



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE
SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
BIOTECNOLOGIA**



LARISSE KAREN SILVA SANTOS LUNA

**UTILIZAÇÃO DO GRÃO DE CAFÉ VERDE (*Coffea arábica*
Catuai Vermelho) COMO AROMATIZANTE NA
ELABORAÇÃO DE UMA CERVEJA LAGER**

Feira de Santana, BA
2022

LARISSE KAREN SILVA SANTOS LUNA

**UTILIZAÇÃO DO GRÃO DE CAFÉ VERDE (*Coffea arábica*
Catuai Vermelho) COMO AROMATIZANTE NA
ELABORAÇÃO DE UMA CERVEJA LAGER**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biotecnologia, da Universidade Estadual de Feira de Santana como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Giovani Brandão Mafra de Carvalho

Feira de Santana, BA
2022

Ficha Catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteado - UEFS

L983

Luna, Larisse Karen Silva Santos
Utilização do grão de café verde (Coffea arábica Catuai Vermelho) como aromatizante na elaboração de uma cerveja lager / Larisse Karen Silva Santos Luna. – 2022.
70 f.: il.

Orientador: Giovani Brandão Mafra de Carvalho.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-graduação em Biotecnologia, Feira de Santana, 2022.

1. Coffea arábica – Café arábica. 2. Catuai Vermelho. 3. Aromatizante. 4. Cerveja lager. I. Título. II. Carvalho, Giovani Brandão Mafra de, orient. III. Universidade Estadual de Feira de Santana.

CDU 633.73

Naara Miranda dos Anjos - Bibliotecária - CRB-5/RP-084

BANCA EXAMINADORA



Dr. Gervásio Paulo da Silva
(Universidade do Estado da Bahia)



Dr. Gean Cláudio de Souza Santana
(Universidade Estadual de Feira de Santana)



Dr. Giovani Brandão Mafra de Carvalho
(Universidade Estadual de Feira de Santana)
Orientador e Presidente da Banca

Feira de Santana – BA
2022

Dedico esta conquista a Deus que sempre foi o meu sustento durante toda esta trajetória. Ao meu esposo e minha filha (Igor e Melissa), meu irmão e meus pais (Junior, Jailson e Vania) pela compreensão, apoio e amor. Por sempre acreditarem em mim e impulsionar para a conquista de todos os sonhos.

AGRADECIMENTOS

Enfim, após alguns anos de dedicação, esforço e pesquisa, encerro o mestrado com gratidão e honra por ter chegado até aqui. Enfrentar uma pesquisa no meio do caos pandêmico e durante uma gestação não foi fácil, mas, ter no caminho a família, amigos e professores que encorajam e acalmam, sem dúvidas torna o processo mais leve.

Em toda minha vida a honra será do Senhor Jesus, que me inspira, me encoraja, me sustenta e faz os ventos mais fortes serem mais suaves. Houveram momentos durante toda a pesquisa que só a certeza de um Deus que me guarda era suficiente para persistir. Enfrentar pós-parto, ansiosos, estradas só foi possível sabendo que há um Deus único no controle de todas as coisas.

Ao meu esposo, Igor, por toda dedicação em me acompanhar, incentivar e compreender momentos delicados durante este processo. Você é parte de mim, e sem você jamais seria possível! A minha filha Melissa, meu raio de sol, que me acompanhou ainda na barriga e mesmo pequenina, foi compreensiva em cada ausência. Te amo, minha filha. Esta conquista é por você!

Aos meus pais, Vania e Jailson, e ao meu irmão Júnior, vocês sempre serão a minha base forte, apoio pra todo momento. Obrigada pelo cuidado, pela educação, pela dedicação a mim e minha família, por serem alicerce em momentos de ausência. Mais uma conquista, e é para vocês!

A Keu, minha amiga e ajudadora por todo cuidado e dedicação a minha filha e nos momentos de ausência.

Aos meus amigos, Érvila, Rodrigo, Flávia, Karoene, Luzinete, Mariane e Larissa que sempre trouxeram calma e incentivo em forma de palavras. A Geiza, Célia, Verena e Tamires, pelo apoio, parceria e mão amiga quando precisei nas atividades do laboratório, que sem dúvidas não teria conseguido sem vocês.

Ao Prof. Dr. Giovani Brandão pela honrosa oportunidade e confiança durante a minha pesquisa. Minha sincera gratidão pela amizade, parceria, pelas conversas e encontros no laboratório, por sempre ser alguém disposto a nos ajudar, e impulsionar quando as incertezas e medos do processo nos assolavam. Também aos técnicos dos laboratórios, em especial a Luiz por sere ser solícito. Aos funcionários do Labotec II, vigilantes e zeladores pelas palavras de afeto durante os finais de semana e feriados de pesquisa, que acalmaram em meio ao processo.

“Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não temas e nem desanima, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar”.

(Josué, 1:9)

RESUMO

O grão do café verde (*Coffea arábica Catuai Vermelho*) embora apresente menor pesquisa como aromatizante em comparação ao grão torrado, pode ser utilizado e possuir efeitos sensoriais agradáveis. O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma cerveja do tipo *lager* aromatizada com grão do café verde e avaliar sensorialmente e físico-quimicamente o produto final. O planejamento fatorial foi elaborado através da matriz estatística Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), tendo como variáveis independentes (x_1 , x_2) o tempo e dias de maturação com o grão do café verde. As cervejas foram elaboradas com processo fermentativo de 8 dias com a levedura comercial *Saccharomyces cerevisiae* tipo *lager*, em 12°C. Após a fermentação primária, foi adicionada 0,47g de grão de café verde para maturação que sofria variações de tempo e temperatura segundo planejamento fatorial. Realizou-se análise sensorial usando a escala hedônica estruturada de 9 pontos. A amostra mais bem avaliada foi aromatizada com 0 durante 15 dias sob temperatura de 2,5°C. Realizada análises físico-químicas da cerveja maturada com café por 15 dias, resultando em °Brix final $5,17 \pm 0,09$, pH $4,46 \pm 0,00$, Acidez titulável (%) (ATT) $1,78 \pm 0,09$, Açúcares redutores (mg/mL) $1,94 \pm 0,07$, Açúcares totais (mg/mL) $17,69 \pm 8,25$, Cor (EBC) $18,82 \pm 0,22$, Álcool (%v/v) $6,14 \pm 0,1$. A adição do grão de café verde não alterou características físico-químicas, deixando-a apta para o consumo, bem como apresentou aroma e sabor agradável e aceitável aos consumidores, além de garantir uma inovação tecnológica no processo de produção de cervejas com grão de café verde.

Palavras-chave: Cervejas tipo lager. Aromatizantes. Café arábica.

ABSTRACT

The green coffee bean (*Coffea arabica* Catuaí Vermelho) although it presented the lowest flavoring in beans for green coffee (*Coffea arabica* Catuaí Vermelho), can be used and had positive effects also researched. The work is to develop a lager beer flavored with green coffee beans and the objective is to evaluate the product sensorially and physico-chemically at the end. The study started with the factorial design in the beers, elaborated through the Composite Rotational Design (DCCR) statistical matrix, having as variables (x1, x2) the time and days of independent development with the green coffee bean. The beers were prepared with an 8-day fermentation process with the commercial yeast *Saccharomyces cerevisiae* lager type, at 12°C. After primary fermentation, 0.43g was selected for development and factorial temperature design time variations. Sensory analysis was performed using a 9-point structured hedonic scale to evaluate a consumed product. The best grain sample was flavored with 0.43g of green coffee for 15 days at a temperature of 2.5°C. Then, the physical-chemical experiments of the beer aged with coffee for 15 days were carried out, resulting in a final °Brix 5.17 ± 0.09 , pH 4.46 ± 0.00 , Titratable acidity (ATT) 1.78 ± 0.09 , Reducing sugars (mg/mL) 1.94 ± 0.07 , Total sugars (mg/mL) 17.69 ± 8.25 , Color (EBC) 18.82 ± 0.22 , Alcohol (%v/v) 6.14 ± 0.1 . From the results and chemical products consumed with the legislation, it can be studied that it is not additionally from the green coffee altered it is suitable for the consumption of chemical products, such as the presentation of aroma and pleasant and desirable to the, in addition to guaranteeing an innovation technology in the production process of beers with green coffee beans.

Keywords: Lager type beers. Flavorings. Arabica coffee.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Flor de lúpulo.....	24
Figura 2- Esquema do processo de fabricação da cerveja.....	28
Figura 3- Grãos de café arábica	37
Figura 4- Planta piloto de produção de cerveja do Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana-Bahia, Brasil.	40
Figura 5- Fluxograma do processo.....	42
Figura 6- Mosto para fermentação de bancada.....	43
Figura 7- Moinho automático.....	43
Figura 8 - Mosturação.....	44
Figura 9- Rampa de mosturação.....	44
Figura 10- Teste do amido.....	45
Figura 11- Filtração do mosto.....	46
Figura 12- Lúpulo de amargor e Lúpulo Amarillo.....	46
Figura 13- Mosto para fermentação de 2 L.....	48
Figura 14- <i>Priming</i> - Calda de açúcar.....	50
Figura 15- Análise sensorial.....	51
Figura 16- Modelo de questionário de triagem usado antes da análise sensorial.....	52
Figura 17- Modelo de ficha de avaliação usado na análise sensorial.....	53
Figura 18 – Perfis geral de concentração de células em suspensão (cel/mL) durante a fermentação de todos os ensaios.....	54
Figura 19 – Perfis geral de concentração de células em suspensão (cel/mL) durante a fermentação de todos os ensaios.	56
Figura 20 – Perfis da concentração de etanol (g/L) e concentração de extrato aparente (g/L) em todos os ensaios.....	57
Figura 21 – Perfis dos parâmetros fermentativos. (A) Conversão de substrato em produto. (B) Conversão de substrato em produto versus produtividade volumétrica.....	57
Figura 22 – Perfil de avaliadores – sexo e idade.....	58
Figura 23 – Resultado do teste de aceitação da cerveja com 13 dias de maturação a 4°C.....	59
Figura 24 – Resultado do teste de aceitação da cerveja com 13 dias de maturação a 1°C.....	59

Figura 25 – Resultado do teste de aceitação da cerveja com 3 dias de maturação a 4°C.....	60
Figura 26 – Resultado do teste de aceitação da cerveja com 3 dias de maturação a 1°.....	60
Figura 27 – Resultado do teste de aceitação da cerveja com 1 dia de maturação a 2,5°.....	61
Figura 28 – Resultado do teste de aceitação da cerveja com 8 dias de maturação a 2,5°.....	61
Figura 29 – Resultado do teste de aceitação da cerveja com 8 dias de maturação a 5°.....	6
Figura 30 – Resultado do teste de aceitação da cerveja com 8 dias de maturação a 0°.....	62
Figura 31 – Resultado do teste de aceitação da cerveja com 15 dias de maturação a 2,5°.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros de água de boa qualidade para cervejas.....	25
Tabela 2 – Principais constituintes do café.....	35
Tabela 3: Matriz do planejamento Fatorial 2 ² com quatro ensaios de ponto central e mais quatro ensaios em estrela rotacional.....	39
Tabela 4: Resultados da análise sensorial para cerveja com 15 dias de maturação.....	62
Tabela 5: Análise físico-química da cerveja com 7,5g de cerveja e 15 dias de maturação.....	63

LISTA DE ABREVIATURAS

CERVBRASIL	Associação Brasileira da Indústria da Cerveja
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
DMS	Dimetil Sulfeto
EBC	<i>European Brewers Convention</i>
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
OIC	Organização Internacional do Café
SINDICERV	Sindicato Nacional da Indústria Cervejeira
SMM	S-metilmetionina

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. OBJETIVOS GERAIS.....	18
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	19
3.1 História da cerveja.....	19
3.2 Evolução do mercado cervejeiro no Brasil.....	20
3.3 Matérias-primas da cerveja.....	21
3.3.1 Lúpulo.....	21
3.3.2 Água.....	23
3.3.3 Malte de cevada.....	24
3.3.4 Levedura.....	25
3.3.5 Aromatizantes.....	25
3.4 Processo de produção da cerveja.....	26
3.4.1 Moagem e mosturação.....	27
3.4.2 Filtração ou clarificação.....	27
3.4.3 Fervura.....	28
3.4.4 Resfriamento do mosto.....	28
3.4.5 Fermentação.....	29
3.4.6 Maturação e Pasteurização.....	30
3.5 Cinética da fermentação na produção da cerveja.....	30
3.6 Composição nutricional e características físico-químicas da cerveja.....	31
3.6.1 Quanto ao extrato primitivo.....	31
3.6.2 Quanto à cor.....	31
3.6.3 Quanto ao teor alcoólico.....	31
3.6.4 Quanto à proporção de malte de cevada.....	32
3.6.5 Quanto à fermentação.....	32
3.7 Café.....	33
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	35
4.1 Locais de desenvolvimento das análises.....	35
4.2 Material.....	35
4.2.1 Água.....	35
4.2.2 Malte de cevada.....	35
4.2.3 Lúpulo.....	35

4.2.4	Grãos de café verde (<i>Coffea arabica catuai vermelho</i>).....	36
4.2.5	Microrganismo.....	36
4.3	Obtenção do grão de café e do mosto.....	36
4.4	Amostragem.....	38
4.5	Propagação da levedura.....	39
4.6	Fermentação primária.....	39
4.7	Acompanhamento analítico da fermentação primária.....	39
4.7.1	Concentração celular e viabilidade celular.....	40
4.7.2	Teor de Etanol e extrato aparente.....	41
4.8	Análise estatística dos dados fermentativos.....	41
4.9	Produção da cerveja para análise sensorial.....	42
4.9.1	Produção do mosto.....	42
4.9.1.1	Moagem.....	42
4.9.1.2	Mosturação ou brassagem.....	43
4.9.1.3	Filtração.....	44
4.9.1.4	Fervura.....	45
4.9.1.5	Resfriamento.....	45
4.9.1.6	Fermentação Primária.....	45
4.9.1.7	Maturação (Fermentação secundária)	46
4.9.1.8	<i>Priming</i>	46
4.9.1.9	Envasamento.....	47
4.10	Análise sensorial.....	47
4.11	Análises físico-química da cerveja.....	49
4.11.1	Acidez titulável.....	49
4.11.2	Açúcares redutores.....	49
4.11.3	Açúcares totais.....	49
4.11.4	pH e sólidos solúveis (°Brix)	50
4.11.5	Cor.....	50
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
5.1	Estudo Cinético da fermentação.....	53
5.2	Consumo de extrato aparente e produção de etanol.....	55
5.3	Parâmetros fermentativos.....	56
5.4	Análise sensorial.....	57
5.5	Análise físico-químicas da cerveja.....	62

6. CONCLUSÃO.....	66
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67

1. INTRODUÇÃO

A cerveja é uma bebida mundialmente conhecida, com vasto perfil de consumidores e também uma das bebidas mais antigas do mundo. Com fortes evidências do seu surgimento há milhares de anos no Oriente médio ou Egito, era produzida a partir de água e malte pelos sumérios da Mesopotâmia (DUARTE, 2015). Além da água e grãos, acredita-se que também eram utilizadas plantas aromáticas como aromatizantes.

Segundo a legislação, a atual definição da produção da cerveja é originada pela fermentação alcóolica do mosto, oriundo de malte de cevada e água potável, ação da levedura e adição de lúpulo (SEBRAE, 2019). E para assegurar a qualificação da produção, com as características físico-químicas e sensoriais adequadas, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) é o órgão responsável pela regulamentação e cumprimento de leis para este quesito (SOUZA; FOGAÇA, 2019).

Dados extraídos do MAPA, apontam para um crescimento de 37,7% no número de cervejarias registradas no Brasil em 2017, sendo que também neste ano foram contabilizadas 679 cervejarias (BRASIL, 2018). Em 2015, a partir dos resultados de pesquisas, existiam apenas 122 microcervejarias no Brasil, concentradas em SP, RS, MG, SC, PR e RJ, o que mostra um aumento de 456% em dois anos no número de estabelecimentos registrados (ROSALIN, 2021).

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria da Cerveja (CervBrasil), o Brasil ocupa a posição de terceiro maior produtor de cerveja do mundo, estando atrás apenas da China e Estados Unidos, mas, ainda assim, tem a cerveja como a bebida alcóolica mais consumida e com um potencial produtivo de cervejas industriais e artesanais em grandes proporções. O Sindicerv (Sindicato Nacional da Indústria Cervejeira), reafirmou esse dado quando aponta que 45% da população brasileira ingere algum tipo de bebida alcóolica (DUARTE; SILVA, 2021).

No Brasil, são produzidos 60 estilos de receitas de cervejas, saindo em grande escala e mais consumido o tipo American Lager ou Pilsen, e por possuir características de ser mais leve e refrescante, o que torna quase obrigatório a venda nos grandes grupos ou microvervejarias (ROSALIN, 2021). Porém, há diferentes métodos de agregar valor e melhorar características organolépticas das cervejas, e a inclusão de substratos aromatizantes é uma delas (VENTURINI FILHO, 2016).

O café tem sido uma matéria prima bastante estudada e com grande potencial aromatizante na produção de bebidas. Diante do seu sabor agradável, aroma e efeitos

benéficos à saúde (compostos fenólicos, antioxidantes e anti-inflamatórios) o café hoje é considerado uma das bebidas mais consumidas em todo mundo (DADO et al., 2019).

A planta de café é originária da Etiópia, centro da África, onde ainda hoje faz parte da vegetação natural. Foi a Arábia a responsável pela propagação da cultura do café. O Brasil é considerado o maior produtor de café no mundo, com um parque cafeeiro – café arábica e conilon – com mais de 2,2 milhões de hectares, distribuídos em aproximadamente 15 estados, sendo Minas Gerais e Espírito Santo responsáveis por aproximadamente 75% da produção brasileira (DURÁN, 2017).

É de extrema importância econômica e cultural o aproveitamento de matérias primas encontradas em regiões nordestinas no desenvolvimento de novos produtos. Logo, a produção de uma cerveja *lager* utilizando o grão do café verde como aromatizante do processo cervejeiro, representa um apoio para a inovação tecnológica, estudo da biotecnologia industrial, agregando muitíssimo valor a matéria-prima.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Desenvolver uma tecnologia de produção de cerveja empregando como aromatizante o grão do café verde (*Coffea arabica catuai vermelho*) da região da Chapada Diamantina como aromatizante.

2.2. Objetivos específicos

- Investigar o efeito de duas variáveis: tempo e temperaturas com adição de grão de café verde como aromatizando durante a maturação
- Determinar aceitação sensorial
- Reproduzir o ponto otimizado das fermentações a partir da análise sensorial;
- Caracterizar físico-quimicamente a cerveja;

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. História cerveja

A produção e consumo de bebidas alcóolicas é uma das mais antigas atividades desenvolvidas pelo homem, e a cerveja está como uma das mais populares bebidas, e desde então, passa por aprimoramentos visando aumentar produção e consumo (VENTURINI FILHO, 2016). A bebida marca uma era na história da civilização: o que antes relacionada à produção doméstica de cereais executada pelas mulheres Orientais, tornou-se de grande produção percorrendo Gália através do Egito e Império Romano (ROSA; OLIVEIRA 2019).

Os egípcios produziam muitos tipos de cervejas e caracterizavam como zythum, sendo as mais suaves para os considerados pobres e as aromatizadas e mais elaboradas eram destinadas aos nobres e de alta classe. A cerveja era preparada com uma mistura de água, pão semi-cozido, malte de cevada e suco de tâmaras ou tamarindos (DUARTE, 2015).

Considerada uma cerveja bem diferente dos dias atuais, nos tempos antigos apresentava características escuras, forte e com grande risco de contaminação. A sua expansão aconteceu de maneira definitiva com o Império Romano, que levou a bebida para muitos lugares. Júlio César, considerado admirador da cerveja, ofereceu-a durante uma festa a seus comandantes, e também ao povo britânico que só conhecia leite e licor de mel (BREJAS, 2014).

Alguns relatos também sinalizam a importância dos monges no processo cervejeiro. Por serem apreciadores da leitura, tornaram-se os primeiros pesquisadores sobre desenvolvimento e produção da cerveja, consolidando a produção em grande escala e distribuída ou vendida para a população (SILVA et al., 2016).

O primeiro regulamento técnico sobre o processo de produção de cervejas foi em 1516, pela “Lei da Pureza” alemã que determinava a composição e ingredientes para a fabricação da bebida, que seria cevada malteada, lúpulo e água (DUARTE, 2015).

No Brasil, a chegada da cerveja aconteceu através da colonização holandesa, pela Companhia das Índias Ocidentais. Mas, a bebida deixa o país com a expulsão dos holandeses em 1654, e retoma novamente com a vinda da família real portuguesa em 1808, com a abertura dos portos, já que Dom João VI era apreciador da cerveja e não deixaria de consumi-la (COUTINHO, 2014). Com a disseminação do hábito de tomar

cerveja, em 1888 a mesma começou a ser produzida no Brasil através da fundação da “Manufatura da Cerveja Brahma Villigier e Cia” no Rio de Janeiro, e em 1891 em São Paulo, na Companhia Antártica Paulista e depois se fundiram e formaram a Ambev (DUARTE, 2015).

3.2. Evolução do mercado cervejeiro no Brasil

Segundo CervBrasil, o Brasil ocupa a posição de terceiro maior produtor de cerveja do mundo, estando atrás da China e Estados Unidos, mas, tem a cerveja como a bebida alcoólica mais consumida e com um potencial produtivo de cervejas industriais e artesanais em grandes proporções.

O Investimento do setor cervejeiro em 2013 foi de aproximadamente R\$ 4,3 bilhões de acordo com a Associação Brasileira da Indústria da Cerveja, sendo um dos setores que mais empregam no Brasil, chegando a cerca de 2,7 milhões de postos de trabalho, respondendo a cerca de 2% de Produto Interno Bruto Brasileiro e 15% da indústria de transformação (SILVA et al., 2016).

Um dos principais pontos para o avanço no mercado nacional de cervejas é a expansão das cervejas artesanais que vem conquistando espaço na mesa do brasileiro. Apesar do maior custo, a diversidade de sabores e constituintes, qualidade e apelo gastronômico prevalecem crescentemente (LOPES et al., 2017). A Bahia apresentou um crescimento médio de 56%, com 26 registros de estabelecimentos nesse setor (MARCUSO; MULLER, 2021).

No Brasil, as duas principais frentes de produção de cerveja são as empresas de grandes mercados e volume que produzem cervejas do tipo Pilsen, e por consequência trabalham com baixo preço, e as empresas de pequenas produções, mercados específicos e com preço mais elevado, porém, com um grande diferencial: alta qualidade sensorial (AUGUSTO, 2011). De acordo com o Anuário da Cerveja fornecido pelo MAPA, em 2020, o Brasil chegou a um total de 1.383 cervejarias registradas, tendo um aumento significativo de 14,4% em relação ao ano anterior. A produção estimada de 14 bilhões de litros de cerveja e R\$ 21 bilhões em impostos (SILVA et al., 2016).

A média anual de litros consumidos por cada habitante cresce ano a ano. A cerveja é a bebida preferida de 2/3 dos brasileiros para festejos, com 64% da preferência dos consumidores (SEBRAE, 2014).

No Brasil, o consumo de cerveja ainda é em maior escala do público masculino, entre 18 aos 65 anos, mas, mulheres entre 30 a 65 anos também apreciam da bebida. Por classe, a classe C consome as grandes marcas, enquanto a classe A e B optam por maior consumo de bebidas artesanais (SEBRAE, 2019).

No cenário atual, a pandemia trouxe uma configuração do consumo de bebidas dentro de casa, o que resultou no maior consumo da bebida e em 2020 as vendas aumentaram comparado aos últimos 6 anos, atingindo 13,3 bilhões e ficando abaixo apenas de 2014, quando o país sediou a Copa do mundo (ALVARENGA, 2021).

3.3. Matérias-primas da cerveja

Segundo a legislação, a definição atual da cerveja: o produto da fermentação alcoólica do mosto, oriundo de malte de cevada e água potável, pela ação da levedura e adição de lúpulo (SEBRAE, 2017). Já para assegurar a qualificação da produção, com as características físico-químicas e sensoriais adequadas, o MAPA é o órgão responsável pela regulamentação e cumprimento de leis para este quesito (SOUZA; FOGAÇA, 2019).

3.3.1. Lúpulo

Humulus Lupulus Linnaeus é o nome científico da espécie que pertence à ordem das Rosales e família *Cannabaceae*, composto por três espécies, *Humulus Lupulus*, *Humulus japonicus* e *Humulus Yunnanensis*. É considerado como uma trepadeira perene, com flores ricas em polifenóis, óleos essenciais e resina que é responsável pelo sabor amargo. A maior produção mundial do lúpulo acontece em países como Alemanha e Estados Unidos pela ótima condição de cultivo, como solos argilosos, de fácil drenagem e alta exposição a luz (DURELLO et al., 2019).

O cultivo e história do lúpulo no Brasil começou em 2014 com alto custo pela única maneira de produção, através de reproduções climáticas criadas artificialmente. Mas, esse tipo de produção resultaria em qualidade e quantidades baixas. Em 2015, um produtor da Serra da Mantiqueira descobriu uma nova forma de produção de uma variação da espécie de lúpulo e obteve sucesso (BERBET, 2017).

Pode ser comercializado na forma de flores secas, em pellets e extrato, sendo alguns mais concentrados e facilmente armazenados em manipulações. Tem ação

antisséptica, pela presença dos ácidos iso-a formados durante a fervura do mosto (TOZETO, 2017).

Figura 1. Trepadeira da flor de lúpulo.



(A) Trepadeira da flor de lúpulo (B) Flores de lúpulo após serem prensadas, no formato de pellets

Fonte: Mega et al., 2011.

Anteriormente, seu uso era destinado à efeitos terapêuticos como erva medicinal, tratando insônia e auxiliador da função gástrica (LOPES et al., 2017). Hoje, a indústria cervejeira tem um consumo de aproximadamente 97% de lúpulo destinada a sua produção. É um ingrediente de extrema importância porque confere aroma, estabilidade à espuma, amargor e também atua como forte antioxidante e antimicrobiano com papel importante nos processos oxidativos e contaminações microbiológicas (DURELLO et al., 2019).

O sabor do lúpulo é essencial para o resultado da cerveja em relação à estabilidade do sabor e retenção da espuma (ROSA, 2015). As cervejas com alta concentração de lúpulo estão alcançando uma gama de apreciadores por fornecer ainda mais corpo a cerveja. A sua adição no processo cervejeiro é importante principalmente pelas boas qualidades de conservação que ele confere (STEIN, 2015).

3.3.2. Água

A água é o ingrediente principal na bebida e suas propriedades químicas podem interferir significativamente no produto final. Portanto, como características da água cervejeira, pH entre 5 e 7 contribui no processo enzimático do malte durante a produção da bebida. Os sais presentes na água também agregam qualidade a cerveja como demonstrado na tabela 1 (NETO et al., 2020).

Para cada litro de cerveja são utilizados em média 12 litros de água durante o processo de fabricação, sendo portanto, o principal constituinte. Recentemente, recursos tecnológicos possibilitam a utilização da água com teor de pureza ajustados à produção de cerveja (TOZETTO, 2017).

Para a cerveja, obrigatoriamente precisa ser potável e pode sofrer ajustes químicos de acordo com sua composição (CAVALCANTI et al., 2021). Também deve ser inócua, livre de contaminações, com alto teor de cálcio e magnésio para melhor fermentação, por servir de nutriente para as leveduras (REBELLO, 2009).

Tabela 1. Parâmetros de água de boa qualidade para cervejas

Parâmetro	Unidade	Especificação
Sabor	-	Insípida
Odor	-	Inodora
pH	pH	6,5 a 8,0
Turbidez	NTU	Menor que 0,4
Matéria orgânica	mg O ₂ /L	0 a 0,8
Sólidos totais dissolvidos	mg/L	50 a 150
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	18 a 79
Sulfatos	mg SO ₄ /L	1 a 30
Cloretos	mg Cl/L	1 a 20
Nitratos	mg NO ₃ /L	Ausente
Cálcio	mg Ca ⁺² /L	5 a 22
Magnésio	mg Mg ⁺² /L	1 a 6
CO ₂ livre	mg CO ₂ /L	0,5 a 5,0

Fonte: Lazzari et al (2009)

Importante ressaltar que sais em excesso pode aumentar o pH, má absorção de açúcares, extração de polifenóis levando a alterações na cor, degradação proteica mais lenta e uma maior solubilização das substâncias amargas do lúpulo. Mas, quando a concentração de sais é baixa, há diminuição do pH, boa degradação proteica, ótimo desenvolvimento dos açúcares e menor solubilização do sabor amargo do lúpulo (ANDRADE, 2019).

3.3.3. Malte de cevada

A cevada é considerada o quarto cereal mais importante do mundo, considerando sua produção e área cultivada. Pertencente a tribo *Triticeae* do gênero *Hordeum*, é uma gramínea muito empregada para ração, malte para cerveja, whisky e outros alimentos. Tem umidade entre 14 e 15%, além de ser ricos em nutrientes fundamentais para cerveja

como amido, proteínas, beta-glucanas, taninos, polifenóis, vitaminas e sais inorgânicos (CARMARGO, 2019).

A legislação brasileira (BRASIL, 2019), define o malte como sendo o grão de cevada cervejeira submetido a processo de malteação. É a principal matéria-prima para a cerveja e possui muito impacto no custo da produção e resultado da germinação sob condições controladas de cereais como cevada, milho, arroz, trigo, aveia e outros. O Brasil está em segundo lugar em importação de malte no mundo, mas a produção no país está concentrada em poucas maltarias, o que não é suficiente para a demanda interna, dessa forma, parte do malte utilizado nas cervejarias é importado (EMPRAPA, 2016).

A germinação do malte também é chamada de malteação. O controle neste processo é essencial para a obtenção de enzimas e compostos importantes para a fabricação da cerveja. É dividida em algumas etapas como maceração, germinação e secagem (MARTINS; RODRIGUES, 2015).

Os principais produtores de malte do mundo são Alemanha, Canadá, Estados Unidos, Austrália, Rússia, Espanha, Ucrânia, Reino Unido e França, responsáveis por aproximadamente 60% da produção mundial. Na América do Sul, Brasil, Uruguai e Argentina também são produtores (EISENBAHN, 2011).

3.3.4. Levedura

A levedura é um microrganismo unicelular, eucarioto e com parede celular rígida. Suas células se apresentam de forma oval a redonda e comprimento entre 8 a 10 μ m e uma largura de 5 a 7 μ m, e também apresenta conteúdo de 75% de água, e a parte seca constituída de 45-60% de proteínas, 25-35% de carboidratos, 4-7% de gordura e 6-9% de inorgânicos. Se desenvolvem em ampla faixa de temperatura, sendo um intervalo de crescimento ótimo entre 26 a 35°C, com limite de pH entre 4,5 e 5,5 (SHOPSKA, et al., 2019).

A levedura é um constituinte importante na fabricação da cerveja, porque está diretamente ligado ao sabor e aroma da bebida. Os produtos do processo fermentativo são determinantes para cada sabor específico da bebida, e isto depende do balanço metabólico global do cultivo de cada levedura, que pode ser afetada pelo tipo de cepa, temperatura, concentração do mosto e pH da fermentação (ALMEIDA, 2019).

Dependendo do tipo de cerveja, as leveduras são distintas. Para as do tipo *ale*, as mais usadas são da espécie *Saccharomyces cerevisiae*, muito utilizadas na fabricação de cerveja de alta fermentação, com um intervalo de temperatura de 18 °C a 24 °C. Já as leveduras do tipo *lager*, *Saccharomyces pastorianus*, é mais utilizada para fabricação de cervejas de baixa fermentação e com capacidade de fermentar açúcar melibiose. Essas leveduras também fermentam mais açúcares do que a levedura *ale* e resulta em sabor mais refrescante. A temperatura fermentação varia de 5 °C a 14 °C (IMAZUMI, 2019).

Dentre as mais de 600 espécies de leveduras, essas são as mais utilizadas pelo fato de apresentar característica de habilidade em converter açúcares em etanol e CO₂ em meio anaeróbico (FERREIRA, 2019). O desempenho das leveduras no processo fermentativo é controlado por fatores como a escolha da cepa da levedura, fisiologia, tolerância ao stress, qualidade e concentração dos macronutrientes fermentáveis, temperatura, pH, oxigênio e densidade do mosto (MEGA et al., 2011).

3.3.5. Aromatizantes

De acordo a RDC n 2 de 15 de janeiro de 2007, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) aromatizantes são substâncias ou misturas de substâncias, com propriedades odoríferas e/ou sápidas, capazes de conferir ou intensificar o aroma e/ou sabor dos alimentos. São classificados em aromas naturais ou sintéticos.

Os aromas naturais são extraídos por métodos físicos, microbiológicos ou enzimáticos, a partir de matérias-primas naturais (produtos de origem animal ou vegetal, aceitáveis para consumo humano, seja em seu estado natural ou após um tratamento adequado como torrefação). Já os aromas sintéticos, são assim considerados por serem extraídos por processos químicos, podendo ser aromas idênticos ao natural e artificiais (DUARTE, 2015.)

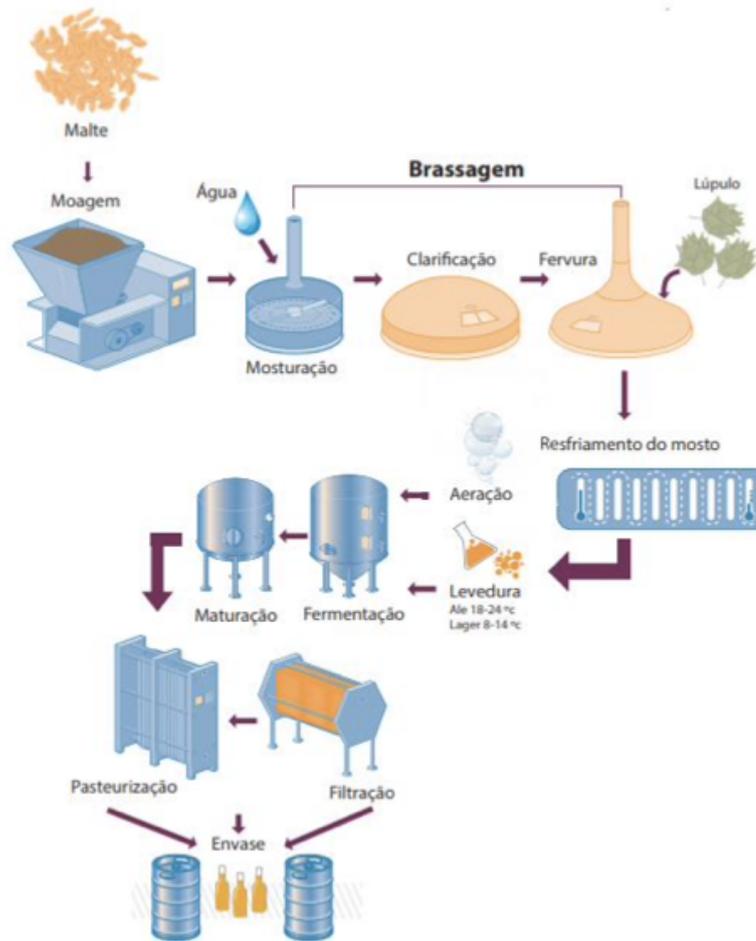
Aromatizantes artificiais são compostos obtidos por síntese, que ainda não tenham sido identificados em produtos de origem animal, vegetal ou microbiana (GAVA; SILVA; FRIAS, 2009).

3.4. Processo de produção da cerveja

O processo de produção da cerveja pode ser de maneira simples caracterizada em duas partes: a obtenção do mosto, e posterior produção da cerveja. Na primeira parte

envolvem a moagem, mosturação, filtração ou clarificação, fervura e por fim o resfriamento. Já a segunda parte, também chamada de etapa fria, é composta pela fermentação, maturação e filtração (BASSO, 2019). O esquema é apresentado na figura 3.

Figura 2: Esquema do processo de fabricação da cerveja



Fonte: Neves, 2018.

3.4.1. Moagem e Mosturação

A moagem é o ponto inicial da fabricação da cerveja, e tem objetivo de quebrar o grão de malte para expor o amido presente no seu interior. Dessa forma, as enzimas podem atuar em todos os elementos, tornando o conteúdo do grão acessível à ação enzimática (DEBATIN et al., 2017).

O malte moído é misturado em uma tina de mostura com água cervejeira. A mosturação ocorre em diferentes faixas de temperatura para que a ação enzimática seja a

melhor possível. A chamada rampa de mosturação é realizada de modo que, em cada temperatura haja um repouso para que a enzima possa trabalhar. O tempo de repouso dependem de cada tipo de receita e da composição do malte (REIS, 2016). Isso acontece para tornar solúveis em água os compostos do malte, substâncias que na sua forma original são insolúveis (amido e proteínas), através de reações enzimáticas (amilases e proteases) (DEBATIN et al., 2017).

Uma boa moagem de malte não deve deixar grãos inteiros, as cascas devem ser rasgadas longitudinalmente e o endosperma exposto deve ser quebrado em partículas menores de tamanho uniforme. Da mesma forma, os grãos não devem ficar muito finos, pois isto prejudica a filtração e os taninos presentes na casca deixam a cerveja com gosto adstringente (AZEVEDO; SOUZA, 2021).

3.4.2. Filtração ou clarificação

A filtração ocorre após o processo de mosturação, cujo esquema é transferir o conteúdo em um tanque com peneira para separar a parte sólida do mosto, e já separado dos grãos são novamente recirculados nos grãos de forma a utilizar os mesmos como filtragem para retirar a maior quantidade de sólidos do líquido. Em seguida, o mosto é enviado para outro reservatório e inicia-se o processo de lavagem dos grãos, utilizando água quente (UENO, 2020). A lavagem é feita com água entre 76 e 80 °C de forma a extrair o máximo possível de nutrientes que ainda estão retidos (HEINEKEN, 2011).

A filtração é extremamente importante para a qualidade da cerveja, visto que os sólidos contêm grande quantidade de proteínas e enzimas coaguladas, resquícios de amido não modificado, material graxo, silicatos e polifenóis. Essas substâncias podem prejudicar sabores, odores, viscosidade e visual da cerveja (UENO, 2020).

3.4.3. Fervura

A fervura é uma etapa essencial para esterilização da cerveja, como é um processo que dura em média uma hora e meia, a evaporação da água resulta na concentração do líquido. Neste momento, o lúpulo é adicionado e se torna responsável pelo amargor e aroma, além de auxiliar na conservação da cerveja (SILVA et al 2016).

É realizada em um equipamento chamado tina de fervura ou fervedor de mosto. Essa etapa tem como objetivo garantir estabilidade biológica, bioquímica e coloidal ao mosto, além de ocorrer desnaturação proteica, concentração do mosto, eliminação de

compostos sulfurosos, esterilização e escurecimento do mosto, através da reação de Maillard (PAYÁ et al 2019). Também permite a formação de substâncias constituintes do aroma e sabor, evaporação de água excedente e de componentes aromáticos indesejáveis ao produto final (AZEVEDO, 2021).

O aumento do calor e pH em decréscimo, facilita a coagulação de polifenóis e proteínas de alto peso molecular (formação do trub quente) que são precipitadas quando o ponto isoelétrico das substâncias coloidais é alcançado, pH 5,4. O acréscimo de calor também permite a isomerização dos α -ácidos e esterilização do mosto antes da adição das leveduras, *Saccharomyces* (BRASIL, 2019).

Após a conclusão da fervura, o lúpulo e materiais coagulados (trub) são depositados no fundo da caldeira, onde o mosto claro é drenado para ser fermentado, sobrando apenas o trub que será descartado.

3.4.4. Resfriamento do mosto

Após a fervura, o mosto será resfriado e induzido a temperatura pré-estabelecida para a próxima etapa de fermentação. O resfriamento é uma etapa bastante importante para evitar a oxidação, contaminação por microrganismos, e a formação de Dimetil Sulfeto (DMS). O DMS é formado por bactérias, ou pelo calor, ao provocar a redução da S-metilmetionina (SMM), que é produzido na malteação. Sendo assim, deve ocorrer o quanto antes, para diminuir o risco de fermentação (MEDEIROS, 2020).

O lúpulo e coagulados (*trub*), são depositados no fundo da panela de fervura, porém, este último precisa ser removido porque há um grande risco de trazer sabor aguado e estranhos à cerveja. Importante ressaltar que o mosto deve ser resfriado até temperaturas seguras para a sobrevivência das leveduras (máximo 27 °C) (SOUSA, 2017).

O resfriamento é muito importante para o processo da cerveja, quanto mais rápido o resfriamento, menor a chance de contaminação e melhor a qualidade da cerveja artesanal (SOUSA, 2017).

Contudo, o resfriamento rápido ou lento são opcionais para o mestre cervejeiro. O resfriamento rápido como já mencionado, possui vantagens como a sedimentação das proteínas para o fundo da panela, o chamado *Cold Break*, evitando a transferência das proteínas para o fermentador, diminuindo a turbidez da cerveja. Já o resfriamento lento terá sedimentação parcial das proteínas, conhecido como *Chill Haze*, que resulta em uma característica estética da cerveja notada pela turbidez (DINSLAKEN, 2016).

3.4.5. Fermentação

A fermentação é considerada um processo onde há formação de álcool através da fermentação dos açúcares do mosto, além também da formação de calor, gás carbônico, estéres e alguns ácidos. O álcool é formado dentro da célula da levedura a partir do metabolismo aeróbico (com a presença de oxigênio) e metabolismo anaeróbico (com ausência de oxigênio), porém, destes, a principal via é a anaeróbica. O tipo de cerveja, levedura e temperatura pode promover variações no processo de fermentação (UENO, 2020).

Alguns outros compostos são formados durante a fermentação, que apesar de serem em pequenas quantidades, podem gerar grande impacto no sabor e aroma da cerveja. São os produtos secundários do metabolismo da levedura, indesejáveis, e que devem ser degradados na etapa seguinte da produção da cerveja, que é a maturação (DEBATIN, 2017).

O tipo de fermentação também é determinante para a classificação da cerveja, podendo ser *Lager* e *Ale*. As do tipo *Lager* são caracterizadas por fermentação de baixa temperatura, entre 6 e 15°C, e utiliza leveduras *Saccharomyces calshbergensis*. E a cerveja do tipo *Ale* são produzidas por fermentação de alta temperatura, entre 16 e 24°C com cepas de leveduras *Saccharomyces cerevisiae* (SILVA et al., 2021).

Após a fermentação, a cerveja é resfriada à uma temperatura entre 0 e 5°C, e dá-se início à maturação com a decantação de grande parte da levedura. Dependendo da cerveja, a maturação acontece de 6 a 30 dias, sendo que ao final dessa fase o produto está quase finalizado, pois já tem aroma e sabor definidos (FARIAS et al., 2020).

3.4.6. Maturação e Pasteurização

O processo de fermentação da cerveja é classificado em duas etapas distintas: a primeira, também conhecida como fermentação primária, e a segunda, caracterizada como fermentação secundária ou também maturação, que é iniciada após a retirada do fermento e redução da temperatura em no mínimo 72h. Esta etapa tem objetivo de clarificar a cerveja por meio da precipitação de leveduras e a formação de complexos de proteínas e polifenóis, garantir melhor acabamento sensorial para o produto final (BATISTA, 2021).

É possível perceber reações físico-químicas como redução dos teores de compostos sulfídricos (diacetil, acetaldeído e ácido sulfídrico), além de atenuar o amargor gerado pela ação do lúpulo, melhorando sabor e aroma (ASSIS, 2020). Por isso, muitos cervejeiros consideram uma etapa de extrema importância, caracterizando como a fase de “afinamento” e de “acabamento” da cerveja.

Após a maturação, a cerveja pode ser armazenada em garrafas ou latas de alumínio e por fim, pasteurizada. A pasteurização é feita com objetivo de garantir estabilidade biológica à cerveja, através da redução da carga de microrganismos que podem prejudicar o produto (ASSIS et al, 2020). O processo ocorre com o aquecimento das garrafas em torno de 60 a 70°C, seguida de resfriamento, em um tempo determinado e calculado, garantindo eficiência e estabilização do produto (UENO, 2020).

3.5. Cinética da fermentação na produção da cerveja

O processo de fermentação alcoólica realizado pelas leveduras está diretamente ligado ao seu crescimento. Se colocadas em condições adequadas de pH, temperatura e substrato, as células proliferam e acumulam biomassa (SHOPSKA et al., 2019).

Durante a fermentação alcoólica, os açúcares são transformados em etanol e parte da energia é gerada e utilizada para a produção de células, e as concentrações de açúcares, etanol e célula variam conforme o tempo de fermentação. O estudo dessas concentrações é definido como cinética do sistema (TONIATO, 2013).

3.6. Composição nutricional e características físico-químicas da cerveja

Segundo o Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009 (BRASIL, 2009), a cerveja uma bebida resultado da fermentação alcoólica do mosto cervejeiro a partir do malte de cevada e água potável, pela ação da levedura e adição do lúpulo. De acordo com o decreto, as cervejas pode ser classificadas:

3.6.1. Quanto ao extrato primitivo:

- a) Cerveja leve: definida como sendo a cerveja cujo extrato primitivo é maior ou igual 5% e menor que 10,5%;
- b) Cerveja ou cerveja comum: definida como sendo a cerveja cujo extrato primitivo. É maior ou igual a 10,5% e menor que 12% em peso;

- c) Cerveja extra: definida como sendo a cerveja cujo extrato primitivo é maior ou igual a 12% em peso e menor ou igual a 14% em peso;
- d) Cerveja forte: definida como sendo a cerveja cujo extrato primitivo é maior que 14% em peso.

3.6.2. Quanto à 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: a que, pela ação de corantes naturais, apresentar coloração diferente das definidas no padrão EBC

3.6.3. Quanto ao teor alcoólico:

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

3.6.4. Quanto à proporção de malte de cevada:

- a) Cerveja de 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 50% cento em peso, sobre o extrato primitivo, como fonte de açúcares;
- c) Cerveja de...l, seguida do nome do vegetal predominante, aquela que possuir proporção de malte de cevada maior que 20% e menor que 55% em peso, sobre o extrato primitivo, como fonte de açúcares.

3.6.5. Quanto à fermentação;

- a) de baixa fermentação;

b) de alta fermentação.

A cerveja é constituída por aproximadamente 90% de água, e 4,5 a 5,5% de álcool, principalmente o etílico que é absorvido e convertido em energia. Já o extrato da cerveja, apresenta cerca de 70 a 80% de carboidratos, 4,3% de proteínas, taninos, minerais, ácidos orgânicos e compostos amargos, e, apesar das leveduras consumirem quase todo conteúdo de vitamina B, ainda há uma quantidade pequena destes compostos nas cervejas artesanais (SILVA et al, 2019).

Em relação ao valor calórico, para cada grama de álcool metabolizada, são formadas 7,1 kcal/g sendo uma fonte energética considerável comparada aos carboidratos que apresentam 4 kcal/g, proteínas 4 kcal/g e lipídeos 9 kcal/g. E como qualquer outra bebida alcoólica, se consumida em excesso pode trazer grandes prejuízos à saúde (SILVA et al., 2019).

As características físico-químicas da cerveja podem sofrer variações e influências durante o processo de fabricação ou armazenamento com degradação de Strecker, formação de éter furânico, ácidos amargos de lúpulo, oxidação, que resultam no aumento de compostos de sabor envelhecido e redução do sabor fresco (VELENTIM et al 2021).

3.7. Café

O café é originário da Etiópia, na África, onde ainda faz parte da vegetação natural. É pertencente à família *Rubiaceae*, do gênero *Coffea*, que se divide em *Coffea arábica* e *Coffea conephora*. A sua divulgação aconteceu na Europa em 1952 pelo alemão Leonardo Rauwoff, mas foram os holandeses os responsáveis por toda propagação da bebida (LORENA, 2015).

Com relação as variedades do café arábica, historicamente chegou no Brasil em 1859, e com a expansão do cultivo começaram a surgir novas variedades por mutações ou recombinações de fatores genéticos. Dentre estas variedades, surgiu o Catuaí vermelho e amarelo em 1937. São de arvores com boa capacidade produtiva, o que gera benefício para a cultura do café pela sua facilidade na colheita (CARVALHO, 2019).

Segundo a Organização Internacional do Café (OIC), o consumo de café na safra de 2019/2020 foi de 169,3 milhões de sacas, sendo a União Européia, em segundo Estados Unidos com 45,6 milhões em 2019 e 27,9 milhões de sacas em 2020, e em terceiro lugar

o Brasil, com um consumo de 22,3 milhões de sacas, representando cerca de 13,2% do consumo mundial (OIC, 2020).

O mercado cafeeiro é considerado um dos maiores no agronegócio brasileiro, tendo uma grande importância econômica e social. Segundo o MAPA, dados de 2018, no Brasil há cerca de 300 mil produtores, Das espécies mais expressivas para o cenário econômico, o *Coffea arábica* e *Coffea canéfora* se destacam, sendo o primeiro de aproximadamente 1,5 milhões de hectares e 75% da produção nacional (CONAB, 2020).

O destaque para a produção no Brasil de forma geral é atribuído pelas condições favoráveis que o país apresenta em clima, topografia, e solo que tornam o café de melhor qualidade sensorial. Em 2019 o maior produtor mundial com 62,9 milhões de sacas de safra, com expectativa semelhante para o ano de 2020 (OIC, 2020; CONAB, 2020).

A composição química do café tem relação direta com a sua qualidade e depende de alguns fatores, como espécie, práticas agrícolas, maturação, torrefação e condições de estocagem (LORENA, 2015).

Além dos fatores citados acima, o genótipo do café pode determinar sua composição. Os principais componentes são os carboidratos, polissacarídeos que podem variar de 34 a 44% aproximadamente no café do tipo robusta, lipídios que se apresenta em quantidades diferentes entre o café arábica e robusta com aproximadamente 17% e 10% respectivamente (CAPORASO et al., 2017).

Dentre os compostos bioativos encontrados no café, principalmente em suas sementes, podem se destacar os compostos fenólicos como os ácidos clorogênicos que configuram a principal atividade antioxidante pela característica em eliminar radicais livres e prevenir propagação de processos oxidativos (CASTRO et al., 2017).

Os grãos de café verde são sementes não torradas de espécies de arbustos perenes de *Coffea arábica* e *Coffea canéfora*, sendo as espécies mais negociadas e investigadas do mercado cafeeiro (MACHEINER et al., 2019).

Para o mercado, a qualidade do produto é altamente determinada pela composição química e físico-química do café verde, sendo considerado, portanto, objeto de foco para aumento da qualidade e preço do produto final (DONOVAN et al., 2019).

Tabela 2 – Principais constituintes do café

Constituintes do grão	Teor presente no grão (%)
Lipídeos	13 a 20

Água	8 a 11
Proteínas	6 a 12
Ácidos clorogênicos	6 a 9
Cafeína	1 a 2,5
Açúcares	7 a 30
Minerais	3 a 4
Celulose	15 a 20

Fonte: Hoffmann (2001)

Os grãos de café verde são ricos em compostos bioativos, caracterizados como alcaloides derivados metilados de xantina (cafeína e teabromina) e trigonelina. No entanto, quantidade desses compostos sofre influência de fatores genéticos do cultivo, variedade do café, solo, exposição solar, altitude, parâmetros climáticos, método de colheita e até praticas agrícolas (YSAK, 2018).

Os compostos fenólicos do café são originados da reação de *Maillard*, a exemplo das melanoidinas, são formados no processo de torrefação. Os ácidos clorogênicos são os compostos fenólicos predominantes em grãos de café (CROZIER *et al.*, 2010; WU *et al.*, 2021). O café arábica usado para a quantificação de fenólicos totais possui grau de torra média. De acordo com Król *et al.* (2020), a quantidade de fenólicos presentes nos grãos de café depende da sua classificação em relação a torra. Cafés classificados em torras leves e médias contém substâncias de ácidos clorogênicos de aproximadamente 7 a 8 mg/g, enquanto em grãos torrados escuros é apenas cerca de 4,35 mg/g.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Locais de desenvolvimento das análises

Os experimentos foram realizados nos Laboratórios de Fermentação de Bebidas, de Biotecnologia, de Análise Físico-Química e de Química de Alimentos da Universidade Estadual de Feira de Santana.

A água utilizada nos experimentos foi proveniente do mercado local da cidade de Feira de Santana- BA, em galões de 20L, encontrando-se a mesma com características físico-químicas adequadas para a produção do mosto cervejeiro.

O malte de cevada utilizado foi o malte claro do tipo *Pilsen* de origem belga em sacos de 10kg.

Foram utilizados dois tipos de lúpulo: de amargor (extrato CO₂, 30% de α -ácidos) o lúpulo aromático em pellets da marca Hallertau Hersbrucker (pellets, 40% de α -ácidos, origem alemã).

Os grãos utilizados neste trabalho foram obtidos de um único fornecedor, na indústria de café, Café Coité, localizada na cidade de Conceição do Coité – BA, sendo que os grãos são provenientes da Barra da Estiva na Chapada Diamantina – BA.

O inóculo foi preparado a partir da utilização da levedura comercial liofilizada SafLager S-23, originária da Bélgica.

4.2. Obtenção do grão de café e do mosto

Foi adquirido 01 kg de grãos inteiros (Figura 4) e inicialmente expostos à trituração a cada 100g, com auxílio de liquidificador, na função pulsar, até que o grão rompesse ao meio (Figura 5). A quantidade de café foi igual em todas as amostras. Os grãos foram selecionados através do processo denominado quarteamento para obtenção da amostra representativa.

Figura 3 – Grãos de café arábica

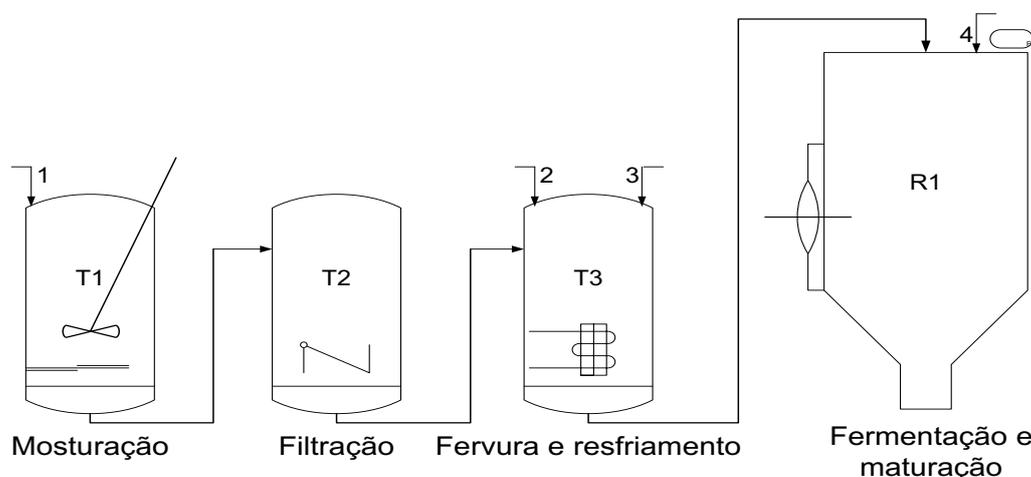


Figura4: (A) grãos de café verde (B) grãos de café verde triturados (C) grãos de café verde selecionados.

Fonte: Autora.

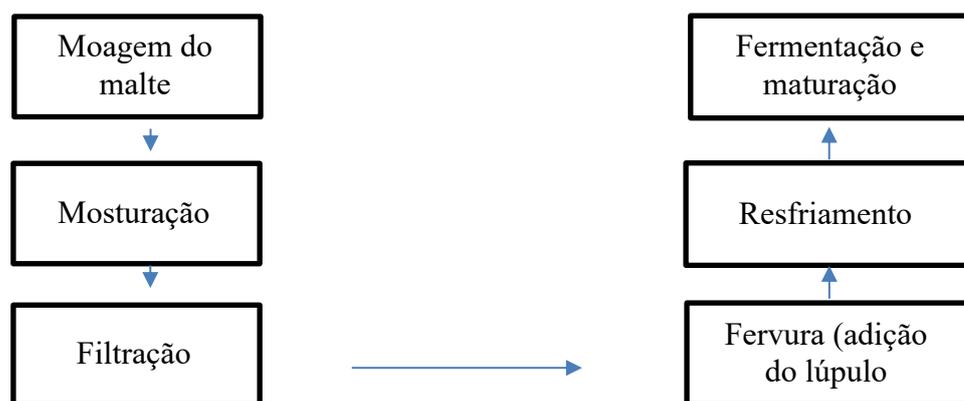
O mosto cervejeiro foi preparado de acordo com as técnicas de fermentação convencionais (com as características finais de 12 °Brix e pH = 5,0) para o preparo de cervejas tipo *Pilsen* nas instalações da cervejaria piloto (Figura 7), localizada no Departamento de Tecnologia da Universidade Estadual de Feira de Santana, Ba, Brasil.

Figura 4 - Planta piloto de produção de cerveja do Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana-Bahia, Brasil: T1 tanque de mosturação; T2 tanque de filtração; T3 tanque de fervura; R1 reator de fermentação/maturação. 1 adição de água e malte, 2 adição de lúpulo, 3 suplemento de ar/O₂, 4 adição da levedura.



Para o mosto, foi utilizado 8,8kg de malte e 43,8L de água + 20,8L de água adicional. O fluxograma da Figura 8 descreve todo o processo, sendo realizado o teste do amido durante a fervura. Após o final da mosturação foram armazenados em garrafas pet no freezer do Laboratório 1 do Labotec II.

Figura 5 – Fluxograma do processo de produção da cerveja



Fonte: Autora.

4.3. Amostragem

Foram preparados 12 ensaios para serem fermentados com leveduras SafLager S-23 do tipo *Lager*, na mesma temperatura (12) por oito dias. Após a fermentação primária, foi

realizado a adição dos grãos de café verde (0,47g) para a maturação em diferentes tempos e temperatura conforme planejamento fatorial demonstrados na Tabela 2.

Tabela 3: Matriz do planejamento Fatorial 2² com quatro ensaios de ponto central e mais quatro ensaios em estrela rotacional.

Ensaio	Variáveis codificadas		Varáveis reais	
	Tempo	Temperatura	[TE] Dias	[TM]°C
Amostra 1	+1	+1	13 dias	4°
Amostra 2	+1	-1	13 dias	1°
Amostra 3	-1	+1	3 dias	4°
Amostra 4	-1	-1	3 dias	1°
Amostra 5	0	0	8 dias	2,5°
Amostra 6	0	0	8 dias	2,5°
Amostra 7	0	0	8 dias	2,5°
Amostra 8	0	0	8 dias	2,5°
Amostra 9	+ 1,414	0	15 dias	2,5°
Amostra 10	- 1,414	0	1 dia	2,5°
Amostra 11	0	+ 1,414	8 dias	5°
Amostra 12	0	- 1,414	8 dias	0°

Legenda: 1.TM – *Temperatura de maturação.*, 2. TE – *Tempo de exposição.*

4.4. Propagação da levedura.

Antes de iniciar a fermentação, as leveduras foram hidratadas em solução salina 0,85% e propagadas no mosto de acordo com as especificações do fabricante Fermentis, Divison of S. I. Lesaffre. Em 100 mL de solução salina adicionou-se aproximadamente 0,1g da levedura (segundo informações do fabricante), agitou-se e fez contagem celular em câmara de Neubauer, para verificação da concentração celular em 10(7) células/mL. Caso não esteja, foi adicionado mais 0,1g de levedura até atingir a concentração necessária para propagar.

Após a hidratação, fez-se a propagação das leveduras em um frasco erlenmeyer contendo 125ml do mosto. Os frascos foram incubados a 30 C por 24 horas em agitador shaker rotatório (ACB Labor), a 150 rpm. Após as 24 horas verificou-se a concentração do inóculo fazendo a contagem celular em câmara de Neubauer constatando se a concentração celular está em 10(8) células/mL. Caso não tenha atingido a concentração ideal, deixa-se por mais 24 horas.

4.5. Fermentação primária

As fermentações foram conduzidas em frascos erlenmeyer 500 mL, contendo 250 mL do mosto, acoplados em sistema formado por rolha, válvula airlock, e mangueira de silicone conforme a Figura 9 com o intuito de evitar contaminação microbiológica e trocas gasosas. Posteriormente incubados em estufa BOD (Demanda Bioquímica de Oxigênio) com a temperatura em 12 °C até o teor de sólidos solúveis permanecer constante. O tempo da fermentação foi de 192 horas (8 dias).

Os testes fermentativos foram realizados em triplicata.

4.6. Acompanhamento analítico da fermentação primária

Durante o processo analítico foram retiradas amostras periódicas de 24 em 24 horas para realização de análises de concentração celular, viabilidade celular, teor de etanol, extrato aparente, ácidos orgânicos e glicerol.

É importante destacar foram coletadas 1 mL da amostra e desgaseificadas a partir da agitação dos mesmos durante 1 minuto. Para a determinação da concentração das células em suspensão e da viabilidade celular, utilizou-se 1 mL da amostra desgaseificada. Logo depois foi utilizado para as demais análises supracitadas.

Figura 6 – Mosto para fermentação de bancada.



Fonte: Autora

Após as fermentações, as amostras foram conduzidas para a maturação, realizadas em estufa D.B.O, em diferente tempo e temperatura, conforme apresentadas na Tabela 2.

4.7.1 Concentração celular e viabilidade celular

A determinação da concentração celular (cel/mL) foi realizada em câmara de Neubauer ($1/400 \text{ mm}^2 \times 1/10 \text{ mm}$) e para determinação das células viáveis e não viáveis, utilizou-se o Método Internacional de Coloração, utilizando azul de metileno segundo ASBC (1996).

$$\text{Viabilidade celular (\%)} = \left(\frac{\text{número de células viáveis}}{\text{número de células totais}} \right) \times 100$$

4.7.2 Teor de Etanol e extrato aparente

O teor de etanol (% v/v), extrato aparente foram determinados através do densímetro de bancada (Rudolph Research Analytical, modelo DDM 2911).

Para a transformação do teor de etanol (% v/v) para g/L:

$$\text{Etanol (g/L)} = \text{Etanol (\% v/v)} \times 0,789 \times \rho$$

Para a transformação do teor de extrato aparente de °P para concentração em g/L:

$$\text{Ext. ap. (g/L)} = \text{Ext. ap. (°P)} \times \rho \times 10$$

Onde: 0,789 g/mL é a densidade do etanol a 20 °C e ρ é a densidade do mosto (g/mL).

Os parâmetros, produtividade volumétrica etanol (Q_p , g/L.h) e o rendimento em etanol ($Y_{p/s}$, g/g) foram calculados de acordo com Borzani (1986) e Moser (1988):

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

$$Q_p = \frac{P - P_0}{t - t_0}$$

Cálculo da fermentabilidade:

$$\text{Fermentabilidade (\%)} = \left(\frac{\text{extrato aparente inicial} - \text{extrato aparente final}}{\text{Extrato aparente inicial}} \right) \times 100$$

4.7. Análise estatística dos dados fermentativos

As análises foram realizadas em triplicata e os resultados foram apresentados como média \pm desvio padrão (DP). Realizaram-se ainda análises de variância (ANOVA) e o teste de Tukey para identificar diferenças significativas entre as médias dos resultados fermentativos obtidos das diferentes formulações do mosto, usando o programa SISVAR (5.0). Os gráficos foram plotados pelo programa ORIGIM. Diferenças entre as médias no nível de 5% ($p < 0,05$) foram consideradas significativas.

4.8. Produção da cerveja para análise sensorial

A produção da cerveja com variáveis de tempo e temperatura de maturação (Tabela 2) foi realizada na Planta Piloto do Laboratório de Fermentação da Universidade Estadual de Feira de Santana – BA.

4.8.1. Produção do mosto

O processo de malteação não foi realizado em laboratório. Obteve-se o malte comercialmente.

O malte de cevada foi moído em moinho automático (Guzzo®) como mostra a Figura 10. Durante o processo, buscou-se verificar a integridade das cascas e o tamanho das partículas do endosperma.

Figura 7– Moinho automático



Fonte: autora.

O malte moído foi misturado com água mineral, água primária, na panela de mostura. O pH da mistura inicial foi de 5,4, não havendo a necessidade de correção. A mistura foi então tamponada com cloreto de cálcio (CaCl_2) na proporção de 1,26 g de CaCl_2/Kg de malte.

Figura 8 – Mosturação

(A) bInício da mosturação



(B) Final da mosturação



Fonte: Autora.

A brassagem seguiu a rampa de tempo e temperatura, como mostra a Figura 5.9, sob agitação manual constante, tempo previamente estabelecido para a produção de uma cerveja tipo Pilsen. Na penúltima escala de temperatura da rampa foi feito o teste de sacarificação do amido. Para isto, uma gota de iodo 2% foi adicionada a uma gota do mosto em processo. A mudança da cor clara para amarela indicou a completa hidrólise do amido no meio, como mostra a figura 13.

Figura 9– Rampa de mosturação

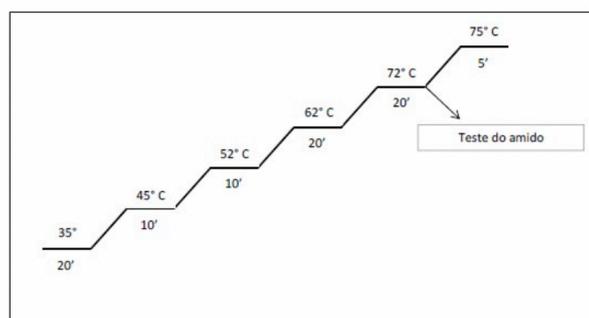


Figura 10 – Teste do amido



Fonte: Autora

A filtração do mosto em uma segunda panela no sistema a que está provida de um fundo falso (Figura 15). Nessa etapa o próprio bagaço do mosto é utilizado como camada filtrante no processo. O mosto foi recirculado aos poucos com o objetivo de retirar todo tipo de resíduo do mesmo. Após a recirculação, água mineral secundária, previamente aquecida a 75° C, foi passada pela camada filtrante do mosto com o objetivo de extrair todo o açúcar residual presente no bagaço.

Figura 11 – Filtração do mosto



Fonte: Autor

O mosto filtrado foi transferido para a panela de fervura e mantido o sistema de aquecimento por 60 minutos sob fervura. Após 15 minutos do início da fervura o lúpulo de amargor, Figura 16, foi adicionado ao mosto e 15 minutos antes do final da fervura o lúpulo Amarillo.

Figura 12 – Lúpulo de amargor e Lúpulo Amarillo



Fonte: Autora.

Após a fervura, a temperatura do mosto foram reduzidas até em torno de 30°C através de um sistema de circulação de água resfriada, Concluído o processo de resfriamento, o mosto foi mantido em repouso e o trub formado foi removido.

4.8.1.1. Fermentação Primária

O mosto resfriado (2 L) foi transferido para erlenmeyer, contendo 1,6 L do mosto com as leveduras previamente propagadas conforme descrito no item 4.5 ajustadas para a esta quantidade de mosto, acoplados em sistema formado por rolha, válvula airlock, e mangueira de silicone conforme a Figura 17 com o intuito de evitar contaminação microbológica e permitir trocas gasosas. Posteriormente incubados em estufa BOD (Demanda Bioquímica de Oxigênio) a 12 °C até o teor de sólidos solúveis permanecer constante. O tempo toda da fermentação foi de 192 horas (8 dias).

Figura 13 – Mosto para fermentação de 2 L para análise sensorial



Fonte: Autora.

4.8.1.2. Maturação (Fermentação secundária)

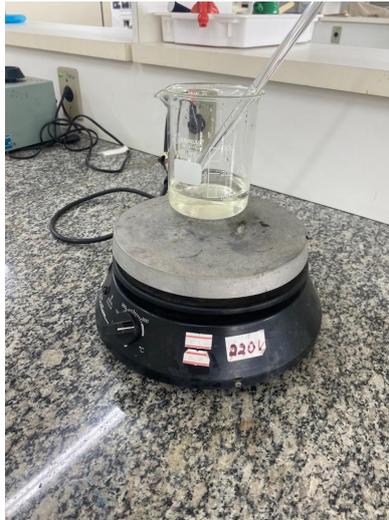
Esta etapa foi conduzida da seguinte forma: as bebidas fermentadas a 12°C foram submetidas a diferentes tempo e temperatura, com a adição do grão de café verde conforme Tabela 2.

4.8.1.3. Priming

Priming é uma técnica que consiste na adição de açúcares fermentescíveis para que a levedura fermente e libere CO₂.

O *priming* foi feito dissolvendo o açúcar cristal, na concentração de 8 g/L de cerveja, em um pouco de água e ferveu-se por um tempo para que a sacarose se transforme em glicose + frutose, e em baixo pH para que não haja caramelização, como mostra a Figura 18. A calda foi colocada na diretamente no fermentador, tomando os devidos cuidados para que fosse uniformemente distribuída por toda cerveja e para que não ocorra contaminação. As leveduras da cerveja fermentarão esse açúcar, e produzir CO₂, e por estar fechada, a garrafa vai pressurizar, e o gás carbônico irá se armazenar no líquido.

Figura 14– *Priming* - Calda de açúcar utilizada para adicionar na cerveja depois do processo de maturação.



Fonte: Autora.

4.8.1.4. Envasamento

Após o priming a cerveja foi envasada em garrafas devidamente esterilizadas em água a 100°C, por 15 minutos. No envasamento deixou-se a cerveja escorrer pela parede da garrafa, bem devagar, tomando cuidado para não encher muito, evitando-se assim pressão demasiada dentro da garrafa e evitando exposição da cerveja ao oxigênio para evitar oxidação da mesma. Tampou-se as garrafas com o auxílio de um tampador manual e armazenadas.

4.9. Análise sensorial

A análise sensorial das cervejas foi realizada na Faculdade da Região Sisaleira (Faresi) situada na cidade de Conceição do Coité, BA, em cabines individuais com a utilização de luz branca, longe de ruídos e odores, no Laboratório de Técnica Dietética e Análise Sensorial (Figura 19). Contou com a participação de 60 provadores não selecionados e não treinados, de ambos os sexos e maiores de 18 anos, estudantes de graduação da Faculdade Faresi. A análise foi realizada em três dias consecutivos, totalizando nove amostras provadas de 25mL cada e 75mL em um dia.

Os participantes foram submetidos a um questionário de triagem para verificar requisitos para avaliação como: portadores de doenças crônicas não transmissíveis, alergias, vacinação para COVID-19 e sequelas no olfato e paladar caso em algum

momento tenha sido positivado para COVID-19 (Figura 20). O recrutamento realizado pelo questionário de triagem possibilitou destacar critérios de inclusão desta pesquisa: discentes da faculdade Faresi, idade acima de 18 anos, vacinação para COVID-19, sem doenças crônicas não transmissíveis, sem aversões ou alergias alimentares a ingredientes da cerveja e café, e sem alterações olfativas e gustativas como sequelas pós-covid. E como critérios para exclusão: portadores de doenças crônicas, alérgicos, gestantes, não vacinados, menores de 18 anos e com sequelas do paladar e olfato pós-covid. Durante a análise, água e alimentos doces e salgados estiveram á disposição dos avaliadores. O teste aplicado foi o de aceitação com escala hedônica estruturada com 9 pontos como mostra a figura 21.

A escala hedônica é uma escala facilmente compreendida pelos avaliadores. O consumidor pode expressar sua aceitação pelo produto, seguindo uma escala previamente estabelecida com variação gradativa dos atributos (MINIM, 2013),

Os resultados foram exportados para o Microsoft 365 Excel e posteriormente foram criados gráficos apresentados em percentual segundo resultados da escala hedônica.

Figura 15: Análise sensorial



Fonte: Autora.

4.10. Análises físico-química da cerveja

A partir da análise sensorial, foi possível identificar a cerveja de maior aceitação segundo atributos selecionados pela escala hedônica de 9 pontos.

A acidez titulável foi determinada pelos procedimentos descritos de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (IAL, 1985). O pH foi determinado em pHmetro digital, os sólidos solúveis (°Brix) em refratômetro digital (Reichert, modelo AR200).

Os açúcares redutores foram quantificados utilizando-se o método do ácido dinitrosalicílico (DNS) sugerido por Miller (1959). Este método fundamenta-se na redução do ácido 3,5 dinitro-salicílico a ácido 3-amino-5-nitrosalicílico com concomitante oxidação do grupo aldeído do açúcar com desenvolvimento de coloração avermelhada. A quantificação foi realizada por espectrofotometria (SHIMADZU UV mini-1240) a 540 nm, utilizando-se uma curva analítica linear de glicose, sendo os resultados expressos em mg de glicose/mL.

Açúcares totais foram determinados pelo método de Somogyi-Nelson, 1960. A determinação de açúcares pelo método de Somogyi-Nelson é baseada nas propriedades redutoras dos açúcares, pela reação da hidroxila hemiacetálica dos monossacarídeos. A quantificação foi realizada por espectrofotometria (SHIMADZU UV mini-1240) a 540 nm, utilizando-se uma curva analítica linear de glicose, sendo os resultados expressos em mg de glicose/mL. A diferença entre os açúcares redutores e totais foi considerada como a concentração de açúcares não redutores na polpa de maracujá do mato, sendo os resultados expressos em mg de glicose/mL.

O pH foi determinado em pHmetro digital, os sólidos solúveis (°Brix) em refratômetro digital (Reichert, modelo AR200).

A cor foi determinada através da leitura em espectrofotômetro de cada amostra, a 430 nm, contra um branco de água destilada. No caso de amostras escuras ou muito turvas, estas devem ser diluídas (1:10) em água destilada antes de se proceder a leitura (COVENIN, 2001).

Figura 16 – Modelo de questionário de triagem usado antes da análise sensorial

QUESTIONÁRIO DE TRIAGEM

1. Qual seu gênero?

Feminino Masculino

2. Qual a sua idade?

18 a 25anos

25 a 35anos

35 ou mais

3. Você é portador de alguma destas condições abaixo?

- Diabetes mellitus
- Hipertensão arterial
- Alergias alimentares
- Problemas cardiovasculares
- Alcoolismo
- outro _____

4. Você já foi diagnosticado com covid?

Sim

Não

5. Se a resposta acima for SIM, seu olfato e paladar ficaram prejudicados?

Sim

Não

6. Você já está imunizado contra a COVID-19?

- Sim, primeira dose
- Sim, primeira e segunda dose
- Sim, primeira, segunda e terceira dose
- Não

Agradecemos sua participação!

Figura 17 – Modelo de ficha de avaliação usado na análise sensorial

Nome: _____ Sexo: F () M ()

Idade: _____

Avalie as amostras utilizando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou das cervejas. Marque a posição da escala que melhor reflita seu julgamento.

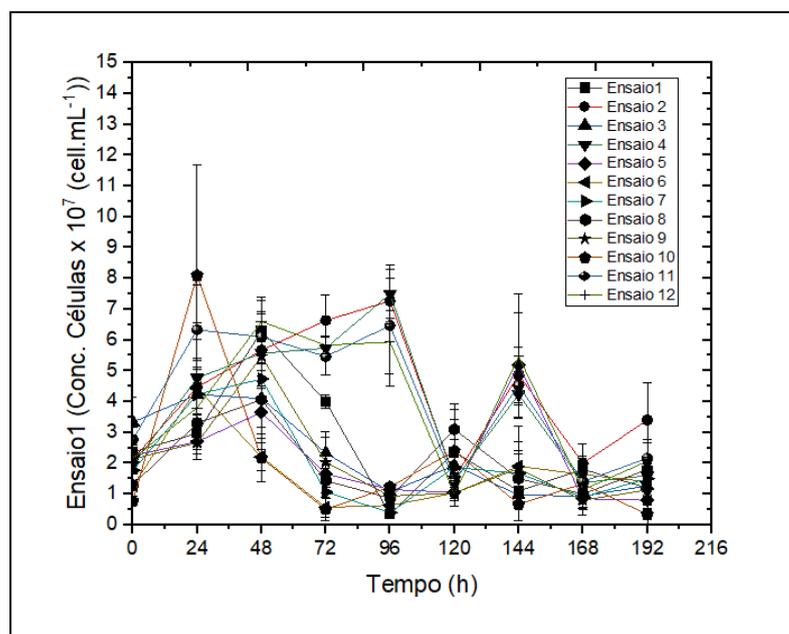
Amostra ____	Cor	Sabor	Aroma	Todo o produto
Gostei extremamente				
Gostei muito				
Gostei moderadamente				
Gostei ligeiramente				
Indiferente				
Desgostei ligeiramente				
Desgostei moderadamente				
Desgostei muito				
Desgostei extremamente				

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Estudo da Cinética da fermentação

Através da Figura 22 é possível visualizar a representação gráfica da concentração celular e viabilidade celular em função do tempo de fermentação de todos os ensaios. A fase *lag* ou de latência, que é a fase de adaptação não ocorreu. Isso pode ser explicado devido ao processo de propagação da levedura já ter ocorrido no meio com nutrientes já existentes e conseqüentemente as leveduras já estariam adaptadas. O mesmo foi observado por Silva (2015) quando identificou que as leveduras comerciais apresentavam maior adaptação ao meio, reduzindo o período de adaptação e início mais rápido da fermentação.

Figura 18 – Perfis geral de concentração de células em suspensão (cel/mL) durante a fermentação de todos os ensaios.

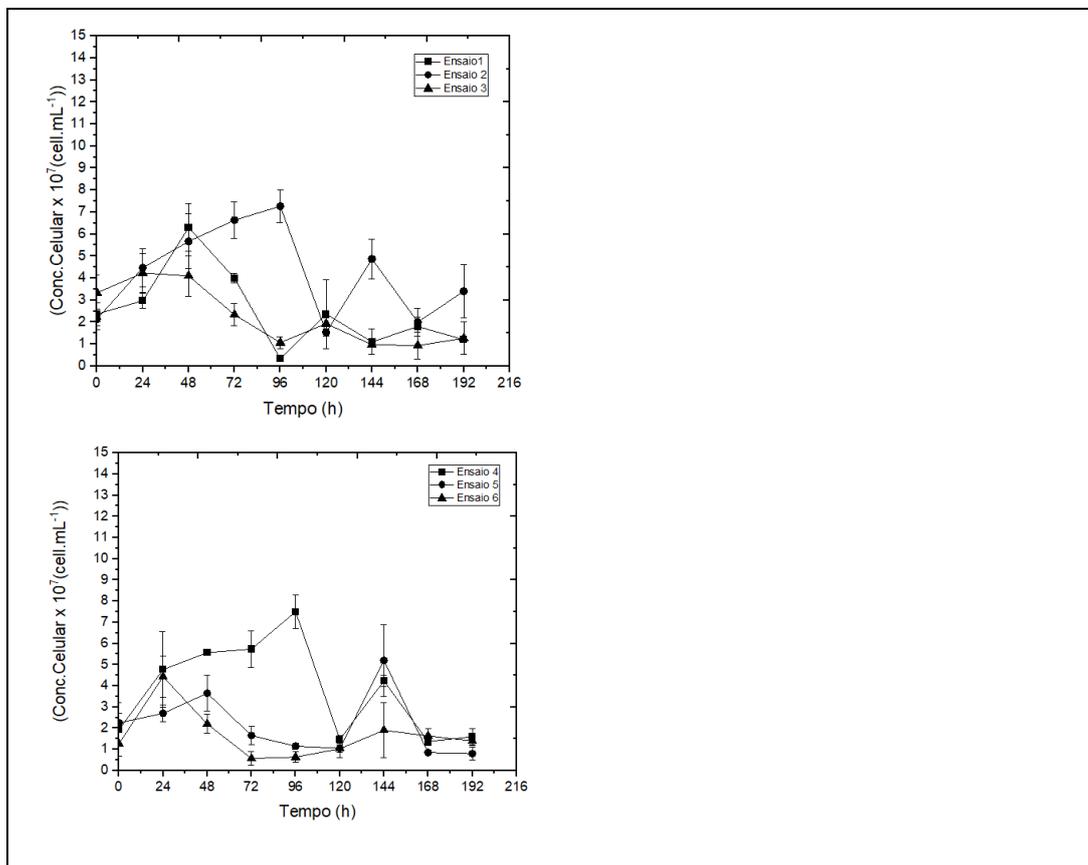


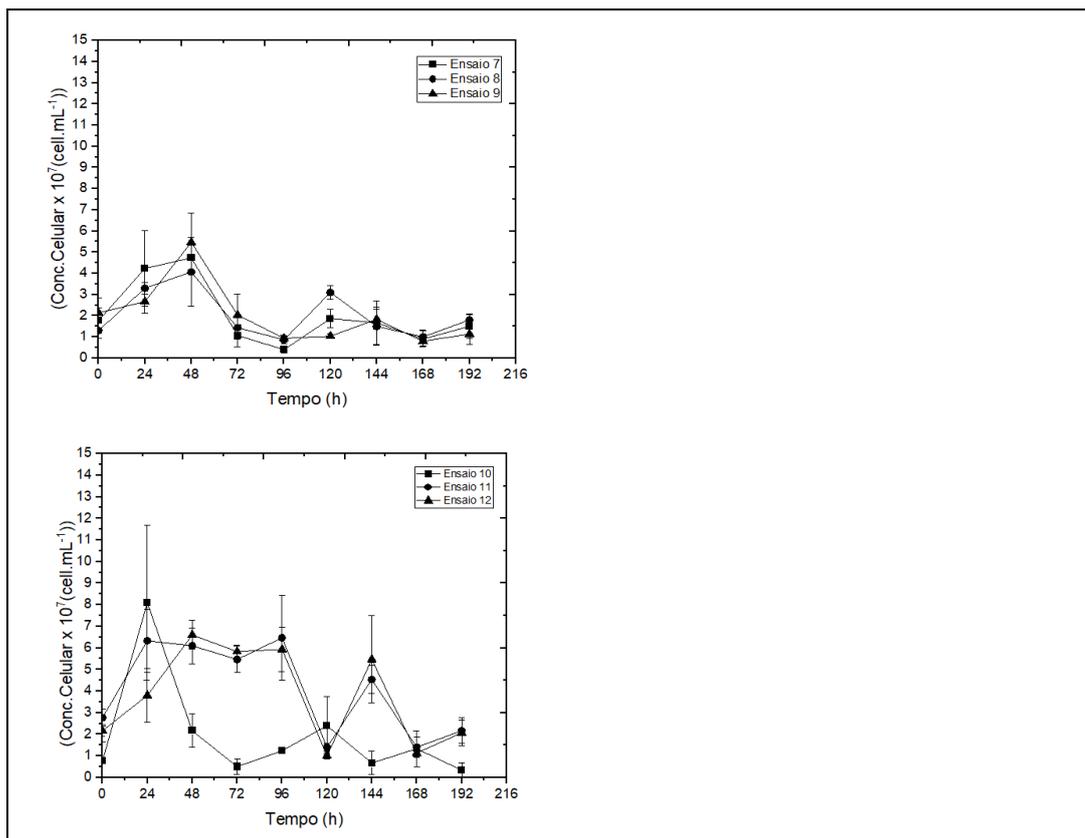
A partir da representação gráfica da Figura 23 observa-se que o crescimento das leveduras ocorreu a partir de 24 e 48 horas de fermentação, sendo que o ensaio 2 e 4 apresentou maior pico de concentração celular com 96 horas de fermentação, este valor correspondeu a $7,27 \times 10^7$ (7) cel/mL, e $7,50 \times 10^7$ (7) cel/mL respectivamente. Essa fase também é caracterizada como fase logarítmica ou exponencial, em que o crescimento

celular é bastante expressivo, ocorrendo maior consumo de substrato e formação do produto (etanol).

Após a fase *log*, é possível identificar a fase estacionária no ensaio 11, partir das 24 horas de fermentação até 96 horas, e no ensaio 12 a partir das 48 horas mantendo-se até as 96 horas de fermentação. Em seguida, a fase de declínio celular é observada em todos os ensaios a partir de 96 horas de fermentação. Dado também achado por Costa (2017) e Galvão et al. (2019) quando verificou que durante o processo fermentativo da fermentação realizada, o aumento da contagem de células foi seguido por um declínio de crescimento caracterizando morte celular.

Figura 19– Perfis gerais de concentração de células em suspensão (cel/mL) durante a fermentação.

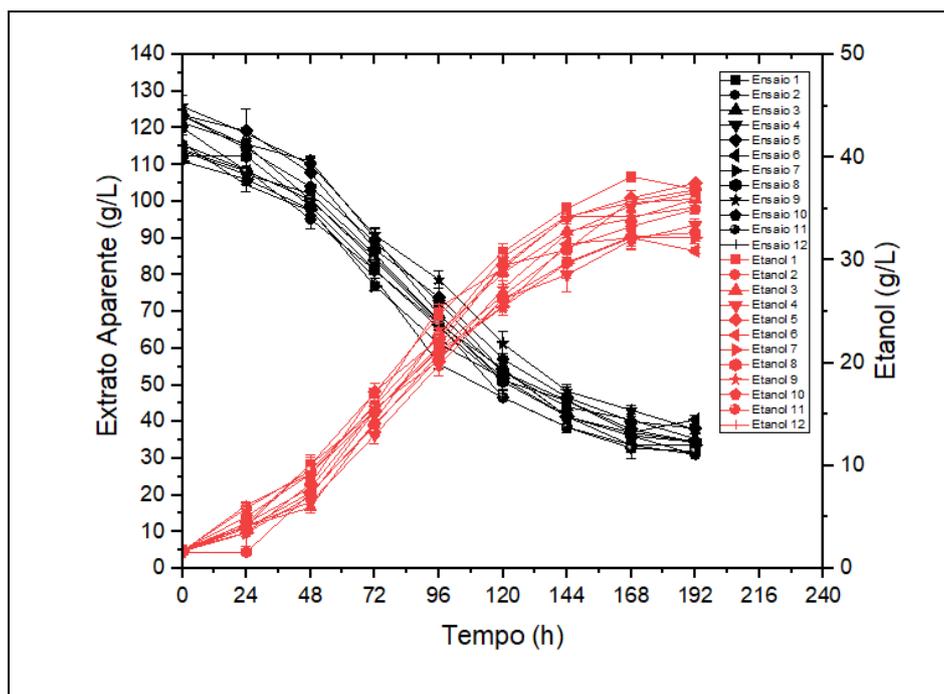




5.2. Consumo de extrato aparente e produção de etanol

Observa-se na Figura 24 o aumento da produção de etanol a partir das 24 horas de fermentação onde também aconteceu a maior fase de concentração celular de todos os ensaios durante o processo fermentativo. Segundo Almeida et al. (2020) as concentrações de etanol são esperadas uma vez que o teor alcóolico é obtido a partir do metabolismo da levedura que utiliza os açúcares como substratos.

Figura 20 – Perfis da concentração de etanol (g/L) e concentração de extrato aparente (g/L) em todos os ensaios.



Todos os ensaios foram realizados na mesma temperatura e tempo de fermentação, e de maneira semelhante se comportaram em relação a produção de etanol. O valor mínimo de etanol obtido após o processo final de fermentação foi o ensaio 6 com 30,92 (g/L), seguido do valor de produção 37,50 (g/L) representada no ensaio 7. Achados de produção de etanol superiores a estes podem ser descritos por Araújo (2016), Melo (2016), porém, durante o processo fermentativo foi adicionado adjuntos ao malte que aumentam o substrato e consumo pelas leveduras, gerando maior produção de etanol.

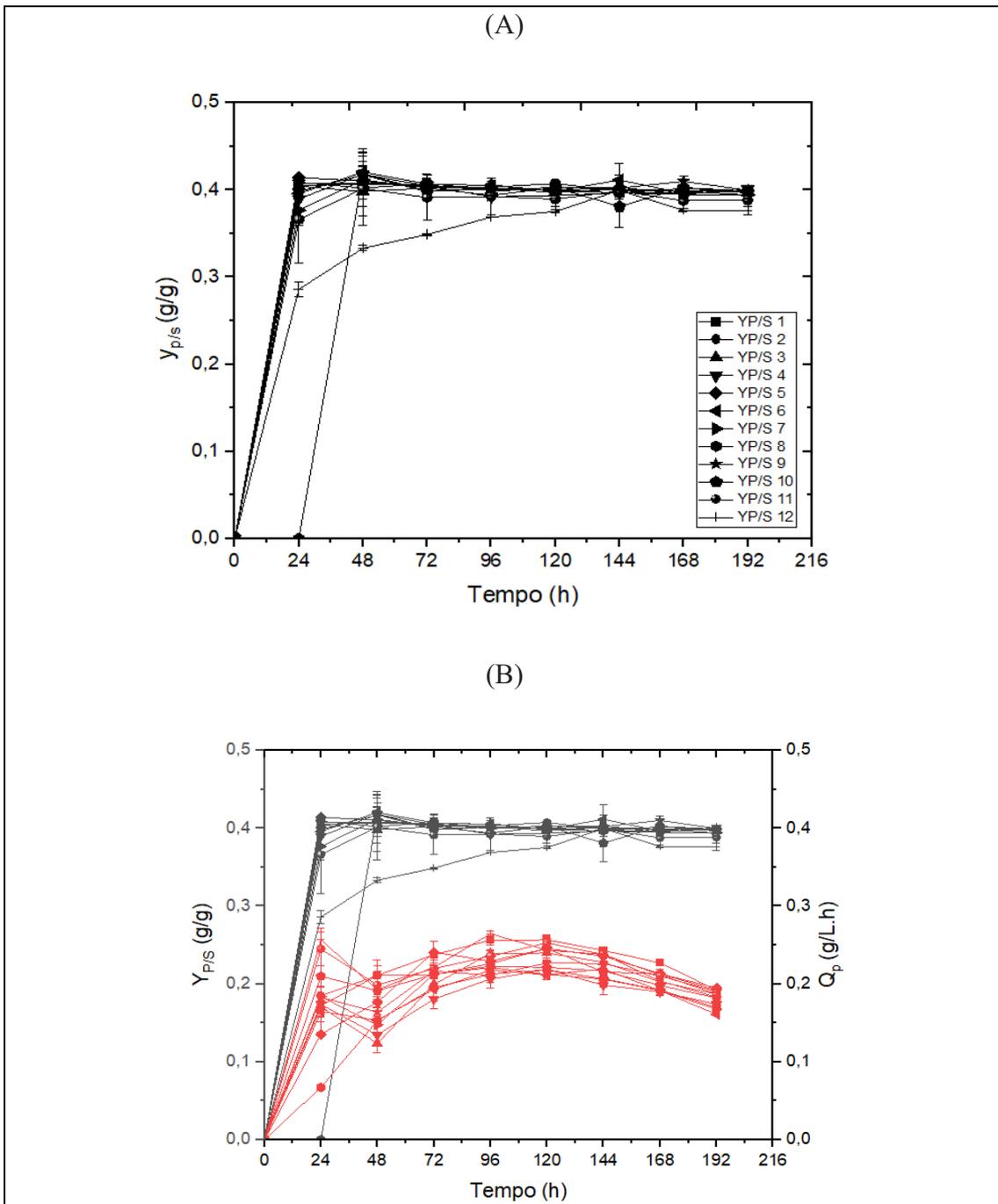
5.3. Parâmetros fermentativos

No tocante ao rendimento em produto ilustrado pela representação gráfica pela Figura 25 (A), tem-se resultados em crescente durante o processo fermentativo, e proporcionalmente a produtividade volumétrica (B). Este dado corrobora com o achado por Almeida et al. (2020), que pode ser justificado porque este parâmetro associa a variação de produto com a variação do substrato consumido.

Através do tratamento estatístico dos parâmetros fermentativos (fermentabilidade aparente, produtividade volumétrica (Q_p) e fator real de conversão de substrato em etanol ($Y_{p/s}$), pode-se verificar que não houve diferença significativa entre os ensaios conforme Figura 25 (B), apresentando-se crescente entre as amostras.

Santos (2011), encontrou parâmetros cinéticos de uma cerveja usando arroz preto como adjunto, obtendo valores de 0,29 a 0,33g/L.h para produtividade. Comparando com as amostras desta pesquisa, os resultados foram pouco menores, variando de 0,16 a 0,222 g/L.h, visto que durante o processo de fermentação não foi adicionado às nenhum substrato como adjunto para aumentar o consumo e consequentemente gerar maior produtividade.

Figura 21 – Perfis dos parâmetros fermentativos. (A) Conversão de substrato em produto. (B) Conversão de substrato em produto versus produtividade volumérica.



5.4. Análise sensorial

O teste sensorial da cerveja produzida foi realizado para avaliar intensidade dos atributos sensoriais e aceitação do consumidor em diferentes modelos de cerveja. Para isso foi realizado o teste afetivo de aceitação com escala hedônica estruturada com 9 pontos. Foram avaliados os seguintes atributos: cor, sabor, aroma e avaliação de todo o produto, conforme demonstradas nos gráficos seguintes.

Dentre os participantes, a maioria era do sexo feminino (55%), como apresentado na Figura 26. Quanto a faixa etária, 70% tinham de 18 a 25 anos, 20% de 25 a 35 anos e 10% tinha 35 anos ou mais.

Figura 22 – Perfil de avaliadores – sexo e idade

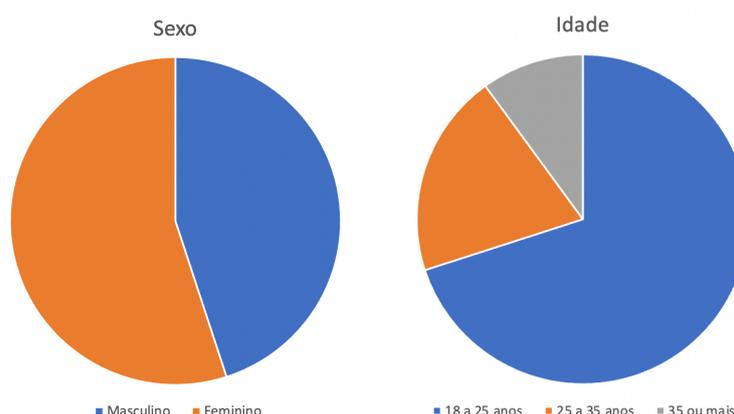
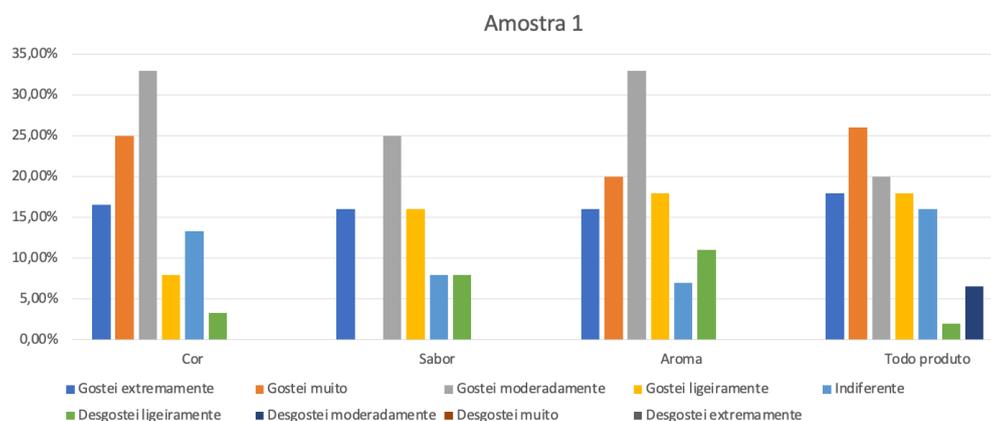
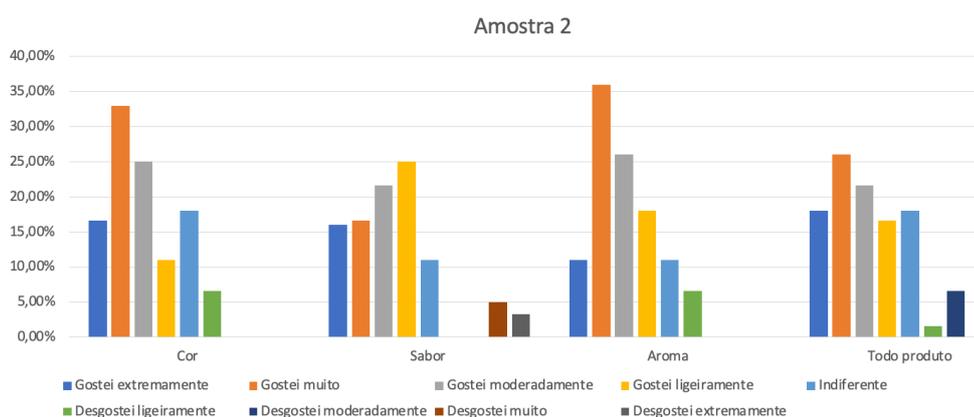


Figura 23– Resultado do teste de aceitação da cerveja com 13 dias de maturação a 4°C.



A figura 27 mostra a o resultado da análise sensorial da amostra 1, semelhante ao resultado da amostra 2 (Figura 28), obtendo uma aceitação favorável aos itens avaliados. Ambas as amostras apresentam um tempo de maturação de 13 dias, diferindo apenas da temperatura. Para os pesquisadores, estas amostras estão no critério de “gostei muito” e “gostei moderadamente” em todos os itens da escala hedônica, mas o atributo cor, aroma sobressaíram na margem dos percentuais avaliados.

Figura 24 – Resultado do teste de aceitação da cerveja com 13 dias de maturação a 1°C.



Os participantes também avaliaram amostra 3 (Figura 29), uma cerveja com 3 dias de maturação a 4°C, resultando em pouca aceitação representada no gráfico com percentuais elevados para “desgostei ligeiramente”, “desgostei moderadamente” e concluíram indiferença em relação a cor, aroma, e avaliação de todo produto. Resultado semelhante é possível observar na avaliação da amostra 4, com um tempo de maturação igual, mas temperatura a 1°C (Figura 30). Dos critérios avaliados conforme a escala a aceitação variou entre “indiferente” e “desgostei ligeiramente”.

No atributo sabor, é possível identificar nas amostras 3 e 4 uma prevalência do avaliador em “desgostei moderadamente” e “desgostei ligeiramente”. De acordo com Freire et al. (2016), é normal que os avaliadores não treinados, habituados com cervejas comerciais comuns estranhem o amargor porque as cervejas de produção industrializadas são na sua maioria mais suaves.

Em relação a análise sensorial da amostra 10 (Figura 31), uma cerveja com 1 dia de maturação a 2,5°, as respostas foram bastante distribuídas no atributo cor, sabor e aroma, não apresentando diferenças significativas entre elas. É importante destacar que os

avaliadores não foram treinados para realizar o teste, o que pode gerar uma limitação de escolhas dos atributos da cerveja. Essa condição também foi identificada por SILVA et al. (2009), ao realizar uma análise sensorial com três tipos cervejas, com avaliadores não treinados e com resultados sem diferenças significativas nos mesmos quesitos.

Para Imaizumi (2019), fatores como dieta do provador, humor, experiências, gostos pessoal e hora que as amostras foram servidas, podem afetar a degustação e resultado da análise.

Figura 25 – Resultado do teste de aceitação da cerveja com 3 dias de maturação a 4°C.

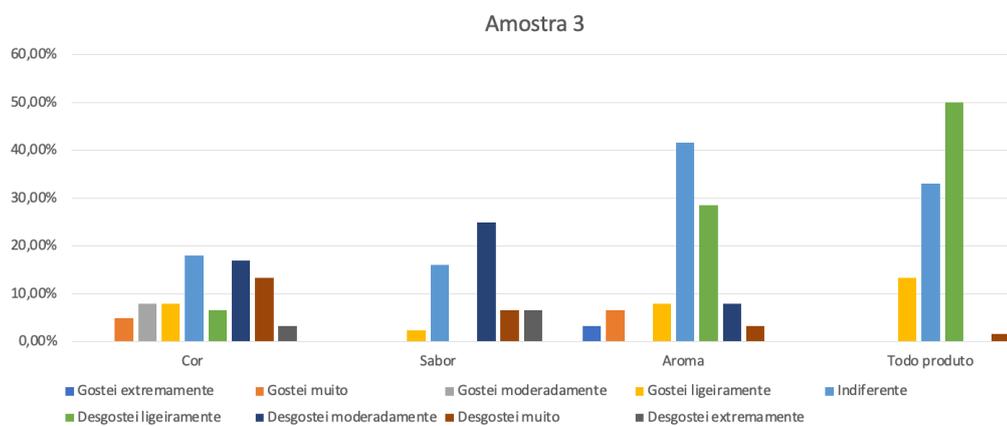


Figura 26– Resultado do teste de aceitação da cerveja com 3 dias de maturação a 1°C.

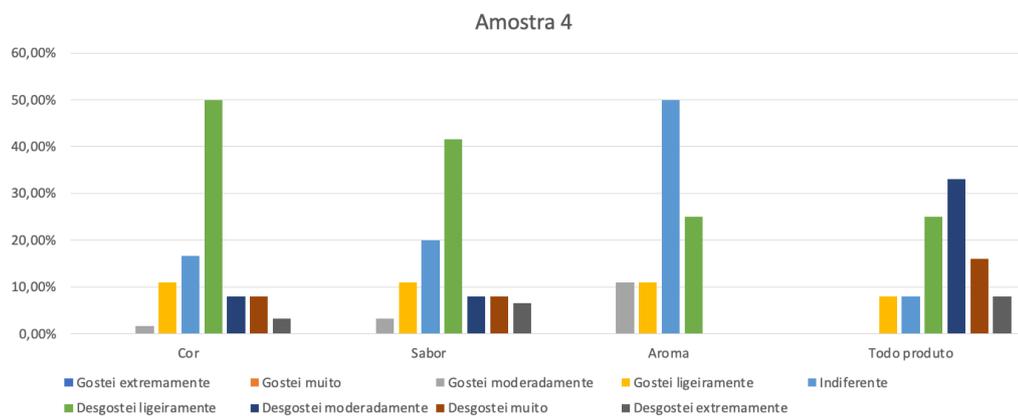
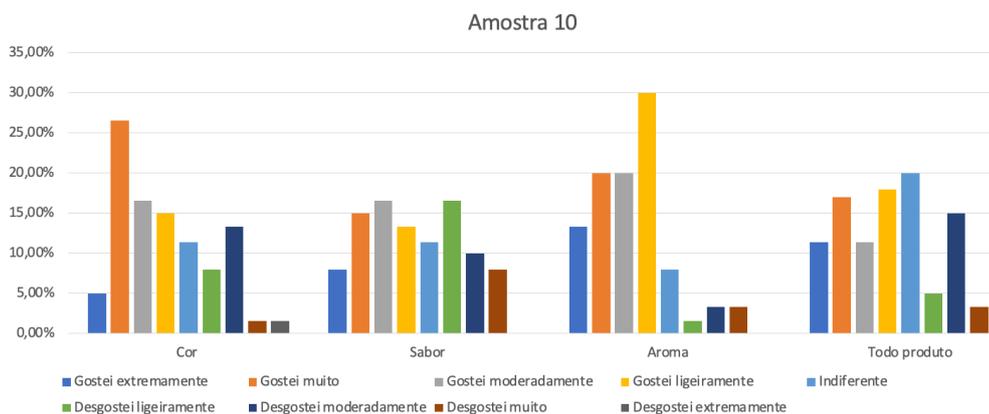


Figura 27– Resultado do teste de aceitação da cerveja com 1 dia de maturação a 2,5°.



As amostras 5 (Figura 32), 11 (Figura 33) e 12 (Figura 34) apresentam-se com o mesmo tempo de maturação e diferem na temperatura, sendo 2,5°C, 5°C e 0°C respectivamente, apresentando-se com boa aceitação de acordo a escala avaliativa. Os critérios de sabor mantiveram entre “gostei moderadamente” e “gostei ligeiramente”; já em relação ao aroma, é possível identificar que a amostra com temperatura a 0° obteve resultado mais satisfatório do que as amostras em temperatura superior.

Conforme apresentado por Quelhas, o modelo de análise apresentou também maior aceitação sensorial no atributo aroma pelas cervejas maturadas a temperaturas entre 0°C e 4°C, do que as maturadas em tempo maior, devido a concentração de linalol que pode ser diferente após o *dry-hopping* em temperaturas abaixo de 4°C, influenciando diretamente no aroma (2017). No que se refere a avaliação global das cervejas, é notório a boa aceitação em cervejas com maior tempo de maturação.

Figura 28– Resultado do teste de aceitação da cerveja com 8 dias de maturação a 2,5°.

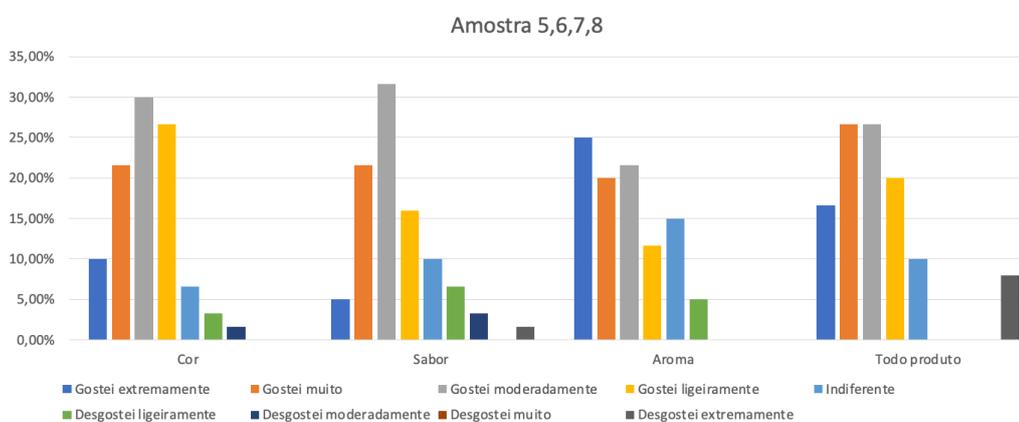


Figura 29– Resultado do teste de aceitação da cerveja com 8 dias de maturação a 5°.

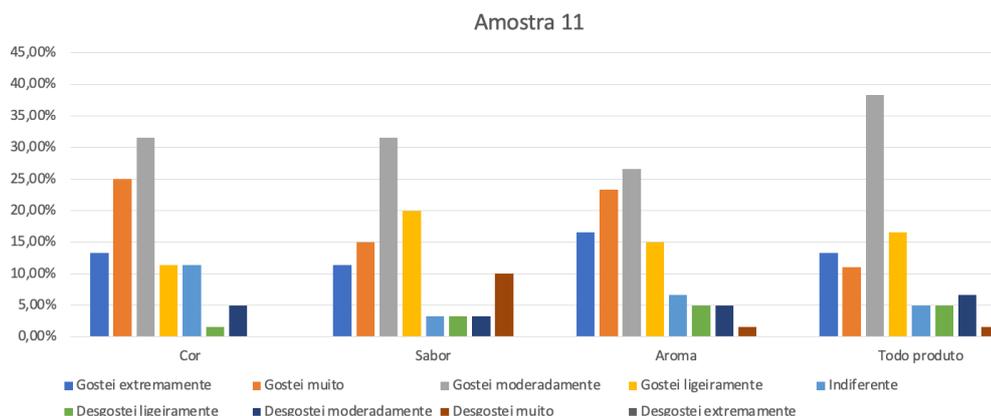
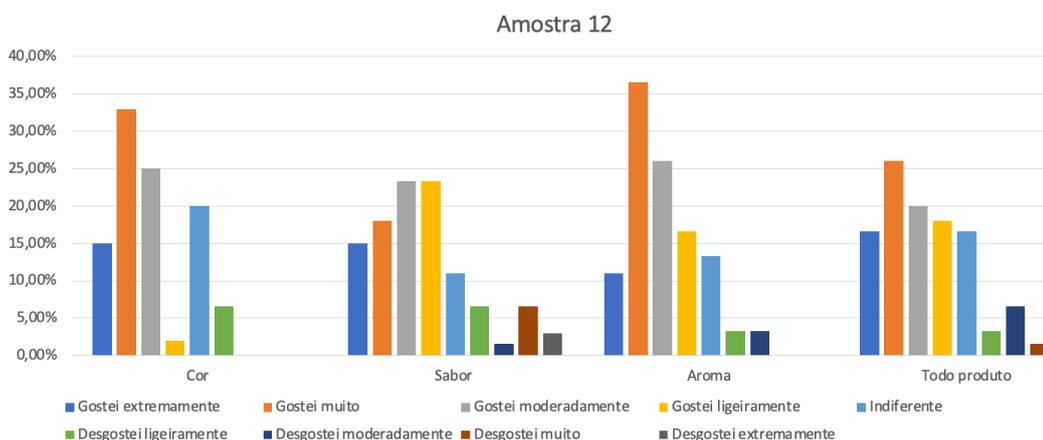


Figura 30 – Resultado do teste de aceitação da cerveja com 8 dias de maturação a 0°.

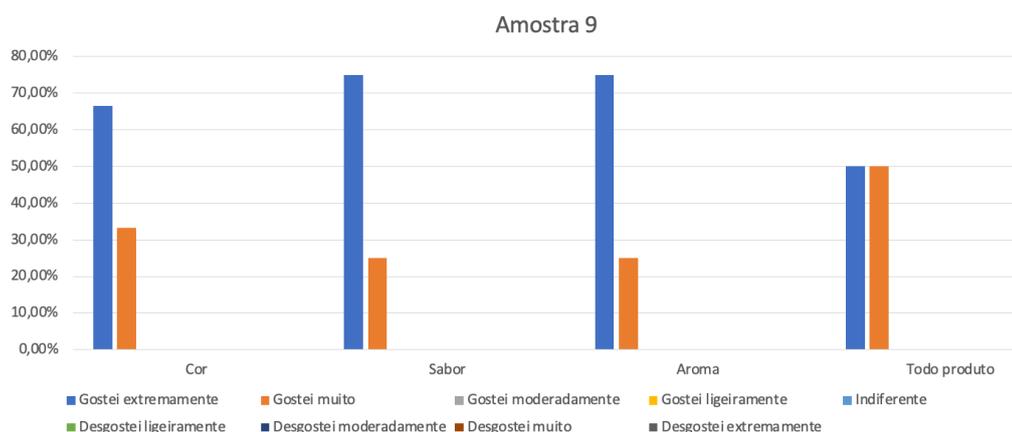


Quanto a análise sensorial da amostra 9 (Figura 35) foi a única amostra com 15 dias de maturação à 2,5°C, apresentando resultado satisfatório dos atributos cor, sabor, aroma e avaliação global por parte dos avaliadores, mantendo segundo a escala hedônica “gostei extremamente” e “gostei muito”. É notório que processo de maturação da cerveja em temperatura baixa de 0 a 3° é interessante para diminuir a turbidez, clarear a cerveja, apurar o odor e sabor, deixando-a com melhor qualidade quando consumida (OETERER, 2006). Os resultados apresentados para esta cerveja foram superiores às encontradas por Pinto et al. (2015), quando avaliou os mesmos atributos para uma cerveja artesanal com abacaxi e acerola, reafirmando a aceitação desta amostra.

A partir de uma avaliação sensorial das cervejas comercializadas puro malte, Imaizumi (2019) observou que os provadores também deram preferência a cervejas com maior tempo de maturação onde as características de cor, sabor e turbidez já estão bem consolidadas.

Uma análise realizada a partir da produção de uma cerveja aromatizada com gengibre por Tozetto (2017) apresentou aceitabilidade semelhante à proposta desta pesquisa. O aroma e sabor demonstram resultados altamente relevantes, uma vez que gengibre e café são produtos com um diferencial de aroma e sabor marcantes. Para Silva (2008), a adição de frutos ou ingredientes marcantes, garante aroma único para o produto artesanal.

Figura 31 – Resultado do teste de aceitação da cerveja com 15 dias de maturação a 2,5°.



5.5. Análise físico-químicas da cerveja

As análises físico-químicas da cerveja produzida em planta piloto com 7,5g de grão de café verde durante 15 dias de maturação à 2,5°, ocorreu pela maior aceitação dos provadores segundo a análise sensorial conforme valores apresentados na Tabela 4. Os resultados da análise seguem demonstrados na Tabela 5.

Tabela 4: Resultados da análise sensorial para cerveja com 15 dias de maturação.

Atributos	Resultados
Cor	66,6%
Gostei extremamente	33%
Gostei muito	
Sabor	
Gostei extremamente	75%
Gostei muito	25%

Aroma	
Gostei extremamente	75%
Gostei muito	25%
Todo o produto	
Gostei extremamente	50%
Gostei muito	50%

Tabela 5: Análise físico-química da cerveja com 7,5g de cerveja e 15 dias de maturação

Parâmetros	Resultados
°Brix inicial	12,4 ± 0,0
°Brix final	5,17 ± 0,09
pH	4,46 ± 0,00
Acidez titulável (%) (ATT)	1,78 ± 0,09
Açúcares redutores (mg/mL)	1,94 ± 0,07
Açúcares totais (mg/mL)	17,69 ± 8,25
Cor (EBC)	18.82 ± 0,22
Álcool (%v/v)	6,14 ± 0,1

O teor de sólidos solúveis ou °Brix foi mensurado antes do processo de fermentação e após o período de maturação da cerveja. Inicialmente apresentando °12,4 e finalizando com 5,17 ± 0,09.

A partir da análise de pH descrita no item 4.11, a amostra apresentou valor de 4,46 ± 0,00. O Decreto nº 6.871 (BRASIL, 2009) e o BJCP (2015) não definem valores de referência para pH, porém Almeida e Belo (2017) considera a cerveja um produto ácido, na qual os valores aceitáveis de pH entre elas variam entre 4,0 e 5,0, corroborando com o achado da cerveja analisada.

A determinação de acidez da cerveja é um importante indicador de qualidade, pois cervejas com acidez elevada podem estar associada à contaminação bacteriana. A amostra analisada apresentou 1,78 ± 0,09%. Para Taylor (2015) não há um valor padrão de acidez

em cervejas pela variedade de estilos de cervejas, sendo mais ou menos ácidas. Mas, Compton (1978) destaca uma boa cerveja com valores no intervalo de 0,09 a 0,15%. Dessa forma, a amostra apresentou valor dentro do adequado segundo o autor.

Para que a acidez seja considerada favorável, é preciso que não impeça a levedura de agir, mas a acidez do meio também pode impossibilitar o crescimento microbiano e elevar o rendimento de etanol (AQUARONE et al.,2001). O tipo de produção e a matéria prima contida em uma cerveja podem alterar o nível de acidez total do produto durante a sua produção (ALMEIDA e BELO, 2017).

A amostra apresentou açúcares totais de 20,53, visto que durante o processo de fermentação é esperado que os açúcares sejam metabolizados pela levedura, apresentando portando valores mais reduzidos.

A cor, determinada através da leitura em espectrofotômetro, apresentou 18.82 ± 0.22 . De acordo com Brasil (2009), cervejas que apresentam valores menores de 20 unidades EBC (*Eropen Brewery Concentration*), em estilo *American Lager*, podem ser classificadas como “*cervejas claras*”. Doretto et al. (2018) também identificou o mesmo parâmetro ao analisar físico-quimicamente cervejas brasileiras.

O Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009 (BRASIL, 2009), caracteriza cerveja uma bebida resultado da fermentação alcoólica do mosto cervejeiro a partir do malte de cevada e água potável, pela ação da levedura e adição do lúpulo. A amostra analisada apresentou $6,14 \pm 0,1$ em relação ao seu teor alcóolico, para o mesmo decreto, esta amostra é considerada uma cerveja com álcool porque seu conteúdo apresentou valor superior a 0,5%.

É importante destacar que a adição do grão de café verde durante o processo de maturação não modificou características físico-químicas segundo disposto na legislação, tornando a cerveja aceitável e semelhante as produzidas comercialmente, principalmente em relação a cor.

6. CONCLUSÃO

O café é um elemento versátil e de grande potencial em vários seguimentos de pesquisa. O grão do café verde (*Coffea arabica Catuai Vermelho*) de fato tem características individuais e com maior necessidade de estudos, considerando a utilização do café torrado em maior proporção no processo cervejeiro.

Foi possível prever a contribuição significativa que as análises sensoriais e físico-químicas apresentaram para o processo cervejeiro artesanal, permitindo verificar se o produto está satisfatório para o mercado consumidor e dentro dos padrões de qualidade estipulados pela legislação. Além disso, a pesquisa consegue contribuir para mais estudos com elementos da região Nordeste.

Com a análise sensorial, pode-se confirmar que as cervejas que apresentaram maior tempo de maturação em menor temperatura, foram mais aceitas pelos provadores, podendo ser facilmente justificada pelo tempo de maturação melhorar características como cor, aroma, acidez e turbidez da cerveja.

A adição do grão do café verde no processo de maturação não interferiu na acidez, teor alcoólico, pH, e cor, tornando a bebida ideal segundo a legislação. Mas é importante destacar a carência de estudos para relacionar e comparar parâmetros com o grão verde.

Diante do trabalho realizado e como melhora no processo da obtenção da cerveja aromatizada com grão do café verde, é interessante implementar durante a análise sensorial o teste de comparação pareada com outras cervejas comerciais e usar a técnica de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ).

7. REFERÊNCIAS

ALVARENGA, D. Consumo de cerveja 'migra' para dentro de casa e volume de vendas no Brasil é o maior desde 2014. **G1-Economia**, 2021. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/2021/05/23/consumo-de-cerveja-migra-para-dentro-de-casa-e-volume-de-vendas-no-brasil-e-o-maior-desde-2014.ghtml>>. Acesso em: jan.2022.

ALMEIDA, L. K. J. **Acompanhamento do processo de produção da cerveja e elaboração de mapa de risco**. Monografia (Graduação). Engenharia química. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2019.

ALMEIDA, F. L. C et al. **Estudo do processo fermentativo de bebidas alcólicas de mangaba (*Harconia speciosa* Gomes)**. HOLOS, v. 3, 2020.

ALMEIDA, D. S; BELO, R. F. C. **Análise físico-químicas de cervejas artesanais e industriais comercializadas em Sete-Lagoas – MG**. Revista Brasileira de Ciência da vida, v.5, n. 5, 2017.

ANDRADE, H. N. **Influência da água cervejeira sobre o perfil sensorial das cervejas artesanais de alta fermentação**. Trabalho de conclusão de graduação. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2019.

AQUARONE, E.; LIMA, U.A.; SCHMIDELL, W. **Biotecnologia Industrial: Processos Fermentativos e Enzimáticos**, vol. 3. São Paulo, Edgard Blücher, 593 p. 2001.

ASSIS, H, M.; CAVALCANTI, M , T.; GONÇALVES, M.C.; LIMA, T, L S.; QUEIROGA, I, M, B, N. **Craft beer: componentes and production processes**. V COINFITER PDVAgro. Recife: 2020.

AZEVEDO, R.R.M. **Produção de uma cerveja lager utilizando café (*coffea arabica*) proveniente da região da Chapada Diamantina como aromatizante: análises físico-químicas e estudo cinético**. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2021.

IMAIZUMI, V.M. **Cerveja com jabuticaba: caracterização físico-química, energética e sensorial**. Tese de doutorado. Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp. Botucatu, 2019.

BASTOS, V. R. S. **Concepção e dimensionamento de uma microcervejaria**. 2019. Trabalho de conclusão de graduação. Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Uberlândia. 2019.

BRASIL. Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Brasília, **Diário Oficial da União**, DF, 2009.

Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm#art36%C2%A73>. Acesso em: 02 fev.2022.

BRASIL. Decreto nº 9.902, de 8 de julho de 2019. Altera o Anexo ao Decreto no 6.871, de 4 de junho de 2009, que regulamenta a Lei no 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Brasília, **Diário Oficial da União**, DF, 2019. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9902.htm#art2 >. Acesso em: 02 fev.2022.

BRASIL. Instrução Normativa nº65, de 10 de dezembro de 2019. Estabelece os padrões de identidade e qualidade para os produtos de cervejaria. Brasília, **Diário Oficial da União**, DF, 2019. Disponível: < <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-65-de-10-de-dezembro-de-2019-232666262>>. Acesso: 03 fev.2022.

CAMARGO, A. L. P. **Estudo sobre viabilidade do uso de cevada cultivada na região centr-oeste para produção de cerveja**. 2019. Trabalho de conclusão de graduação. Instituto de Química. Universidade de Brasília. 2019.

CASTRO, A. C. C. M.; ODA, F. B.; ALMEIDA-CINCOTTO, M. G. J.; DAVANÇO, M. G.; CHIARI-ANDREO, B. G.; CICARELLI, R. M. B.; PECCININI, R. G. ; ZOCOLO, G. J.; RIBEIRO, P. R. V.; CORREA, M. A.; ISAAC, V. L. B.; SANTOS, A. G. **Green Coffee Seed Residue: A Sustainable Source of Antioxidant Compounds**. Food Chemistry, 2017.

CARVALHO, N. B. et al. **Characterization of the consumer market and motivations for the consumption of craft beer**. British Food Journal, v. 120, n. 2, p. 378-391, 2019.

CAVALCANTI, R. F. R. R. M.; SILVA, J. E.; FONTGALLAND, I. L. **Custos da água na produção de cerveja: Uma análise econômica comparativa**. Research, Society and Development, v. 10, n. 2, 2021.

CONAB. (2020). *Acompanhamento da safra brasileira*.

COMPTON, J. **Beer quality and taste methodology**. El cervecero en la practica: a manual for the brewing industry, v. 2, p. 288-308, 1978.

CROZIER, A.; DEL RIO, D.; CLIFFORD, M.N. Bioavailability of dietary flavonoids and phenolic compounds. **Molecular aspects of medicine**, v. 31, n. 6, p. 446-467, 2010.

COSTA, Rafaela Teixeira Rodrigues do Vale et al. **Cinética de produção de bebida mista de mel de abelha e morango**. Rev. Verde de Agroec. e Des. Sust., Pombal, v. 12, n. 1, p.90- 94, 2017

COUTINHO, C. A. T. **A Cerveja no Brasil de 1500 a 1799**. <<https://www.cervesia.com.br/artigos-tecnicos/ceveja/historia-da-ceveja/3-a-ceveja-no-brasil-de-1500-a-1799-seculo-xvii-a-xix.html>> Consultado em

CERVBRASIL. **O setor cervejeiro é um dos que mais empregam no Brasil.** Disponível em: < http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/o-setor-cervejeiro-mais-emprega-no-brasil> . Acesso em: fev.2022.

DADO, A, T.; ASRESAHEGN, Y. A.; GOROYA, K. G. **Comparative study of caffeine content in beans and leaves of Coffea arabica using UV/Vis spectrophotometer.** International Journal of Physical Sciences. v.14, n.14, p. 171-176, 2019.

DEBATIN, A. H.; FERNANDES, A. O.; FRANZOI, E.; HANG, E.C.; KNOP, R, B, V. **Produção de cerveja: análise sensorial das blond ale produzidas.** Revista de Estudos Acadêmicos Interdisciplinar. v.1, n.1, 2017.

DINSLAKEN, D. **8 dicas para melhorar a clarificação da cerveja.** 2016. Disponível em: <<http://concerveja.com.br/8-dicas-para-melhorar-clarificacao-da-cerveja/>>. Acesso em:

DORETTO, D. A. **Análise físico-química e sensorial de cervejas comerciais brasileiras.** Revista Energia na agricultura, vol.33, n.3, p.277-283, 2018.

DUARTE, L.G. R. **Avaliação do Emprego do Café Torrado como Aromatizantes na Produção de Cervejas.** Lorena – SP. Setembro, 2015.

DUARTE, L. G. R.; SILVA, J. B. A. **Estudo mercadológico de uma cerveja de café.** Brazilian Journal of Development. Curitiba, v.7, n.3, p. 21597-21607. 2021.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos.** Curitiba: DA Champagnat, 1996.

DURELLO, R. S., SILVA, L. M., BOGUSZ JR, S. (2019). **Química do lúpulo.** Quim. Nova, Vol. 42, No. 8, 900-919. Epub Oct 21, 2019.

DONOVAN, N. K.; FOSTER, K, A.; SALINAS, C. A. P. **Analysis of green coffee quality using hermetic bag storage.** Journal of Stored Products Research. v.80, p. 1-9, 2019.

EMBRAPA. *Mais de 90% da cevada plantada no Brasil é resultado da pesquisa nacional.*

FERREIRA, A. C; PEREIRA, M. M. O; REZENDE, D. C; VIEIRA, A. S. **Motivações de compra e hábitos de consumo: um estudo com apreciadores de cerveja artesanal.** Revista da micro e pequena empresa. v.13, n.1, p. 13-31, 2019.

FARIAS, M, S.; ALVES, W.D.; SOUZA, L, M.; CASTRO, D, R.; SANTOS, J, P.; SARAIVA, M, G, G.; OLIVEIRA, R. P, M. **Sensory evaluation using a descriptive method of craft beer with guarana peel (Paullinia cupana).** Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 4, p.17898-17912, 2020.

GALVÃO, D. F; RIBEIRO, K. P; POMPEU, G. C. S. **Estudo Cinético do processo produtivo de cerveja artesanal utilizando mandioca como adjunto cervejeiro.** Uberlândia, 2019.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2009. p. 511.

HOFFMANN, C.E. **Resfriamento no processo de torra nas características de qualidade tecnológica e sensorial do café**. 2001.86f. Dissertação (Mestrado em ciências) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

IMAIZUMI, V. M. **Cerveja com jaboticaba: caracterização físico-química, energética e sensorial**. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Agrônomicas. Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2019.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ – IAL. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: O Instituto, 2008.

KRÓL, K.; GANTNER, M.; TATARAK, A.; HALLMANN, E. **The content of polyphenols in coffee beans as roasting, origin and storage effect**. European Food Research and Technology, v. 246, n. 1, p. 33-39, 2020.

LAZZARI, L. M. et al. **Produção de cerveja**. Santa Catarina, UFSC, 2009. 18 p.

LOPES, A. C. A.; PINTO, I. O.; SOUZA, C. M.; CANGUSSU, A, S, R.; OLIVEIRA, M. E. E. **Cinética de crescimento de levedura em mosto de cagaita para produção de bebida fermentada**. Pombal – Paraíba: 2015. v.10,n.3, p 06-10.

MARCUSSO, E.F.; MULLER, C.V. **Anuário da Cerveja 2020**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/SDA, 2021. Disponível em : <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/com-crescimento-de-14-4-em-2020-numero-de-cervejarias-registradas-no-brasil-passa-de-1-3-mil/anuariocerveja4.pdf>. Acesso em: 01 jan.2022.

MARTINS, V. M. R.; RODRIGUES, M. Â. **Produção e tecnologia de cereais: processo de maltagem da cevada**. p. 13–14, 2015.

MEDEIROS, D. A. M.; PINTO, T. V.; TOMÉ, P. H F.; LOPES, M. A. **Composição e propriedades bioquímicas da cerveja artesanal ale de flor de hibiscos enriquecida com frutos de mirtilo**. Semantic Scholar. 2020.

MEGA, J. F.; NEVES, E.; ANDRADE, C. J. **A produção de cerveja no Brasil**. Revista Citino, v. 1, n. 1, p. 34-42, 2011.

MILAGRES, F.C.O. **Desenvolvimento e caracterização de cerveja artesanal com umbu**. Trabalho de conclusão de curso (graduação). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2019.

MINIM, V. P. R. **Análise sensorial: estudo com consumidores**. Viçosa: Editora UFV, 2013. 332.p.

NETO, D. M. C.; SAD, C. M. S.; MOREIRA, L. L. P. F.; BORGE, W. **Chemical Concepts Involved in Beer Production: A Review**. Revista Virtual Química. v.12, n.1, p. 120-147, 2020.

NEVES, L. E. P. **Identificação de Compostos Voláteis Associados à Maturação de Cerveja em Madeira**. 2018.

OETTERER, M., REGITANO-D'ARCE, M.A.B., SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri, SP: Manole, 2006.

OIC, **Padrões de Qualidade Nacionais** – Conselho Internacional do Café, 122a Seção, Organização Mundial do Café, OIC 17-21 Setembro 2018, Londres – Reino Unido. 35p.

PAYA, A. L.; GARCIA, L.; CUNHA, M. D. C.; CRESPI, N. M.; ANGELIS, V. C.; LEONI, J. N.; MORAES, P. A. V. **Produção e caracterização de cerveja artesanal adicionada de aveia**. Revista Engenharia em Ação UniToledo. São Paulo. v.04, n.02, p. 52-66, 2019.

QUELHAS, J. O. F. **Avaliação do processo de dry-hopping durante a maturação de cervejas artesanais**. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual Paulista. São José do Rio Preto, 2017.

REBELLO, F. D. F. P. **Produção de cerveja**. Revista Agro geo ambiental. Inconfidentes. Dezembro 2009.

ROSA, N. A.; AFONSO, J. C. A. **Química da Cerveja**. Química Nova, v. 37, N° 2, p. 98-105, 2015.

ROSA, G. L.; OLIVEIRA, S. D. **Práticas e espaços de hospitalidade relacionados à cerveja**. *Brazilian Journal of Development*. v. 6, n. 10, p.82940-82954, 2020.

ROSALIN, J. P. **A Trajetória da Cerveja no Brasil: Uma Proposta de Aproximação com a Teoria da Sucessão dos Meios Geográficos**. Geografia. v.27, n.1, p. 149-165, 2021.

SANTOS, C. D. O. **Avaliação do emprego do arroz preto (Oryza Sativa L.) submetido à hidrólise enzimática como adjunto na fabricação de cerveja**. 2011. 75f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Industrial), Universidade de São Paulo, Lorena – SP.

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – **Potencial de Consumo de Cervejas no Brasil**, 2014.

SEBRAE. **O lucrativo mercado da cerveja: saiba como empreender com sabor**. Empreendedorismo-comércio. Sebrae, 2019. Disponível: <<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-lucrativo-mercado-da-cerveja-saiba-como-empreender-com-sabor,e124e4f7f4619610VgnVCM1000004c00210aRCRD>>. Acesso em: 13 jan.2022.

SHOPSKA, V.; DENKOVA, R.; LYUBENOVA, V.; KOSTOV. **Kinect characteristics of alcohol fermentation in brewing: state of art and control of the fermentation process.** Fermentend Beverages – The science of Beverages. Bulgaria: 2019 v.5, p. 529-575.

SILVA, D.P.; BRÁNYIK, T.; TEIXEIRA, J.A.; ALMEIDA e SILVA, J.B. **Cerveja sem álcool.** In: VENTURINI FILHO, W.G. *Bebidas Alcoólicas: ciência e tecnologia.* São Paulo: **Blusher**, 2016. v.2. Cap.5. p.113-128.

SILVA, David. *Fermentação Cervejeira.* 2015.

SILVA, H. A.; LEITE, M. A.; DE PAULA, A. R. V. **Cerveja e sociedade.** *Revista de Comportamento, Cultura e Sociedade*, v. 4, n. 2, p. 85–91, 2016.

SOUZA, V. M.; FOGAÇA, L. C. S. **Perfil Físico-Químico de Cervejas Artesanais e Industriais e Adequação dos Rótulos Quanto à sua Graduação Alcoólica.** In on line *Rev Mult. Psic.* v.13, n. 43, p. 440-447, 2019.

SOUZA, A. P. A. **Produção de cerveja artesanal com diferentes teores alcóolicos: avaliação química e sensorial.** Trabalho de conclusão de curso (graduação). Engenharia química. Unifor. 2017.

TAYLOR K. **Sour Beers: It's more than just pH.** *Craft brewer's conference.* v. 1, n. 1, p. 12-16, 2015.

TOZZETO, L. M. **Produção e caracterização de cerveja artesanal.** Dissertação (Mestrado). Programa de pós-graduação em engenharia de produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Paraná, 2017.

UENO, D, Y. **Cervejaria zen – projeto de microcervejarias.** 2020. Trabalho de conclusão de graduação em engenharia química. Universidade Cesumar. 2020.

VENTURINI FILHO, W.G. **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia.** vol.2. São Paulo: Blucher, p.52-128, 2016.

YSAK, H.; ABSHIRO-REDI, M.; SINGH, B. **Selective determination of caffeine and trigonelline in aqueous extract of green coffee beans by FT-MIR ATR spectroscopy.** *Vibrational Spectroscopy.* v.18, 2018.