. M de. Produção de cerveja artesanal tipo ale utilizando mel de diferentes floradas como adjunto. **Revista Brazilian Journal of Food Research**, v. 8, n. 1, p. 105-125, 2017.

LAWLESS, H.T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food**. New York: Chapman e Hall, 1998. 819 p.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigmentos of photosynthetic biomembranes. In: PACKER, L; DOUCE, R. (Ed). **Methods in Enzymology**. London: Academic Press, v. 148, p. 350-382, 1987.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

OLIVEIRA, M.; FABER, C. R.; PLATA-OVIEDO, M. S. V. Elaboração de Cerveja Artesanal a Partir da Substituição Parcial do Malte por Mel. **Brazilian Journal of Food Research**, v. 6, n. 3, p. 01-10, 2015.

OLIVEIRA, P. Z de.; LEONCIO, W.; CANTERI, M. H. G.; T. J. L. F da. **Aplicação de extrato enzimático de abacaxi em cerveja artesanal do tipo Pilsen**. In: VI Congresso Brasileiro de engenharia de produção, 2016, Ponta Grossa. **Anais...**, Ponta Grossa, CONBREPO, 2016.

PINTO, L. Í. F. **Acerola (*Malpighia emarginata* DC) e abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill) como adjunto no processamento de cerveja: caracterização e aceitabilidade**. 2015. 88f Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2015.

PINTO, L. I. F.; ZAMBELLI, R. A.; SANTOS JUNIOR, E. C. dos.; PONTES, D. F. Desenvolvimento de cerveja artesanal com acerola (*malpighia emarginata* dc) e abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill). **Revista Verde**, v. 10, n. 4 , p. 67 - 71, 2015.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos**. Campinas: Casa do Pão Editora, 3.ed., 2014.

SANTOS, J. A dos. **Desenvolvimento de cervejas witbier com biomassa e farinha de banana verde**. 2017. 99f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Programa de Pós-Graduação. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Cuiabá, 2017.

SORBO, A. C. A.C. **Avaliação das propriedades de uma cerveja artesanal tipo pilsen suplementada com polpa de maracujá**. 2017. 62f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrônômicas) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017.

SOUZA, P. G de. **Estudoo do potencial biotecnologico da utilização do rizoma de zingiber zerumbet i. smith como adjunto na produção de cerveja artesanal**. 2015. 71f. Tese (Doutorado em Biotecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.

TRINDADE, S. C. **Incorporação de amora na elaboração de cerveja artesanal**. 2016. 62p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2016.

VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas Alcoólicas: Ciência e Tecnologia**, volume 1 – São Paulo: Blucher, 2010, 461p.

VENTURINI FILHO, W. G. **Tecnologia de cerveja**. Funep: Botucatu, 2000, 83 p.

VOGEL, C. **Avaliação da adição de pequenas frutas (*berries*) na produção de cerveja artesanal: análise físico-química, sensorial, compostos fenólicos e atividade antioxidante**. 2017, 82f. TCC (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeira do Sul, 2017.

YAMADA, E. A.; ALVIM, I. D.; SANTUCCI, M. C. C.; SGARBIERI, V. C. Composição centesimal e valor protéico de levedura residual da fermentação etanólica e de seus derivados. **Revista de Nutrição**, v. 16, n. 4, p. 423-432, 2003.

YEMM, E.W.; Willis, A.J. The estimation of arbohydrates in plant extracts by anathrone. **Iochemical Journal**, v.57, p.508-515, 1954.

ZAPATA, J. P.; Espla, A. M.; GIRONÉS-VILAPLANA, A.; SANTOS-LAX, D.; NOGUERA-ARTIAGA, L.; CARBONELL-BARRACHINAB, A. A. Phenolic, volatile, and sensory profiles of beer enriched by macerating quince fruits. **Revista Food Science and Technology**, v. 103, p. 139–146, 2019.

7. CAPÍTULO 4

PERFIL DE ANTIOXIDANTES E ANÁLISE SENSORIAL DE CERVEJA *WEISS* ADICIONADA DE POLPA DE MANGA CV ESPADA

PERFIL DE ANTIOXIDANTES E ANÁLISE SENSORIAL DE CERVEJA *WEISS* ADICIONADA DE POLPA DE MANGA CV. ESPADA

Resumo

O objetivo desse estudo foi produzir uma cerveja artesanal estilo *Weiss* adicionada de polpa de manga cv. Espada. Foram determinados os compostos fenólicos totais e atividade antioxidante pelos métodos (Sequestro do radical DPPH e FRAP), e também foi realizada análises microbiológicas. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando o programa computacional SISVAR. Foi realizado o perfil sensorial das cervejas através de julgadores treinados, utilizando a metodologia de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) com escala linear de nove centímetros e os escores foram avaliados pela metodologia da Análise de Componentes Principais (ACP). Neste estudo, a adição da polpa de manga cv. Espada aumentou o teor de compostos fenólicos totais de praticamente todas as cervejas, com destaque para as formulações C3 (35,91 mg/100 mL) e C4 (36,75 mg/100 mL), que apresentaram maiores concentrações em relação à cerveja sem polpa (30,80 mg/100 mL) e próximos ao encontrado na polpa (37,68 mg/100 mL). Pode-se concluir que os teores de compostos fenólicos totais variaram conforme a concentração de polpa que foi adicionada a cerveja. Os melhores atributos sensoriais destacados nas cervejas através dos componentes principais foram: sabor residual da fruta, ácido, alcoólico, amargo, frutado, textura encorpada e cor característica da fruta. De acordo com o Mapa de Preferência Interno, as cervejas (1, 3, 4 e 7) foram as que apresentaram maior similaridade entre si. A incorporação de frutas na formulação das cervejas artesanais permite a criação de novos estilos, valorizando o uso de frutas regionais despertando a atenção dos consumidores para esse novo segmento de bebidas.

Palavras-chave: Compostos fenólicos, DPPH, FRAP, análises microbiológicas, qualidade

7.1 Introdução

Apesar de ser uma bebida muito antiga, a cerveja vem sendo aprimorada a cada dia. A tendência atual da indústria cervejeira é de segmentação e desenvolvimento de novas formulações para se manter ou crescer neste mercado competitivo. Assim, cresce a demanda no uso de matérias-primas não convencionais, no intuito de criar bebidas diferenciadas. As *fruit beers* (cervejas com fruta) são exemplos dessas bebidas diferenciadas. Essa modalidade está em expansão no mercado atual de cerveja, dado ao fato de serem, muitas vezes, adocicadas, o que proporciona a extensão do consumo dessa bebida às pessoas que não apreciam o gosto amargo do lúpulo. Cervejas com morango, cereja, framboesa e pêssego são exemplos de *fruit beers*. No Brasil, a utilização de frutas na fabricação de cerveja, além de agradar o paladar de seus apreciadores, incentiva seu consumo e as valoriza. A manga (*Mangifera indica* L.) é um exemplo de fruta cultivada no Brasil, principalmente na região Nordeste, que é possível utilizar na fabricação de uma *fruit beer*, conferindo uma identidade brasileira a uma das bebidas mais consumidas do mundo (IMAIZUMI, 2019).

A manga é considerada uma frutífera tipicamente tropical de relevante expressividade no agronegócio brasileiro (MIGUEL *et al.*, 2013). Possui uma grande aceitação no mercado, sendo consumida mundialmente, tanto *in natura* quanto na forma de sucos, sorvetes, polpas, néctares e sobremesas em geral (SOUZA *et al.*, 2016). É considerada uma das mais importantes frutas tropicais, altamente nutritiva, rica em fibras, polifenóis, minerais, vitamina B2 (riboflavina) e também é uma fonte de pró-vitamina A (caroteno) e vitamina C (SINGH *et al.*, 2013; MELO e ARAÚJO, 2011).

A cerveja por ser a bebida alcoólica mais consumida no país, poucos consumidores têm conhecimento sobre os efeitos benéficos de seus compostos, como os antioxidantes. Vários estudos comprovam que o consumo regular reduz o risco de incidência de doenças como câncer e doenças cardiovasculares. É uma bebida que possui capacidade antioxidante moderada, devido à presença de compostos fenólicos, sendo comparável à do vinho branco, porém inferior à do vinho tinto. As principais fontes de antioxidantes da cerveja são os compostos fenólicos, sendo provenientes da casca de cevada malteada e lúpulo. Em sua composição, cerca de 70 a 80% dos compostos fenólicos são originários do malte, enquanto 20 a 30% se originam do lúpulo. Possui ainda quantidades significativas de vitaminas do complexo B, principalmente folatos e riboflavina, além de ser citada como importante fonte de selênio. Devido à sua

capacidade antioxidante e baixo teor alcoólico, o consumo moderado de cerveja é considerado benéfico à saúde (GANBAATAR et al., 2015; PIAZZON, FORTE, NARDINI, 2010).

Diante deste contexto, objetivou-se nesse estudo produzir uma cerveja artesanal estilo *Weiss* adicionada de polpa de manga cv. Espada e determinar os compostos fenólicos totais e atividade antioxidante, realizar análises microbiológicas e analisar o perfil sensorial das cervejas através de julgadores treinados.

7.2 Material e Métodos

7.2.1 Obtenção das cervejas artesanais adicionadas de polpa de manga cv. Espada

As cervejas foram elaboradas no laboratório da agroindústria da Universidade Federal Campina Grande (UFCG), Campus Campina Grande, PB e as análises dos compostos bioativos foram realizadas no Laboratório de Combustíveis e Materiais (LACOM) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus João Pessoa, PB.

7.2.2 Análises de bioativos das cervejas artesanais adicionadas de polpa de manga cv. Espada

As análises foram realizadas em triplicata e o perfil antioxidante das amostras de cervejas artesanais adicionadas de polpa de manga cv. Espada foram analisados por meio de:

Compostos fenólicos totais (mg/100 g) - Foram determinados a partir do método de Folin-Ciocalteu descrito por Waterhouse (2006). O extrato foi obtido através da diluição de 1000 µL da amostra em um balão de 50 mL com água destilada. As amostras ficaram em repouso por 30 minutos. Uma alíquota de 225 µL do extrato foi misturada a 1,900 µL de água e a 125 µL do folin ciocalteu agitou e deixou-se em repouso por 5 min. Adicionou-se 250 µL de carbonato, seguida de agitação e repouso em banho-maria a 40 °C por 30 min; retirou-se as amostras e deixou-se esfriar em temperatura ambiente. A curva padrão foi preparada com ácido gálico (EAG) e as leituras das amostras foram feitas em espectrofotômetro a 765 nm.

Para a quantificação dos compostos fenólicos da amostra controle foi necessário aumentar a alíquota do extrato para 600 µL e diminuir a da água (1,525 µL) sendo o restante do procedimento do preparo da amostra permaneceu igual à metodologia.

Atividade antioxidante - Sequestro do radical DPPH - A atividade antioxidante das cervejas foi determinada através da capacidade antioxidantes da amostra em sequestrar o radical estável DPPH• de acordo com a metodologia desenvolvida por Brand-Williams; Cuvelier e Berset (1995), com modificações. A solução extratora foi obtida pela diluição direta da amostra numa concentração inicial de 5 mg/ml. Alíquota de 240 µL foi retirada da solução e transferida para tubo de ensaio, onde foi adicionado 60 µL de etanol. Em seguida, foi diluída com solução de DPPH (Sigma-Aldrich - Sigma Co., USA) até 3 mL de volume final, e incubada em temperatura ambiente por 30 min. A leitura da absorbância foi realizada a 517 nm em espectrofotômetro UV-Vis (Shimatshu, Brasil), utilizando cela de quartzo com 1 cm de caminho óptico. A solução DPPH em etanol foi usada como branco. Os resultados foram /expressos em percentual de inibição do radical estável DPPH• e calculados através da Equação 4.1.

$$I = ((A_b - A_c) / A_b) \cdot 100 \quad (4.1)$$

Em que: I: percentual de inibição do radical estável DPPH•;

A_b: branco;

A_c: absorbância da cerveja;

Atividade antioxidante FRAP – A atividade antioxidante foi determinada pela redução do ferro estimado pelo *Ferric Reducing Antioxidant Power* (FRAP), que se baseia na capacidade do composto de reduzir o Fe (III) em Fe (II) (BENZIE; STRAIN, 1996), descrito originalmente por Larrauri et al. (1997) e posteriormente modificado por Rufino et al (2006). A solução de FRAP foi preparada misturando-se 25 mL de tampão acetato 0,3 M, 2,5 mL da solução de TPTZ 10 mM e 2,5 mL da solução aquosa de cloreto férrico 20 mM, sendo utilizada imediatamente após sua preparação. Nos tubos de ensaio foram adicionados 2,700 µL do reagente FRAP e 90 µL das amostras. A leitura da absorbância foi realizada a 595nm em espectrofotômetro UV-Vis (Shimatshu, Brasil), utilizando cela de quartzo com 1 cm de caminho óptico. O reagente FRAP foi usado como branco. Os resultados foram expressos em µM sulfato ferroso/g.

7.2.3 Análises microbiológicas das cervejas artesanais adicionadas de polpa de manga cv. Espada

O controle microbiológico foi realizado nas cervejas conforme o regulamento e legislação específicos para cerveja CP nº 69, 13 junho de 2010 da (ANVISA, 2010). A Tabela 4.1 mostra os valores limites para os parâmetros microbiológicos de cervejas.

Tabela 4.1 Parâmetros microbiológicos para cervejas (ANVISA, 2010)

Parâmetros	Limites
Contagem total de aeróbios	< 3000 UFC / mL
Fungos não filamentosos	< 100 UFC / mL
Fungos filamentosos	< 100 UFC / mL

As análises microbiológicas foram realizadas de acordo com a metodologia de Silva *et al.* (2015) determinou-se: Número mais Provável de Coliformes a 35 °C, Coliformes Termotolerantes, *Salmonella* sp, fungos filamentos e fungos não filamentosos.

7.2.4 Análise sensorial das cervejas artesanais adicionadas de polpa de manga cv. Espada

A avaliação sensorial das cervejas artesanais adicionadas de polpa de manga cv. Espada foi realizada mediante a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa / Hospital Universitário Alcides Carneiro ou CONEP (Comissão Nacional de Ética em Pesquisa) sendo aprovado sob número do parecer 3.080.699 (Apêndice).

O painel sensorial foi composto por alunos de ambos os sexos da UFCG, previamente selecionados através de testes triangulares, onde foram selecionados 30 provadores candidatos a compor a equipe sensorial, dos quais 20 obtiveram acima de 70% de acertos na série de quatro testes triangulares, constam no Apêndice.

Os testes foram realizados no LEA (Laboratório de Engenharia de Alimentos), segundo as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), as amostras foram apresentadas aos provadores em cabines individuais sob luz branca a temperatura ambiente. Dos 20 provadores selecionados, apenas 17 provadores compareceram à análise sensorial das cervejas.

Para a análise sensorial, as amostras foram apresentadas em taças de acrílico codificadas com números de três dígitos escolhidos de forma aleatória contendo aproximadamente 50 mL da amostra na temperatura de consumo de $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$, alternadamente com um copo com água mineral para limpeza do palato entre as amostras. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos balanceados (Figura 4.1).

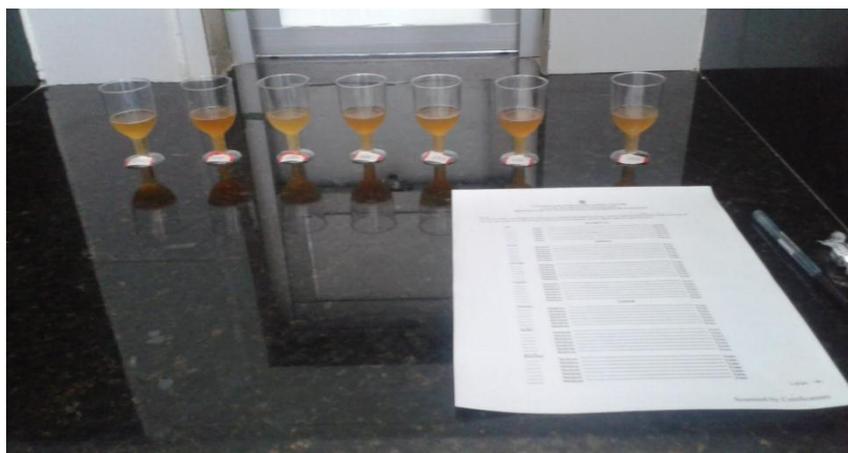


Figura 4.1 Apresentação das amostras aos julgadores

Os escores sensoriais foram avaliados pela metodologia da Análise de Componentes Principais (PCA), que tem por objetivo construir uma análise linear de medidas que contribuam evidenciando a variação entre as amostras estudadas (MINIM, 2006).

Foi elaborado um mapa de preferência interno para os atributos sensoriais: para isto foi realizada a análise de agrupamento (“cluster analysis”) para as amostras, seguida da análise de escala multidimensional. Essa análise é amplamente utilizada nas diversas áreas do conhecimento, por se tratar de uma medida contínua e que possibilita a interpretação individual de cada grupo, e a relação que este grupo possui com os demais (VICINI, 2005).

Com os escores atribuídos pelos julgadores foi elaborado um dendrograma que apresenta os indivíduos e os respectivos pontos de junção ou de divisão dos grupos formados em cada estágio. Os dendrograma são representados de duas formas: horizontal e vertical. No dendrograma vertical, as linhas verticais indicam o nível de similaridade, e no eixo horizontal são marcados os indivíduos, na ordem em que são agrupados, e as linhas verticais partem dos indivíduos e têm altura correspondente ao nível em que os indivíduos são considerados semelhantes (FERREIRA, 2011).

7.2.5 Análises estatísticas das cervejas artesanais adicionadas de polpa de manga cv. Espada

O programa estatístico utilizado foi o Sistema de Análise de Variância para Dados Balanceados -SISVAR (FERREIRA, 2011) os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a comparação entre as médias de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A metodologia utilizada na análise sensorial foi a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), que utilizou uma escala linear de nove centímetros ancorada nos extremos pelos termos “fraco e nenhum”, “claro e escuro”, “pouco e muito”, constam no Apêndice, onde o julgador expressou por meio de marcações ao longo da escala a intensidade com que cada atributo estava presente nas cervejas degustadas.

Os escores atribuídos pelos julgadores foram analisados utilizando o programa computacional software Statistica for Windows 8.0 (Statsoft., 2007).

7.3 Resultados e Discussão

7.3.1 Quantificação dos compostos fenólicos totais e atividades antioxidantes das cervejas artesanais adicionadas de polpa de manga cv. Espada

Encontram-se dispostos na Tabela 4.2, os valores de compostos fenólicos totais e atividades antioxidantes das cervejas artesanais adicionadas de polpa de manga cv. Espada.

Tabela 4.2 Quantificação dos compostos fenólicos e atividades antioxidantes das cervejas

Tratamentos	Compostos Fenólicos (mg/100 g)	Atividade antioxidante	
		DPPH	FRAP
Controle	30,20 a	10,67 a	1,70 a
C1	30,73 a	16,69 b	1,96 b
C2	31,08 a	16,49 b	1,94 b
C3	35,91 c	14,14 ab	1,96 b
C4	36,75 c	14,38 ab	2,22 c
C5	33,24 b	15,24 ab	1,65 a
C6	33,04 b	17,04 b	1,67 a
C7	33,16 b	13,23 ab	1,72 a
Média Geral	33,01	14,73	2,00

C1 - cerveja 1 (°Brix (11) e 10% (polpa)); **C2** - cerveja 2 (°Brix (15) e 10% (polpa)); **C3** - cerveja 3 (°Brix (11) e 30% (polpa)); **C4** - cerveja 4 (°Brix (15) e 30% (polpa)); **C5** - cerveja 5 (°Brix (13) e 20% (polpa)); **C6** - cerveja 6 (°Brix (13) e 20% (polpa)); **C7** - cerveja 7 (°Brix (13) e 20% (polpa)).

*Médias com letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de confiabilidade

Com relação a análise de compostos fenólicos totais, pode-se observar que a amostra controle não apresentou diferença significativa das cervejas 1 e 2, apresentando a mesma proporção de compostos fenólicos. As cervejas 5, 6 e 7 apresentaram o mesmo comportamento. Para as cervejas 3 e 4 verificou-se um incremento significativo dos compostos fenólicos. Esse comportamento pode ser atribuído ao fato de ter sido adicionado uma maior porcentagem de polpa, os compostos fenólicos da polpa podem ter migrado para as cervejas. Trindade (2016), ao estudar uma cerveja elaborada adicionada com polpa de amora nas concentrações 0, 10, 20 e 30%, observou que quanto maior a adição de polpa maior foi o teor de compostos fenólicos nas cervejas variando de 373 a 632 mg GAE/100 mL, sendo esses resultados superiores aos encontrados nesse estudo. Santos (2016) e Sorbo (2017), ao introduzirem adjuntos como erva-mate e polpa de maracujá nas cervejas artesanais (como foi realizado nesse estudo), identificaram um aumento dos compostos fenólicos. No entanto, esse comportamento foi observado somente nos tratamentos aos quais foram introduzidos a maior porcentagem dos referidos adjuntos.

O teor de compostos fenólicos totais da cerveja controle (sem adição de polpa) deste estudo foi de 30,20 mg/100 mL. No estudo de Ganbaatar *et al.* (2015), a análise de identificação de compostos fenólicos por meio da cromatografia líquida de alta eficiência identificou maiores concentrações de catequina e ácido gálico, e menores concentrações de ácido ferúlico, rutina, ácido vanílico e ácido p-cumárico em todas as amostras de cervejas analisadas. Piazzon *et al.* (2010), avaliando diferentes estilos de cervejas, observou que apresentaram valores de compostos fenólicos de 48 mg/100 mL (Pilsen) a 87 mg/100 mL (Bock). Na análise de identificação de compostos fenólicos, em todas as cervejas o ácido ferúlico foi o composto fenólico encontrado em maior quantidade.

Neste estudo, a adição da polpa de manga cv. Espada aumentou o teor de compostos fenólicos totais de praticamente todas as cervejas, com destaque para as formulações C3 (35,91 mg/100 mL) e C4 (36,75 mg/100 mL), que apresentaram maiores concentrações em relação à cerveja sem polpa (30,80 mg/100 mL) e próximos ao encontrado na polpa (37,68 mg/100 mL). É comum observar um aumento do teor de compostos fenólicos totais com a adição de polpas de frutas nas *fruit beer*, pois a maioria das frutas são ricas em compostos fenólicos (HAMINIUK

et al., 2012, HAMINIUK *et a.*, 2011). No estudo de Freire (2018), as cervejas tiveram os compostos fenólicos aumentados com a adição de polpa de atemoia e sapoti, apresentando valores de 111,29 e 77,61 mg/100 mL, respectivamente. Vogel (2017), constatou que a adição da polpa de mirtilo aumentou a concentração de polifenóis da cerveja com mirtilos 95,0 mg /100 mL em relação a cerveja Pilsen (sem adição de frutas) que apresentou 73,4 mg /100 mL.

Freire (2018) ao produzir três cervejas pilsen, sendo duas com adição de frutas e uma controle (sem frutas), constatou que a adição das polpas de frutas aumentou o teor de compostos fenólicos totais das cervejas de atemoia 111,29 mg/100 mL e de sapoti 77,61 mg/100 mL em relação à cerveja a controle 64,00 mg/100 mL. Ao adicionar frutas nas cervejas, percebe-se aumento do teor de compostos fenólicos totais nas cervejas, pois a maioria das frutas são ricas em compostos fenólicos. Borszowskei *et al.* (2016) produziram cervejas trigo *weiss* adicionando amora preta, em duas etapas diferentes na fermentação e na maturação, nas proporções 10 e 20%: os mesmos observaram que adição de amora preta no processo de fermentação para 10% (393,14 mg/L) e 20% (530,06 mg/L), quando essas concentrações de amora preta foram adicionadas no processo de maturação para 10% (313,04 mg/L) e 20% (386,89 mg/L). A partir dos valores obtidos, percebeu que na etapa de fermentação houve um incremento bastante significativo dos compostos fenólicos nas cervejas.

Freitas *et al.* (2006) analisaram o teor de compostos fenólicos em 14 cervejas comerciais: cervejas de trigo clara e escura, cerveja de cevada clara e escura e cerveja orgânica de cevada clara, os autores notaram que a cerveja escura de trigo apresentou os maiores valores de polifenóis totais, seguida da cerveja escura de cevada, cerveja clara de trigo e cervejas clara de cevada. Zhao *et al.* (2010) realizaram estudo semelhante a Freitas: os mesmos avaliaram os compostos fenólicos de 34 cervejas adquiridas no comercio chinês e observaram que os resultados variaram de 152,01 (mg GAE/L) a 339,12 (mg GAE/L), os estudiosos mencionaram que o folin-Ciocalteu, amplamente utilizado para quantificar compostos fenólicos em bebidas e extratos de vegetais, pode refletir conteúdo da reação de Maillard, sulfito como também substâncias com atividades redutoras; no entanto, a identificação individual dos compostos fenólicos na cerveja teria um valor mais significativo.

Kawa-Rygielska *et al.* (2019) produziram cerveja utilizando como adjuntos suco de cereja cornelian nas porcentagens 16% de frutas amarelas, 15% de frutas corais e 18% de frutas vermelhas nas etapas de fermentação e maturação; também foi produzida uma cerveja sem adição de frutas. Os autores observaram que houve aumento na concentração de compostos fenólicos de 58% após a fermentação da cerveja, sendo esse resultado inferior quando comparado com as cervejas adicionadas de frutas nas etapas de fermentação e maturação, que

apresentaram um aumento de 90 mg GAE/L com relação a cerveja controle. Foi observado também que adição de suco de fruta na maturação aumentou em 70% os compostos fenólicos com relação às cervejas cujos sucos foram adicionados na fermentação. Os mesmos observaram que ao acrescentar adjunto durante a maturação, obtém-se cervejas com um maior teor de compostos fenólicos relacionadas às cervejas que adicionaram adjunto durante a fermentação.

Em estudo realizado por Nardinia *et al.* (2019) analisaram 15 cervejas comerciais estilo *ale*, onde 10 foram adicionadas de frutas e 5 convencionais: os mesmos observaram que as cervejas adicionadas de frutas apresentaram um teor de compostos fenólicos (399 a 767mg/L) bastante acentuado em relação as cervejas comerciais do tipo *Ale* (321 a 482 mg/L), além disso os autores perceberam que as frutas potencializaram o teor de compostos fenólicos nas cervejas.

De acordo com Maciel *et al.* (2013), os compostos fenólicos presentes na cerveja são provenientes do lúpulo e do malte de cevada. No entanto, os compostos provenientes do lúpulo são mais fáceis de serem caracterizados que os da cevada. A presença de compostos fenólicos na cerveja proporciona uma ação antioxidante, tornando-a capaz de auxiliar em alguns distúrbios fisiológicos do organismo, sem a preocupação dos efeitos do álcool devido a seu baixo teor na bebida.

A Tabela 4.2 também apresenta os resultados da atividade antioxidante das cervejas sem adição de polpa e com a polpa de manga cv. Espada. Em relação à atividade antioxidante, pelo método do radical DPPH, podemos observar que as amostras C1 (16,69 g cerveja.gDPPH⁻¹), C2 (16,49 g cerveja.gDPPH⁻¹) e C6 (17,04 g cerveja.gDPPH⁻¹) diferiram significativamente das amostras Controle (10,67 g cerveja.gDPPH⁻¹) e C7 (13,23 g cerveja.gDPPH⁻¹), apresentando um valor maior, o que determina, por esse método, uma baixa capacidade antioxidante. Se for comparada as quantidades que deverão ser consumidas de cada cerveja para diminuir em 50% a concentração do DPPH●, fica evidente o alto potencial antioxidante das amostras Controle e C7, especialmente a Controle e o baixo potencial das amostras C1, C2 e C6. As amostras C3 e C4 também apresentaram atividade antioxidante significativa, estando relacionada à maior concentração de compostos fenólicos encontrados nessas cervejas. As substâncias antioxidantes presentes nas amostras reagem com o DPPH que é um radical estável, e converte-o em 2,2-difenil-1-picril hidrazina. O grau de descoloração indica o potencial antioxidante da amostra analisada, uma amostra que apresenta alto potencial em sequestrar radicais livres possui baixo valor de EC₅₀. Desta forma, uma pequena quantidade de amostra é capaz de decrescer a concentração inicial do radical DPPH em 50%, ou seja, inibir a oxidação do radical em 50% (LOPES, 2015).

A atividade antioxidante de diferentes amostras é difícil de ser comparada, pois os autores utilizam diferentes diluições das amostras para a realização da análise, já que cada amostra apresenta um poder antioxidante diferente. Além disso, as análises e formas para expressar os resultados são diversas (COUTO; CANNIATTI-BRAZACA, 2010). Stratil *et al* (2007) relatam que a comparação de resultados referentes à atividade antioxidante publicados nos métodos individuais e entre publicações do mesmo método, é frequentemente problemática.

O ensaio de FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) é um método relativamente simples e amplamente utilizado, que é baseado na capacidade dos antioxidantes reduzirem o íon ferro no estado oxidado, ferro férrico (Fe^{3+}), para o estado ferroso (Fe^{2+}). Quando isto acontece na presença do reagente 2,4,6-tripiridil-*S*-triazina (TPTZ), ocorre uma reação colorimétrica acompanhada pela formação de um complexo com o íon Fe^{2+} (STRATIL *et al.*, 2006).

Ao observar os resultados obtidos pelo método FRAP foi verificada a diferença significativa em todas as amostras, sendo a amostra C4 com 2,22 mmol sulf/g a de maior potencial antioxidante, seguida das amostras C1 e C2 com 1,96 mmol sulf/g e 1,94 mmol sulf/g respectivamente, e por último, apresentando uma baixa atividade antioxidante a amostra C5 com 1,65 mmol sulf/g. Brito (2012) avaliando a produção de cerveja artesanal *Pale Ale* encontrou valores de $5,802 \pm 2,54 \mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{L}$. Piazzon *et al.* (2010) analisaram pelo ensaio de FRAP, sete tipos de cervejas comerciais italianas diferentes e utilizaram três marcas distintas para cada tipo de cerveja, onde os resultados variaram entre: $1,52 \mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{L}$ nas cervejas do tipo *desalcolizada*; $3,12 \mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{L}$ em cervejas do tipo *Ale*; e até $4,66 \mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{L}$ nas cervejas tipo *Bock*, valores estes bem próximos ao do presente estudo.

Nesse contexto, Brito *et al.* (2012) averiguaram 29 tipos de cervejas comerciais brasileiras existentes no comércio varejista com o objetivo de comparar a capacidade antioxidante entre elas. Devido a uma grande variedade, já eram esperados valores diferentes de capacidade antioxidante entre os tipos de cervejas analisadas. Foram encontrados, em média, $2,59 \mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{L}$ pelo ensaio de FRAP. Ao compararmos a capacidade antioxidante das cervejas analisadas com a cerveja produzida nesse estudo, a mesma apresentou capacidade antioxidante equivalente, evidenciando uma ótima fonte de antioxidantes. Além disso, podemos concluir que cada tipo de cerveja apresenta, de fato, capacidades e quantidades antioxidantes devido aos ingredientes utilizados, estilo e métodos de produção diferentes.

7.3.2. Avaliação microbiológica das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada

Os resultados da análise microbiológica estão dispostos na Tabela 4.3, as quais apresentaram valores inferiores aos limites estabelecidos pelo regulamento e legislação específicos CP nº 69, 13 junho de 2010 da (ANVISA, 2010).

Tabela 4.3 Análises microbiológicas das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada

Amostra	Coliformes a 35°C (NMP/mL)	Coliformes a 45°C (NMP/mL)	<i>Salmonella</i> sp (ausência em 25g)	Fungos filamentosos e Fungos não filamentosos (UFC/mL)
C1	Ausente	Ausente	Ausente	0,15 _x 10 ¹
C2	Ausente	Ausente	Ausente	0,67 _x 10 ²
C3	Ausente	Ausente	Ausente	0,48 _x 10 ¹
C4	Ausente	Ausente	Ausente	1,01 _x 10 ¹
C5	Ausente	Ausente	Ausente	0,27 _x 10 ²
C6	Ausente	Ausente	Ausente	0,32 _x 10 ²
C7	Ausente	Ausente	Ausente	0,45 _x 10 ¹

C1 - cerveja 1 (°Brix (11) e 10% (polpa)); **C2** - cerveja 2 (°Brix (15) e 10% (polpa)); **C3** - cerveja 3 (°Brix (11) e 30% (polpa)); **C4** - cerveja 4 (°Brix (15) e 30% (polpa)); **C5** - cerveja 5 (°Brix (13) e 20% (polpa)); **C6** - cerveja 6 (°Brix (13) e 20% (polpa)); **C7** - cerveja 7 (°Brix (13) e 20% (polpa)).

Os resultados obtidos para as 7 cervejas não detectaram a presença de coliformes e *Salmonellas* sp. Todas as amostras apresentaram resultados positivos quanto a presença de fungos filamentosos e não filamentosos. A cerveja 2 apresentou maior população de fungos, sendo esta 67 UFC/mL, porém, de acordo com o que preconiza a ANVISA (2010) <100 UFC/mL. De acordo com Vieira et al. (2019), a presença de microrganismos tais como fungos e bactérias mesófilas são comuns em cervejas artesanais devido a contaminação desenvolvida no decorrer do envase e a falta de tratamento térmico como a pasteurização. Todos as cervejas encontram-se aptos ao consumo por apresentarem-se sob faixa microbiológica segura.

7.3.3 Análise sensorial das cervejas artesanais adicionadas de polpa de manga cv. Espada

A partir dos escores obtidos durante as avaliações sensoriais, foi realizada a Análise de Componentes Principais (PCA).

A Figura 4.2 demonstra os componentes principais da análise multivariada, no qual, encontrado uma porcentagem de 69,76% das variações entre as amostras.

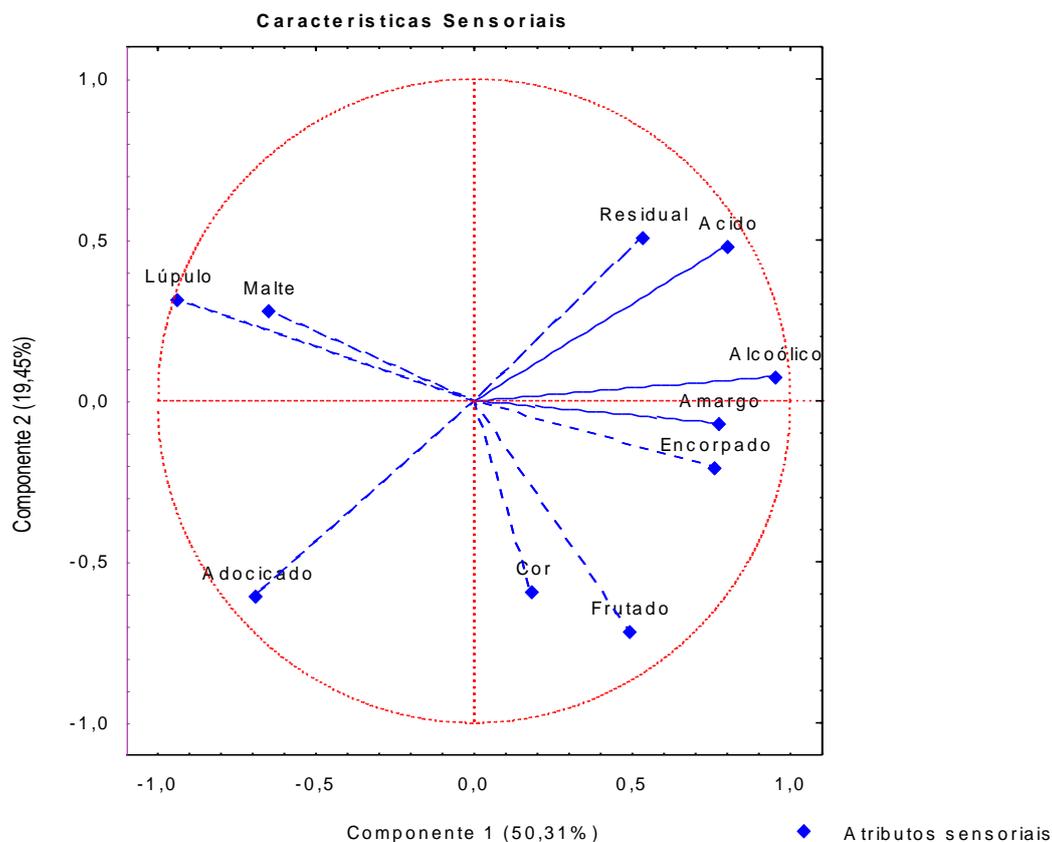


Figura 4.2 Análise de Componentes Principais (PCA) dos atributos sensoriais das cervejas adicionadas de polpa de manga cv. Espada

As amostras de cerveja estão representadas por vetores, no qual cada vetor corresponde ao valor médio atribuído pela equipe sensorial. Através do gráfico, podemos observar que as amostras avaliadas pelos julgadores apresentaram similaridades nos vetores residual, ácido, alcoólico, amargo, encorpado, frutado e cor, por ocuparem regiões próximas no gráfico. O sabor da cerveja é determinado pela matéria-prima, pelo tipo de processo e pela levedura utilizada além dos compostos produzidos durante a maturação. No entanto, pode-se observar que o atributo sabor adocicado foi pouco evidenciado nas amostras, de acordo com a posição que está localizado no gráfico.

Observa-se que os vetores residuais ácido ficaram muito próximos, indicando que existe correlação positiva entre os mesmos. Contudo, para os vetores malte e sabor frutado formaram um ângulo de 180 °C, indicando que não existe correlação entre ambos os vetores: o mesmo comportamento pode ser observado para lúpulo e cor.

7.3.3.1 Dendrograma das cervejas artesanais adicionadas de polpa de manga cv. Espada

Realizou-se uma análise de agrupamento (*Cluster Analysis*), no qual resultou em um dendrograma (Figura 4.3), onde as amostras se correlacionaram de acordo com os atributos das amostras e preferência dos julgadores.

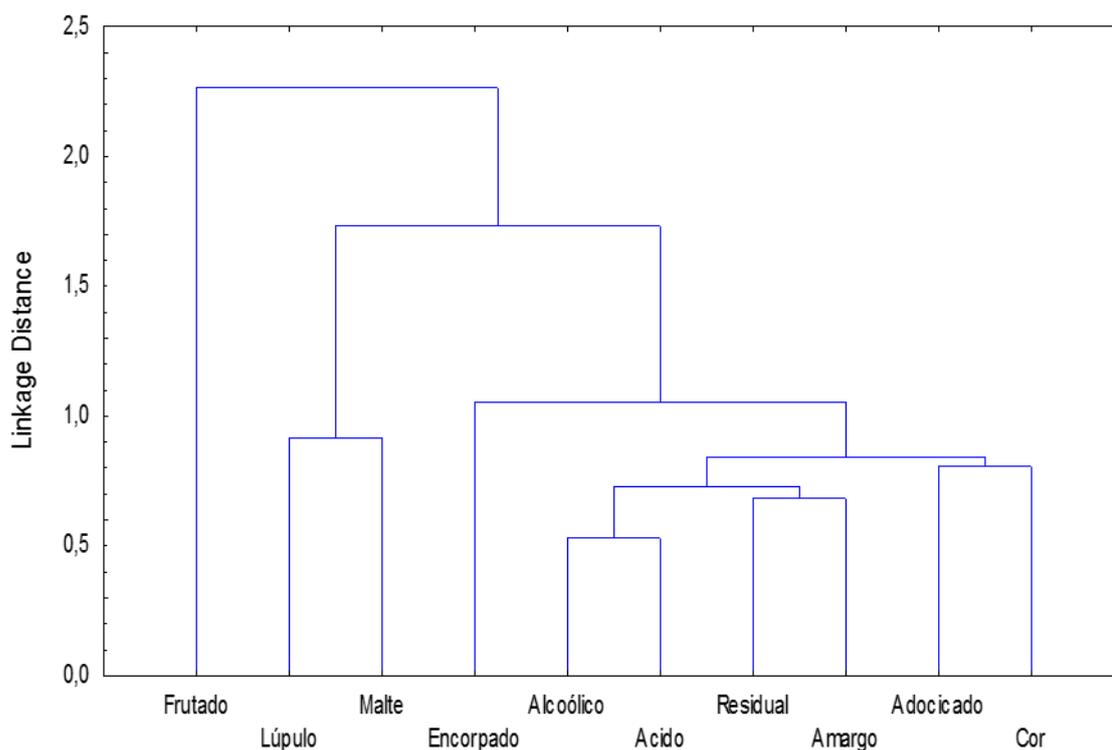


Figura 4.3 Dendrograma para os atributos sensoriais das características sensoriais das cervejas artesanais adicionadas de polpa de manga cv. Espada

No dendrograma os atributos foram agrupados por semelhança, onde formaram grupos de acordo com atributos em comum. O dendrograma ou método de agrupamento foi aplicado para explorar a semelhança existente nas cervejas avaliadas, onde observou-se a formação de clusters distintos. Com relação à aparência, o único atributo avaliado foi à cor. No tocante ao sabor foram avaliados os atributos: adocicado que não formou clusters, no entanto, amargo e residual, ácido e alcoólico formaram clusters por existir semelhança entre si. O atributo encorpado que é uma característica da textura englobou os atributos de sabor. Para a característica aroma formou-se um cluster entre o malte e o lúpulo, porém o frutado formou o último cluster do dendrograma por apresentar-se distinto aos demais atributos.

7.3.3.2 Mapa de preferência interno das cervejas artesanais adicionadas de polpa de manga cv. Espada

Na Figura 4.4 está representada as dimensões do mapa de preferência interno gerado a partir da matriz de correlação de Pearson das respostas hedônicas dos atributos sensoriais das cervejas. Os julgadores estão representados pelos pontos vermelhos, e as amostras pelos pontos azuis.

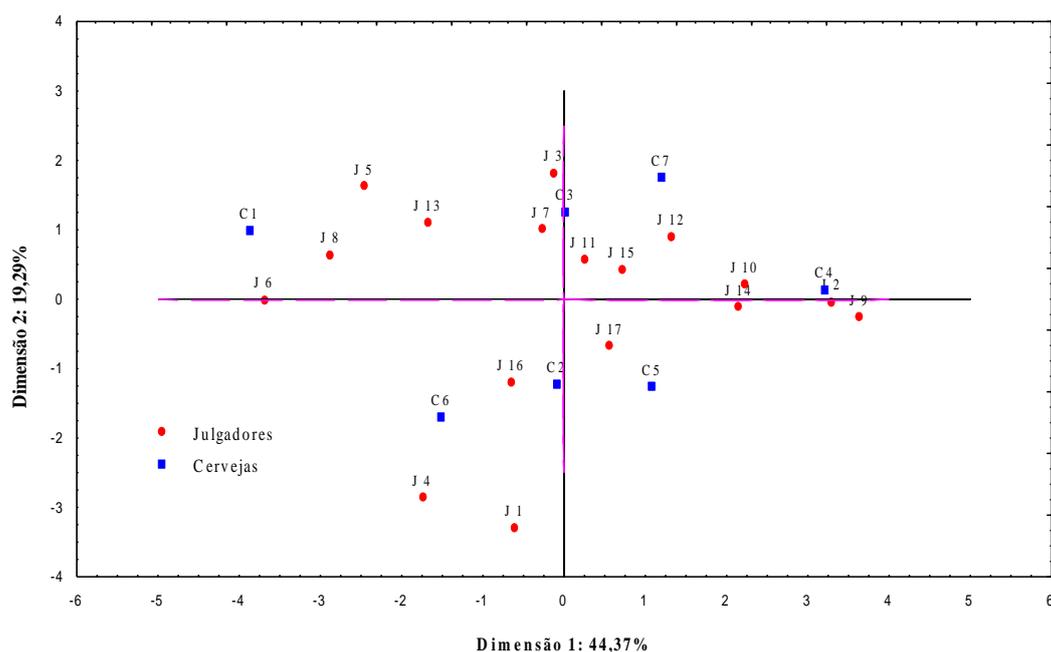


Figura 4.4 Mapa de Preferência Interno para as sete amostras de cerveja de polpa de manga cv. Espada em relação aos atributos sensoriais avaliados pelos julgadores

De acordo com Thompson et al. (2004), o mapa de preferência interno é uma análise de componente principal de uma matriz de dados hedônicos que tem, por um lado, os produtos (as observações), e por outro, o consumidor (variável), que é extraído para uma matriz de variância, na qual permite diferenças preferenciais dos consumidores a serem expressadas. Os Mapas de Preferências Internos são comumente usados para examinar a relação os dados sensoriais e as respostas dos consumidores.

As dimensões 1 e 2 explicam juntas 63,66% da variação ocorrida entre as amostras. Neste caso, pode-se observar que a maioria dos julgadores estão situados nos quadrantes superiores do gráfico indicando que as cervejas 1, 3, 4 e 7 encontram-se em uma região com maior número de provadores e estão se correlacionando positivamente entre si, e que possuem maiores atributos sensórias semelhantes entre si. As cervejas 2, 5 e 6 localizam-se em regiões

com menor quantidade de provadores, indicando que essas cervejas foram as que menos apresentaram semelhanças sensoriais entre si.

A Figura 4.5 mostra o perfil dos atributos sensoriais obtidos de forma global entre os descritores para a cerveja artesanal adicionada de polpa de manga cv. Espada.

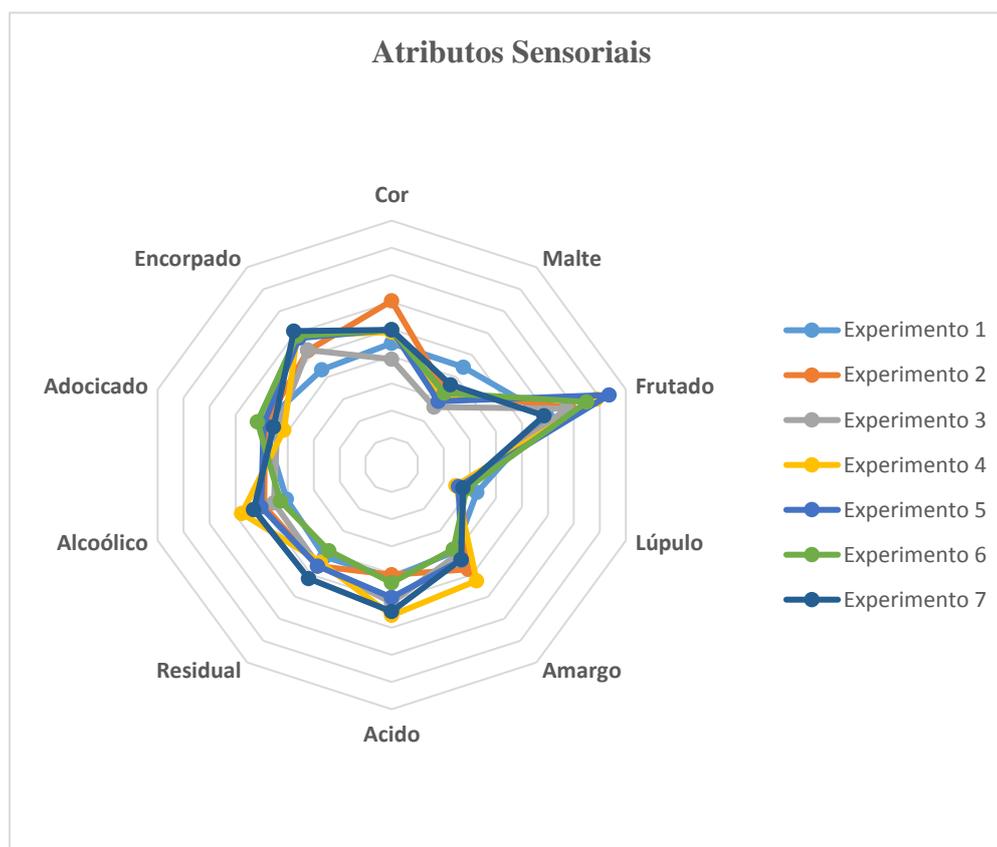


Figura 4.5: Perfil sensorial das formulações das cervejas artesanais adicionadas de polpa de manga cv. Espada

Analisando o perfil sensorial das cervejas podemos observar que alguns atributos foram mais preponderantes como, sabor frutado, ou seja, o aroma da manga que foi mais pronunciado no experimento 5 (20% de polpa). Comportamento semelhante foi observado por Sorbo (2017) ao adicionar polpa de maracujá na cerveja artesanal: o mesmo constatou que a concentração intermediária foi a que mais se destacou com relação as demais. Trindade (2016) ao adicionar polpa de amora na cerveja, percebeu que quanto maior a concentração de amora, mais frutada foi a cerveja, ocorrendo diferença significativa entre todas as formulações.

Em relação à percepção da intensidade do parâmetro cor a cerveja 2 (10% de polpa), destacou-se por apresentar uma coloração mais amarelada, podendo ressaltar que essa amostra tem o menor percentual de polpa de manga cv. Espada. Trindade (2016), ao produzir uma

cerveja artesanal com a incorporação de amora nas mesmas proporções utilizadas nesse estudo 10, 20 e 30%, percebeu que para o atributo cor, o comportamento foi semelhante ao desse estudo. Mesmo comportamento foi observado por Oliveira *et al.* (2015) ao substituir o malte por mel nas concentrações 10, 20 e 30%: os mesmos observaram que a cerveja com 10% de mel foi a mais clara, seguida das amostras com 20 e 30% de mel. De acordo com Casassa *et al.* (2013), tal comportamento nas cervejas possivelmente ocorreu devido a saturação dos pigmentos dos adjuntos utilizados.

Quanto ao perfil relacionado com as características sabor a cerveja 4 (30% de polpa) foi a que mais se destacou nesse atributo, pois apresentou um maior sabor amargo e ácido em relação as demais amostras. Comportamento semelhante foi observado por Trindade (2016), apontando que as cervejas mais apreciadas foram àquelas adicionadas de maior concentração de polpa de amora, ou seja, 20 e 30%.

Inácio (2017) produziu uma cerveja artesanal *Pale Ale* adicionada de xarope de algaroba nas concentrações 10 e 18%: quanto aos atributos sabor e aroma, a amostra que recebeu uma melhor avaliação foi a com maior porcentagem de xarope; no entanto, para os atributos encorpados, amargor e cor as amostras com a menor porcentagem de xarope foram as que se destacaram. Sorbo (2017) elaborou formulações de cerveja artesanal suplementadas com três concentrações de polpa e sólidos solúveis (100% polpa e 15,60 °Brix), (50% polpa e 8,16 °Brix) e (25% polpa e 3,84 °Brix): ao avaliar sensorialmente notou que as amostras com 100% e 50% de polpa obtiveram a mesma média para o atributo sabor; a amostra com a menor concentração de polpa se destacou com a maior média.

Santos (2017) ao desenvolver uma cerveja artesanal com incorporação de biomassa e farinha de banana verde nas proporções (1kg e 0,5kg) para ambos os adjuntos, observou para o atributo cor e adstringência a farinha de banana (1kg) teve maior influência quando comparado com a biomassa. Com relação aos atributos aroma e sabor frutado foi mais evidenciado com a adição da biomassa na concentração (1kg).

A liberação de ésteres gera sabor frutado nas cervejas e essa liberação depende do manejo rigoroso na produção de cervejas, como as características das cepas das leveduras utilizada na fermentação e o perfil de carboidratos presentes no mosto. Fatores externos como a temperatura de fermentação e pressão também influenciam nessa formação de ésteres e álcoois superiores, compostos químicos que formam aroma e sabor frutados em cervejas (VERSTREPEN *et al.*; 2003).

Pinto *et al.* (2015) verificaram que cervejas produzidas com 20% de polpa de acerola e 20% de polpa de abacaxi apresentaram maior escores para os atributos sensoriais de cor,

aroma, sabor e corpo da cerveja, quando comparado as cervejas com adição de 10% e 15% de polpas: o mesmo justifica que a maior adição de polpa influencia positivamente no produto. Manzolli (2016) utilizou suco pasteurizado e suco concentrado de laranja como adjuntos de malte na fabricação de cerveja, percebendo que as maiores notas foram atribuídas às cervejas que utilizaram 10% de ambos os adjuntos para todos os atributos (aparência global, cor, sabor e aroma), e as menores notas foram para as cervejas com 45% de ambos adjuntos.

Quanto ao perfil teor alcoólico as cervejas 4 (30% de polpa) se sobressaiu em relação as demais. No tocante ao sabor de malte e lúpulo essas características foram imperceptíveis em todas as cervejas, entretanto o sabor residual e a textura encorpada mostram-se mais acentuados na cerveja 7.

7.4 Conclusões

Os resultados dos teores de compostos fenólicos totais demonstraram que as cervejas elaboradas com adição de diferentes concentrações de polpa de manga cv. Espada apresentaram teores significativos destes parâmetros, com o aumento da concentração desta matéria-prima.

Os melhores atributos sensoriais destacados nas cervejas, através dos componentes principais, foram: sabor residual da fruta, ácido, alcoólico, amargo, frutado, textura encorpada e cor característica da fruta, confirmado pelas notas obtidas a esses atributos.

De acordo com o mapa de preferência Inierno, as cervejas (1, 3, 4 e 7) foram as que apresentaram maior similaridade entre si.

A incorporação de frutas na formulação das cervejas artesanais permite a criação de novos estilos, valorizando o uso de frutas regionais e despertando a atenção dos consumidores para esse novo segmento de bebidas.

Referências

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Análise sensorial de alimentos e bebidas** - NBR 12806. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 8 p.

ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2010. **Consulta Pública (CP) nº 69, 13 de junho de 2010.** Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/392707/Relatorio_Contribuicoes_aditivos.pdf/5871a541-12f7-46da-9434-f70b11044147> Acesso em: 27 out. 2019.

BORSZOWSKI, P. R.; RUSIN, C.; GARCIA, C.; EING, K.K.C, PEREIRA, M.A.; HELLMANN S.S.; BOTELHO, R.V. **Características químicas da cerveja com adição de amora preta (*rubusidaeus*) no tempo de fermentação e maturação.** In: XXV Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologia de Alimentos. Fundação de Apoio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Gramado, 2016, **Anais...** Gramado, FAURGS, 2016.

BRAND-WILIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v.28, p.25-30. 1995.

BRITO, T. C. **Influência do corpo da cerveja de diferentes tipos e estilos sobre a atividade antioxidante, o teor de compostos fenólicos e o amargor da bebida.** 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos). Instituto de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. UFRJ. Rio de Janeiro, 2012.

CASASSA, L. F. Effect of extended maceration and ethanol concentration on the extraction and evolution of phenolics, color components and sensory attributes of Merlot wines. **Aust. J. Grape Wine Res**, v. 19, n.1, p. 25-39, 2013.

COUTO, M. A. L; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Quantificação de vitamina C e capacidade antioxidante de variedades cítricas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.30, n. (Supl.1), p:15-19, 2010.

FERREIRA, D.F. **Estatística Multivariada.** 2. ed. Lavras: UFLA, 2011. 676 p.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FREIRE, B. R. **Produção de Cerveja Artesanal com Frutas Exóticas e Avaliação da Imobilização de Leveduras em Micropartículas Magnetopoliméricas no processo de Fermentação Alcoólica.** 2018. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologias em Saúde) – Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

FREITAS, G. L de KUSKOSKI, E. M.; GONZAGA, L.; FETT, R. Avaliação da atividade antioxidante de diferentes cervejas aplicando os métodos ABTS e DPPH. **Revista de Alimentos e Nutrição**, v.17, n.3, p.303-307, 2006.

GANBAATAR, C. et al. Liquid chromatographic determination of polyphenenols in czech beers during brewing process. **Potravinarstvo Scientific Journal for Food Industry**, v. 9, n. 1, p. 24-30, 2015.

HAMINIUK C. W. I; PLATA-OVIEDO, M. S.V; GUEDES, A. R; STAFUSSA, A. P; BONA, E; CARPES, S. T. Chemical, antioxidant and antibacterial study of Brazilian fruits. **International Journal of Food Science e Technology**. 46:1529-1537, 2011;.

HAMINIUK, C. W. I; MACIEL, G. M; PLATA-OVIEDO, M. S. V; PERALTA, R. M. Phenolic compounds in fruits – an overview. **International Journal of Food Science & Technology**, 47:2013-2024, 2012.

IMAIZUMI, V. M. **Cerveja com jabuticaba: caracterização físico-química, energética e sensorial**. 2019. 94f. Tese (Doutorado em Agronomia). - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas. Unesp. São Paulo, 2019.

INÁCIO, R. O. **Desenvolvimento e avaliação sensorial de cerveja artesanal tipo *belgian pale ale* adicionada de xarope de algaroba**. 2017. 53f. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2017.

KAWA-RYGIELSKA, J.; ADAMENKO, K.; kucharska, A. Z.; PROROK, P.; PIÓRECKI, N, Physicochemical and antioxidative properties of Cornelian cherry beer. **Revista Food Chemistry**, v.281, p. 147–153, 2019.

LOPES, M. F. **Compostos bioativos e capacidade antioxidante em *blends* em pó de frutas e hortaliças obtidos por atomização**. 2015. 154f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos). Universidade Federal de Campina Grande- UFCG. Campina Grande, 2015.

MACIEL, D. C.; ELÓI, L. M. H. Compostos fenólicos em diferentes marcas de cerveja: comparação qualitativa de diferentes marcas e sua relação com a saúde humana. **Revista Uniara**. v.16, n.1, p. 41-52, 2013.

MANZOLLI, E. S. **Produção de cerveja utilizando laranja como adjunto de malte**. 2016. 95f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Aplicada) - Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2016.

MELO, E. A.; ARAÚJO, C. R. Mangas das variedades Espada, Rosa e Tommy Atkins: compostos bioativos e potencial antioxidante. **Seminário: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1451- 1460, 2011.

MIGUEL, A. C. A.; DURIGAN, J. F.; BARBOSA, J. C.; MORGADO, C. M. A. Qualidade de mangas cv. Palmer após armazenamento a baixas temperaturas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 398- 408, 2013.

MINIM, V. P. R. **Análise Sensorial: estudos com consumidores**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2006, 225p.

NARDINIA, M.; GARAGUSOB, I. Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit beers. **Revista Food Chemistry**, v.305, p. 125–137, 2019.

OLIVEIRA, M.; FABER, C. R.; PLATA-OVIEDO, M. S. V. Elaboração de cerveja artesanal a partir da substituição parcial do malte por mel. **Brazilian Journal of Food Research**, v. 6, n. 3, p. 01 – 10, 2015.

PIAZZON, A.; FORTE, M.; NARDINI, M. Characterization of phenolics content and antioxidant activity of different beer types. **Journal of Agricultural Food and Chemistry**, v. 58, n. 19, p. 10677–10683, 2010.

PINTO, L. I. F.; RAFAEL, A. Z., EDILBERTO, C. dos S. J., DORASILVIA, F. P. Desenvolvimento de cerveja artesanal com acerola (*Malpighia emarginata* DC) e abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 4, p. 67 - 71, 2015.

RUFINO, M. do S. M.; ALVES, R. do E.; BRITO, E. S. de.; MORAIS, S. M. de.; SAMPAIO, C. de G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D.; **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de Redução do Ferro (FRAP)**. Comunicado Técnico 125, Fortaleza, 2006.

SANTOS, C. O dos. **Elaboração de cerveja com adição de erva-mate (*ilex paraguariensis* a. st.-hil.): qualidade físico-química e sensorial**. 2006. 129f. Dissertação (Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

SANTOS, J. A dos. **Desenvolvimento de cervejas witbier com biomassa e farinha de banana verde**. 2017. 99f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato, Cuiabá, 2017.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and it's use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A.; TANIWAKI, M.H.; SANTOS, R.F.S.; GOMES, R.A.R. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 5ª edição. São Paulo: Livraria Varela, 2015.

SINGH, Z.; SINGH, R. K.; SANE, V. A.; NATH, P. Mango-postharvest biology and biotechnology. **Critical Review in Plant Sciences**, v. 32, n.4, p. 217-236, 2013.

SORBO, A. C. A.C. **Avaliação das propriedades de uma cerveja artesanal tipo pilsen suplementada com polpa de maracujá**. 2017. 62f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrônômicas) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017.

SOUZA, S. F.; MARIANO, J. L.; GUEDES, J. P. M.; LIMA, J. R. F. Competitividade e parcela de mercado das exportações brasileiras de manga: Uma análise do modelo constante Market Share. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 47, n.1, p. 39-48, 2016.

STRATIL, P.; KLEJDUS, B.; KUBÁŇ, V. Determination of phenolic compounds and their antioxidant activity in fruits and cereals. **Talanta**, v. 71, n. 4, p. 1741-1751, 2007.

STRATIL, P.; KLEJDUS, B; KUBAN, V. Determination of Total Content of Phenolic Compounds and Their Antioxidant Activity in Vegetables Evaluation of Spectrophotometric Methods. **Journal of Agriculture Food Chemistry**, v.54, p.607-616, 2006.

THOMPSON, J. L.; DRAKE, M.A.; LOPETCHARAT, K., YATES, M. D. Preference Mapping of Commercial Chocolate Milks. **Journal of Food Science**, v. 69, n. 9, p. 406-413, 2004.

TRINDADE, S. C.; **Incorporação de amora na elaboração de cerveja artesanal**. 2016. 62f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2016.

VERSTREPEN, K. J.; DERDELINCKX, G.; DUFOUR, J.; WINDERICKX, J.; THEVELEIN, J. M.; PRETORIUS, I. S.; DELVAUX, F. R. Flavor-active esters: adding fruitiness to beer. **Journal of bioscience and bioengineering**, v. 96, n. 2, p. 110-118, 2003.

VICINI, L. **Análise Multivariada da Teoria à Prática**. 2005. 215 p Monografia (especialização) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

VIEIRA, J. S. C; CAVALCANTE, D. S; CASTRO, W. S; SOUSA, J. A; MAGALHÃES, A. N; RODRIGUES, D. S; SILVA, A. J. S: **Avaliação microbiológica de cervejas artesanais de alta fermentação**. In: 59º Congresso Brasileiro de Química, 2019, João Pessoa. **Anais...**, João Pessoa:CBQ, 2019.

VOGEL, C. **Avaliação da adição de pequenas frutas (berries) na produção de cerveja artesanal: análise físico-química, sensorial, compostos fenólicos e atividade aantioxidante**. 2017, 82f. TCC (graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal da Fronteira Sul. Laranjeira do Sul, 2017.

WATERHOUSE, A. Folin-ciocalteu micro method for total phenol in wine. **American journal of Enology and viticulture**, p. 3-5, 2006.

ZHAO, H.; CHEN, W.; LU, J.; ZHAO, M. Phenolic Profiles and Antioxidant Activities of Commercial beers. **Revista Food Chemistry**, v.119, n. 3, p. 1150–1158, 2010.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Análise sensorial de alimentos e bebidas** - NBR 12806. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. 8 p.

ABOUMRAD, J. P. C. **Análise e simulação das operações de mosturação e fermentação no processo de produção de cervejas**. 2015. 81f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro .2015.

ANDREWS, E. Who invented beer? **History**, 2014. Disponível em:<<http://www.history.com/news/ask-history/who-invented-beer>>. Acesso em: 21 fevereiro 2017.

AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, U. A. **Biotecnologia na produção de alimentos**, vol. 4, 2013.

ARAÚJO, F. B.; SILVA, P. H. A.; MINIM, V. P. R. Perfil sensorial e composição físico-química de cervejas provenientes de dois segmentos do mercado brasileiro. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 121-128, 2003.

ARRUDA, I. N. Q.; PEREIRA JUNIOR, V. A.; GOULART, G. A. S. Produção de cerveja com adição de polpa de murici (*byrsonima ssp.*), Interdisciplinar: **Revista Eletrônica da Univar**, v. 2, n.10, p.129 –136, 2013.

AZOUBEL, P. M. AMORIM, M. R.; OLIVEIRA S. S. B.; BAIMA, M. A. M.; CASTRO, M. da S. **Cinética de secagem de manga com e sem pré-tratamento ultrassônico**. In: XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2010, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu :UEM: ABEQ: UNICAMP, 2010.

BATISTA, R. A. **Produção e avaliação sensorial de cerveja com pinhão (*Araucaria angustifolia*)**. 2014. 108p. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Industrial na Área de Microbiologia Aplicada) – Universidade de São Paulo, Lorena, 2014.

BENEVIDES, S. D.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C.; CASTRO, V. C. Qualidade da manga e polpa da manga Ubá. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 571-578, 2008.

BEZZI, M. A. **Tribuna**. De prima pobre, a cerveja agora é bebida fina. 2009. Disponível em: <http://www.tribunatp.com.br/modules/news/article.php?storyid=3096>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2018.

BIENDL, M. Hops and Health. Master Brewers Association of the Americas Technical Quarterly, Mainburg, v. 46, 2009.

BORSZOWSKI, P. R.; RUSIN, C.; G, C.; EING, K. K. C.; PEREIRA, M. A.; HELLMANN, S. S.; BOTELHO, R.V. **Características químicas da cerveja com adição de amora preta (*Rubusidaeus*) no tempo de fermentação e maturação**. In: XXV Congresso Brasileiro de Ciência e tecnologia de Alimentos, 2016, Gramado, **Anais...** Gramado, UFRGS 2016,

BOTELHO, B. G. **Perfil de aminas bioativos características físico-químicas em cervejas**. 2009. 74p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2009.

BRASIL. Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 4 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial**. Brasília, 05 de junho 2009. Seção1.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/MAPA. Instrução Normativa nº 1, de 07 de janeiro de 2000. Regulamento Técnico Geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 de janeiro de 2000, seção 1, página 54.

BRUNELLI, L. T.; MANSANO, A. R.; VENTURINI FILHO, W. G. Caracterização físico-química de cervejas elaboradas com mel. **Brazilian Journal Food Technology**, v.17, n.1, p.19-27, 2014.

CARVALHO, B. M; BENTO, C. V.; SILVA, J. B. A. Elementos Biotecnológicos Fundamentais no Processo Cervejeiro: 1ª parte – As Leveduras. **Revista Analytica**, n. 25, 2006.

CARVALHO, G. B. M. **Obtenção de cerveja usando banana como adjunto e aromatizante**. 2009. 163f. Tese (Doutorado – Programa de pós-graduação em biotecnologia industrial. Área de concentração: Conversão de biomassa) – Escola de Engenharia de Lorena, USP, Lorena, 2009.

CERVBRASIL. **Associação Brasileira da Indústria de Cerveja. Anuário 2016.** 2016. Disponível:http://www.cervbrasil.org.br/arquivos/anuario2016/161130_CervBrasilAnuario2016_WEB.pdf. Acesso em 15 de setembro de 2018.

CERVESIA. **Tecnologia cervejeira.** Disponível em: <http://www.cervesia.com.br>>. Acesso em: 12 fevereiro. 2018.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. D. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio.** 2. Ed. Lavras: UFLA, 2005. 783 p.

CHITARRA, M. I. F; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e manuseio.** Lavras: ESAL/FAEPE, 1990, 293p.

CHOUDHUDY, M. M; COSTA, T. S. **Perdas na cadeia de comercialização da manga.** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2004, 41p.

DANIELS, Ray. **Designing Great Beers: The Ultimate Guide to Brewing Classic Beer Styles.** Brewers Publications, 2000.

DIAS, C. S., BORGES, S.V., QUEIROZ, F, PEREIRA P. A. P. Influência da temperatura sobre as alterações físicas, físico-químicas e químicas de geleia da casca de banana (*Musa spp.*) Cv. Prata durante o armazenamento. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 70, n. 1, p. 28-34, 2011.

DIAS, D. R.; SCHWAN, R. F; LIMA, L. C. O. Metodologia para elaboração de fermentado de cajá. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 3, p. 342-350, 2003.

DIMAS, N. D. **Análise química da cerveja 2M em termos dos teores de Ca, Cu, Fe, K, Mg, Na e Zn e verificação da concentração dos teores destes 127 elementos a partir da água e do malte.** 2010. 45f. Trabalho de Licenciatura, Faculdade de Ciências, Departamento de Química, Maputo, 2010.

DRAGONE, G.; ALMEIDA E SILVA, J. B. Cerveja. In: VENTURINI FILHO, W. G. **Tecnologia de Bebidas: Bebidas alcoólicas.** v.1. São Paulo: Blucher, 2010.

FARIA, M. T. de. **O completo manual de cerveja em casa.** 1. ed. São Paulo: Online, 2015.

FLORES, A. B.; GRÄFF, A.; CORNELIUS, E.; SOUZA, C. F. V. de. Perfil sensorial e avaliações físico-químicas de cerveja artesanal de chocolate e caramelo. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 7, n. 4, p. 158-166, 2015.

FREITAS G.L.; KUSKOSKI, E. M.; GONZAGA, L.; FETT, R. Avaliação da atividade antioxidante de diferentes cervejas aplicando os métodos ABTS e DPPH. **Revista Alimento e Nutrição**, Araraquara, v.17, n.3, p.303-307, 2006.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações.** São Paulo: Nobel, 2008.

GUO, C.; YANG, J.; WEI, J.; LI, Y.; XU, J.; JIANG, Y. Antioxidant activities of peel, pul and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. **Nutrition Research**, v. 23, n. 12, p. 1719-1726, 2003.

HENDGES, D. H. **Produção de cervejas com teor reduzido de etanol, contendo quinoa malteada como adjunto**. 2014. 93p. Tese (Doutorado em Biotecnologia Industrial na Área de Microbiologia Aplicada) – Universidade de São Paulo. Lorena. 2014.

IJORGE, E. P. M. **Processamento de cerveja sem álcool**. Goiás: UCG, 2004. 72p.

JUNIOR, A. A. D.; VIEIRA, A. G.; FERREIRA, T. P. Processo de produção de cerveja. **Revista Processos Químicos**, 2009.

KAUR, C.; KAPOOR, H. C. Antioxidants in fruits and vegetables - the millennium's health. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 36, n. 7, p. 703-725, 2001.

LAZZARI, L. M.; JUNIOR, J. P. V.; REFFATTI, F.; BAGNARIOLLI, B. **Produção de Cerveja**. Disciplina de Engenharia Bioquímica - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

LIMA, T. de A. **Qualidade físico-química de polpas de manga congeladas comercializadas em Imperatriz- MA**. 2013. 32f. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Maranhão UFMA. Imperatriz, 2013.

MANZOLLI, E. S. **Produção de cerveja utilizando laranja como adjunto de malte**. 2015. 95p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo. Lorena, 2015.

MARTIM, N. S. P. P. **Estudo das características de processamento da manga (*Mangífera índica L.*) variedade *Tommy Atkins* desidratada**. 2006. 76f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

MATOS, R. A. G. **Cerveja: panorama do mercado, produção artesanal, e avaliação de aceitação e preferência**. 2011. 78f Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.

MINIM, V. P.R. **Análise sensorial: estudos com consumidores**. Viçosa: UFV, 2006.

MORADO, R. **Larousse da cerveja**. São Paulo: Larousse do Brasil, 2009. 357 p.

MUNIZ, L. D.; MELO, V. F. de.; BISPO, J. A. C.; BIANCHI, V. L. D.; CARVALHO, G. B. M. de. **Suco de cajá (spondias mombin l.) como adjunto na produção de cerveja: análises físico-químicas, sensorial e estudo cinético**. In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2014, Florianópolis, **Anais...** Florianópolis: COBEQ, 2014.

OETTERER, M.; REGITANO-D'ACRE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Barueri, SP: Manole, 2006.

OLIVEIRA, F. S. O. **Produção e caracterização de cervejas tipo witbier a partir de malte de trigo e trigo não maltado**, 2017. 36f. TCC (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Maranhão UFMA. Imperatriz, 2017.

OLIVEIRA, M.; FABER, C. R.; PLATA-OVIEDO, M. S. V. Elaboração de Cerveja Artesanal a Partir da Substituição Parcial do Malte por Mel. **Brazilian Journal of Food Research**, v. 6, n. 3, p. 01-10, 2015.

PAPAZIAN, C. **The Homebrewer's Companion**. New York: Harper Collins Publishers Inc, 2 ed, 2014.

PASTORE, G. M.; BICAS, J. L.; JUNIOR, M. R. M. **Biotecnologia de Alimentos**, ed. Atheneu, São Paulo, 2013.

PINTO, L. I. F. **Acerola (*Malpighia emarginata* DC) e Abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill) como adjunto no processamento de cerveja: caracterização e aceitabilidade**. 2015. 88p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2015.

PINTO, L. I. F.; ZAMBELLI, R. A.; SANTOS JUNIOR, E. C. dos.; PONTES, D. F. Desenvolvimento de Cerveja Artesanal com Acerola (*Malpighia emarginata* DC) e Abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill). **Revista Verde**, v. 10, n. 4, p. 67 - 71, 2015.

REBELLO, F. de F. P. Produção de Cerveja. **Revista Agrogeoambiental**, v.1, n. 3, p. 145-155, 2009.

REIS, E. F. L. **Produção e análise de cerveja artesanal utilizando adjunto de milho cultivado na região centro-oeste brasileira**. 2016. 60p. Monografia (Graduação em Química) – Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

SCALZO, J.; POLITI, A.; PELEGRINI, N.; MEZZETTI, B. M. Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. **Nutrition**, v. 21, n. 2, p. 207-213, 2005.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and it's use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

SILVA, L. R. G.; TOLEDO, S.; VARGAS, A. M. P. Produção de cerveja tipo american pale ale. **Revista Científica Univiçosa**, v. 7, n. 1, p.1- 6, 2015.

SIQUEIRA, P. B.; BOLINI, H. M. A.; MACEDO, G. A. O processo de fabricação da cerveja e seus efeitos na presença de polifenóis. **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 4, p. 491-498, 2008.

SOCIEDADE DA CERVEJA. **Matérias-primas**. Disponível em: <<http://www.sociedadedacerveja.com.br>>. Acesso em: 24 janeiro 2018.

STRONG, G., BACH, P.R., GAROFALO, P., Hall, M.J., HOUSEMAN, D., TUMARKIN, M. (2008) Diretrizes de Estilo para Cerveja BJCP - **Beer Judge Certification Program**.

TAYLOR, M.; FARADAY, D. B. F.; O'SHAUGHNESSY, C. L.; UNDERWOOD, B. O., REED, R. J. R. Quantitative determination of fouling layer composition in the microfiltration of beer. **Separation and Purification Technology**, v. 22-23, p.133-142, 2001.

TOZETTO, L. M. **Produção e caracterização de cerveja artesanal adicionada de gengibre (*Zingiber officinale*)**. 2017. 80f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

TRIANDADE, S. C. **Incorporação de amora na elaboração de cerveja artesanal**. 2006. 62p. Dissertação (Mestrado em Ciências Rurais) – Universidade Federal de Santa Maria. Rio Grande do Sul, 2006.

VENTURINI FILHO, W. G. **Tecnologia de Bebidas: Bebidas alcoólicas**. v.1. São Paulo: Blucher, 2010.

VENTURINI FILHO, W. G. **Tecnologia de Cerveja**. Funep: Botucatu, 2000. 83p.

VENTURINI FILHO, W. G.; CEREDA, M.P. Cerveja, In: ALMEIDA LIMA, U.; AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W. **Biotechnologia Industrial na Produção de Alimentos**. São Paulo: Edgar Blucher, 2001, p. 91-144.

VIEIRA, G. P. **Compostos fenólicos, capacidade antioxidante e alcaloides em folhas e frutos (pericarpo, polpa e sementes) de *passifloras* spp.** 2013. 81p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos e Nutrição Experimental) – Universidade de São Paulo, São Paulo. 2013.

VOGEL, Cristiane. **Avaliação da adição de pequenas frutas (berries) na produção de cerveja artesanal: análise físico-química, sensorial, compostos fenólicos e antioxidantes**. 2017. 82p. TCC (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Fronteira Sul, Paraná, 2017.

ANEXOS

ANEXO A

Tabela 1: Valores de R² da cinética de fermentação da cerveja de manga.

Manga Madura	Cinética de Fermentação	Brix
Experimentos	Equação: $a + b * \exp(c * (t^d))$	R²
1	$y=(4,6118)+(6,66672)*\exp((-0,00551)*(x^{**}(1,18252)))$	0,990735157
2	$y=(6,99607)+(8,3759)*\exp((-0,00154)*(x^{**}(1,58884)))$	0,997827296
3	$y=(4,93751)+(6,69136)*\exp((-0,00244)*(x^{**}(1,48169)))$	0,998462195
4	$y=(5,98006)+(9,26885)*\exp((-0,41e-3)*(x^{**}(1,90594)))$	0,998701862
5	$y=(6,06219)+(7,33815)*\exp((-0,00147)*(x^{**}(1,65956)))$	0,996159098
6	$y=(6,06219)+(7,33815)*\exp((-0,00147)*(x^{**}(1,65956)))$	0,996159098
7	$y=(6,06219)+(7,33815)*\exp((-0,00147)*(x^{**}(1,65956)))$	0,996159098
Manga Madura	Cinética de Fermentação	pH
Experimentos	Equação: $a + b * \exp(c * (t^d))$	R²
1	$y=(3,92344)+(1,14907)*\exp((-0,05017)*(x^{**}(1,643284)))$	0,980342024
2	$y=(4,23259)+(8,43187)*\exp((-0,00925)*(x^{**}(1,14623)))$	0,963556674
3	$y=(52,4372)+(-47,691)*\exp((-0,001669)*(x^{**}(1,373763)))$	0,979685855
4	$y=(5,46334)+(-7,7226)*\exp((-0,09433)*(x^{**}(1,318565)))$	0,970721024
5	$y=(4,1335)+(6,50385)*\exp((-0,06121)*(x^{**}(1,658134)))$	0,958737479
6	$y=(9,92028)+(-5,1236)*\exp((-0,016965)*(x^{**}(1,351159)))$	0,963673138
7	$y=(10,8388)+(-6,0522)*\exp((-0,0142)*(x^{**}(1,351343)))$	0,951738936
Manga Madura	Cinética de Fermentação	Acidez
Experimentos	Equação: $a + b * \exp(c * (t^d))$	R²
1	$y=(1,192434)+(0,19228)*\exp((-0,808703)*(x^{**}(1,180693)))$	0,931329892
2	$y=(0,330019)+(0,006316)*\exp((-0,128937)*(x^{**}(1,591486)))$	0,912673147
3	$y=(0,221296)+(0,040488)*\exp((-0,475491)*(x^{**}(1,241324)))$	0,972358096
4	$y=(0,269683)+(0,095171)*\exp((-0,221699)*(x^{**}(1,293033)))$	0,876913712
5	$y=(0,314548)+(0,10601)*\exp((-0,148757)*(x^{**}(1,561314)))$	0,965733474
6	$y=(0,314548)+(0,10601)*\exp((-0,148757)*(x^{**}(1,561314)))$	0,965733474
7	$y=(0,314548)+(0,10601)*\exp((-0,148757)*(x^{**}(1,561314)))$	0,965733474
Manga Madura	Cinética de Fermentação	A. T
Experimentos	Equação: $a + b * \exp(c * (t^d))$	R²
1	$y=(0,831881)+(9,73247)*\exp((-0,0056)*(x^{**}(1,28281)))$	0,994719530
2	$y=(0,968681)+(10,3699)*\exp((-0,00195)*(x^{**}(1,51189)))$	0,992354952
3	$y=(0,857453)+(9,66063)*\exp((-0,00795)*(x^{**}(1,17029)))$	0,993314397
4	$y=(1,23684)+(9,93409)*\exp((-0,00441)*(x^{**}(1,34064)))$	0,989112335
5	$y=(1,20648)+(9,22015)*\exp((-0,99e-3)*(x^{**}(1,66861)))$	0,989991167
6	$y=(1,22489)+(9,19975)*\exp((-0,00101)*(x^{**}(1,66504)))$	0,989645535
7	$y=(1,20624)+(9,21163)*\exp((-0,94e-3)*(x^{**}(1,68002)))$	0,989936596
Manga Madura	Cinética de Fermentação	A. R
Experimentos	Equação: $a + b * \exp(c * (t^d))$	R²
1	$y=(-23,204)+(28,6961)*\exp((-0,00124)*(x^{**}(1,906287)))$	0,987752176
2	$y=(-8,6078)+(14,3867)*\exp((-0,00365)*(x^{**}(1,861325)))$	0,988849266
3	$y=(-19,991)+(26,0636)*\exp((-0,00255)*(x^{**}(1,814287)))$	0,989925464
4	$y=(-21,295)+(27,5647)*\exp((-0,00314)*(x^{**}(1,770682)))$	0,989660098
5	$y=(-8,1326)+(14,3592)*\exp((-0,00672)*(x^{**}(1,771054)))$	0,987051214
6	$y=(-21,417)+(27,5417)*\exp((-0,00269)*(x^{**}(1,798504)))$	0,988680063

$$7 \quad y = (-26,724) + (32,7891) * \exp((-0,00218) * (x^{**}(,800663))) \quad 0,988502335$$

Manga Madura	Cinética de Fermentação	Teor Alcólico
Experimentos	Equação: $a + b * \exp(c * (t^d))$	R²
1	$y = (-531,32) + (531,173) * \exp((,492e-3) * (x^{**}(,477681)))$	0,969644495
2	$y = (-765,02) + (764,634) * \exp((,431e-3) * (x^{**}(,501981)))$	0,948789276
3	$y = (-7,5166) + (7,45813) * \exp((,017935) * (x^{**}(,5865)))$	0,984685620
4	$y = (-54,338) + (54,0753) * \exp((,004613) * (x^{**}(,537903)))$	0,978934647
5	$y = (-1777,2) + (1776,95) * \exp((,161e-3) * (x^{**}(,494386)))$	0,976018502
6	$y = (-1,2133) + (1,01535) * \exp((,262561) * (x^{**}(,338259)))$	0,990010281
7	$y = (-229,62) + (229,45) * \exp((,618e-3) * (x^{**}(,62911)))$	0,990583809

ANEXO B

Fichas usadas no treinamento dos julgadores da cerveja artesanal adicionada de polpa de manga cv. Espada



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Teste de Reconhecimento de Odores		
Nome:		Data: / /
Odores possíveis: abacaxi, aguardente, vinagre, orégano, baunilha, ovo, canela, cacau, café, erva doce, cravo, chocolate, gengibre, fermento, laranja, limão, maçã, maracujá, umbu, umbu-cajá, cajá, cajá, manga, mel		
Amostra	Aroma de	Certo/errado
Total de acertos	Percentual de acertos	Aprovado () sim () não

ANEXO C



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Teste de Reconhecimento de gostos básicos		
Nome:		Data: / /
Sabores: Doce, salgado, ácido, amargo e umami		
Amostra	Sabor:	Certo / Errado
Total de acertos:	Percentual de acertos:	Aprovado () Sim () Não
Amostra	Sabor:	Certo / Errado

ANEXO D



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Comparação		
Nome:		Data: / /
Por favor, compare as duas amostras quanto a aparência, aroma, sabor e características textural e indique em que são similares e em que são diferentes		
AMOSTRA:	SIMILARIDADES	DIFERENÇAS
APARÊNCIA		
AROMA		
SABOR		
CARCTERISTICAS TEXTURAL		

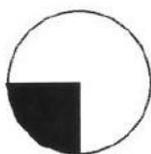
ANEXO E



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Nome: _____ Data: ___/___/___

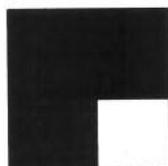
Marque na linha de cada figura um ponto que indique a proporção da figura que foi coberta de preto. Não use a régua, use apenas a sua visão.



Nenhuma | _____ | Toda



Nenhuma | _____ | Toda



Nenhuma | _____ | Toda

ANEXO F



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Nome: _____ Data: ___/___/___

Por favor, avalie a intensidade de cada um dos atributos de aparência, aroma, sabor e característica textural destas amostras de cerveja, marcando na escala um traço vertical no local apropriado. Utilize alguns padrões como referência.

APARÊNCIA

Cor

_____	Clara	_____	Escura
_____	Clara	_____	Escura
_____	Clara	_____	Escura
_____	Clara	_____	Escura
_____	Clara	_____	Escura
_____	Clara	_____	Escura
_____	Clara	_____	Escura

AROMA

Malte

_____	Nenhum	_____	Forte
_____	Nenhum	_____	Forte
_____	Nenhum	_____	Forte
_____	Nenhum	_____	Forte
_____	Nenhum	_____	Forte
_____	Nenhum	_____	Forte
_____	Nenhum	_____	Forte

Frutado

_____	Nenhum	_____	Forte
_____	Nenhum	_____	Forte

_____ Nenhum _____ Forte
 _____ Nenhum _____ Forte
 _____ Nenhum _____ Forte
 _____ Nenhum _____ Forte
 _____ Nenhum _____ Forte

Lúpulo

_____ Nenhum _____ Forte
 _____ Nenhum _____ Forte

SABOR

Amargo

_____ Nenhum _____ Forte
 _____ Nenhum _____ Forte

Acido

_____ Nenhum _____ Forte
 _____ Nenhum _____ Forte

Residual

_____ Nenhum _____ Forte
 _____ Nenhum _____ Forte

_____ Nenhum _____ Forte

Alcoólico

_____ Nenhum _____ Forte

Adocicado

_____ Nenhum _____ Forte

CARACTERISTICA TEXTURAL

Encorpado

_____ Nenhum _____ Forte

_____ Nenhum _____ Forte

_____ Nenhum _____ Forte

_____ Nenhum _____ Forte

_____ Nenhum _____ Fo rte

_____ Nenhum _____ Forte

_____ Nenhum _____ Fo rte

ANEXO G**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DADOS DO
PROJETO DE PESQUISA**

UFCG - HOSPITAL
UNIVERSITÁRIO ALCIDES
CARNEIRO DA UNIVERSIDADE



Continuação do Parecer: 3.080.699

Título da Pesquisa: Produção de cerveja artesanal do tipo Weiss

Pesquisador: Maria José Silveira da

Silva Área

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 98898818.6.0000.5182

Instituição Proponente: Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.080.699

Apresentação do Projeto:

Projeto de tese:

Produção de cerveja artesanal do tipo weiss adicionada de polpa de manga cv. espada

Resumo conforme autora:

Este estudo terá por objetivo desenvolver uma cerveja artesanal adicionada de manga cv. Espada como adjunto no processo de fabricação, de modo aprimorar à qualidade do produto. Será utilizado frutos de manga da variedade cv. Espada: os mesmos serão caracterizados quanto aos seguintes parâmetros: pH, sólidos solúveis, teor de água, cinzas, acidez total titulável, relação SS/ATT, ácido ascórbico, clorofila e carotenoides, açúcares totais e redutores, compostos fenólicos, atividade de água (aw) e cor. Para o processamento das cervejas artesanais será realizado um planejamento fatorial 3³ com 3 repetição, resultando em 27 experimentos, com o intuito de analisar a influência das variáveis independentes: concentração de polpa (%) e SS sobre as variáveis dependentes: teor alcoólico,

produtividade, percentual de conversão, os resultados foram analisados através do programa computacional

ASSISTAT versão 7.7 Beta e pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. Durante o acompanhamento cinético nas amostras foram realizadas as seguintes análises: pH, sólidos solúveis (Brix), acidez total titulavel, teor alcoólico, açúcares totais e redutores. Serão selecionadas as melhores cervejas de acordo com o planejamento fatorial as mesmas serão caracterizadas quanto: pH, sólidos solúveis (°Brix), densidade, turbidez, teor alcoólico, extrato real, extrato original/primitivo, extrato aparente, acidez titulavel, açúcares totais e redutores, compostos fenólicos e atividade antioxidantes. As cervejas selecionadas serão submetidas a análises microbiológicas quanto aos parâmetros coliformes a 35 °C, coliformes termotolerantes, bolores e leveduras para então realizar a análise sensorial onde será aplicado um teste de aceitação, avaliando os atributos sabor, cor, aroma, corpo e aceitação global utilizando-se escala hedônica estruturada de nove pontos. Também será avaliada quanto a intenção de compra através de escala estruturada de cinco. Os dados gerados pelos resultados da análise sensorial serão submetidos a análise de variância e a comparação entre médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando-se o programa ASSISTAT versão 7.6 beta.

Objetivo da Pesquisa:

Desenvolver uma cerveja artesanal adicionada de manga cv. Espada como adjunto no processo de fabricação, de modo a aprimorar à qualidade do produto.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos segundo a autora:

Os possíveis risco da pesquisa são: - Alergia: Caso algum provador venha apresentar intolerância algum constituinte presente na variedade de manga utilizada como adjunto na cerveja artesanal, porém antes da realização dos testes será informado ao participante da matéria-prima utilizada. - Será informado a todos os participantes que após o teste sensorial não dirija de imediato por se tratar de uma bebida alcoólica, porém a quantidade fornecida no teste sensorial é mínima, apenas para a realização do mesmo. O pesquisador prestará total assistência aos participantes da pesquisa.

Benefícios segundo a autora:

A cerveja é rica em antioxidantes como também a manga tem uma quantidade considerável de vitaminas e compostos fenólicos, a junção da polpa de manga a cerveja trará benefícios, como combate aos radicais livres.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Espera-se que o a bebida produzida agregue valor a matéria prima empregada como coadjuvante, já que esse cultivar trata-se de uma fruta disponível e pouco aproveitada, bem como traga os benefícios esperados

Recomendações:

Sem recomendações

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto atende as normas da resolução 466/12, logo, sou de parecer favorável a execução do mesmo.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1170749.pdf	28/11/2018 12:02:17		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto.pdf	28/11/2018 12:01:00	Maria José Silveira da Silva	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.docx	28/11/2018 11:48:21	Maria José Silveira da Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_ficha_sensorial.pdf	28/11/2018 11:47:59	Maria José Silveira da Silva	Aceito
Outros	termo_de_anuencia_lab.pdf	19/09/2018 15:20:56	Maria José Silveira da Silva	Aceito
Outros	Termo_de_compromisso_dos_pesquisadores.pdf	27/07/2018 16:08:34	Maria José Silveira da Silva	Aceito

Outros	Termo_de_compromisso_de_divulgacao.pdf	27/07/2018 16:06:55	Maria José Silveira da Silva	Aceito
Outros	Declaracao_do_orientador.pdf	27/07/2018 16:06:14	Maria José Silveira da Silva	Aceito
Outros	Declaracao_de_matricula.pdf	27/07/2018 16:05:39	Maria José Silveira da Silva	Aceito
Outros	Declaracao_de_divulgacao_dos_resultados.pdf	27/07/2018 16:04:51	Maria José Silveira da Silva	Aceito
Orçamento	Orcamento_financeiro.pdf	27/07/2018 16:01:47	Maria José Silveira da Silva	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Declaracao_de_compromisso_do_pesquisador_responsavel.pdf	27/07/2018 15:59:40	Maria José Silveira da Silva	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

CAMPINA GRANDE, 13 de dezembro de 2018

Assinado por:**Andréia Oliveira Barros Sousa****Coordenadora**