INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TRIÂNGULO MINEIRO – *CAMPUS* UBERABA
Programa de Pós-Graduação *Stricto sensu* em Ciência e Tecnologia de Alimentos

KARLA APARECIDA SANTOS

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA HORTELÃ JAPONESA (*Mentha arvensis*) NO DESENVOLVIMENTO DE CERVEJA ALE ARTESANAL PRODUZIDA EM UBERLÂNDIA , MINAS GERAIS

Uberaba-MG
2025

KARLA APARECIDA SANTOS

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA HORTELÃ JAPONESA (*Mentha arvensis*) NO DESENVOLVIMENTO DE CERVEJA ALE ARTESANAL PRODUZIDA EM UBERLÂNDIA , MINAS GERAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, como requisito para a obtenção do título de Mestra em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Linha de Pesquisa: Tecnologia de Processos e Novos Produtos Alimentícios.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Henrique Ferreira Tomé.

Uberaba- MG
2025

Ficha Catalográfica elaborada pelo Setor de Referência do IFTM – *Campus* Uberaba-MG

S59a

Santos, Karla Aparecida
Avaliação do impacto da Hortelã Japonesa (*Mentha arvensis*) no desenvolvimento de Cerveja Artesanal Tipo Ale produzida em Uberlândia, Minas Gerais / Karla Aparecida Santos. - 2025.
61 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Henrique Ferreira Tomé.
Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto Federal do Triângulo Mineiro- *Campus* Uberaba-MG, 2025.

1. Cerveja artesanal. 2. *Mentha arvensis*. 3. Compostos fenólicos. 4. Fermentação. I. Tomé, Pedro Henrique Ferreira. II. Título.

CDD 663

Elaborada pela Bibliotecária Rosemar Rosa – CRB6ª: registro 1.982

KARLA APARECIDA SANTOS

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA HORTELÃ JAPONESA (*Mentha arvensis*) NO DESENVOLVIMENTO DE CERVEJA ALE ARTESANAL PRODUZIDA EM UBERLÂNDIA, MINAS GERAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, como requisito para a obtenção do título de Mestra em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Linha de Pesquisa: Tecnologia de Processos e Novos Produtos Alimentícios.

Uberaba, 05 de setembro de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Pedro Henrique Ferreira Tomé
(IFTM – Orientador)

Profª Drª Claudia Maria Tomás Melo
(IFTM – Membro Interno)

Prof. Dr. Marcos Antônio Lopes
(IFTM– Membro Externo)

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TRIÂNGULO MINEIRO

KARLA APARECIDA SANTOS

"Avaliação do Impacto da Hortelã Japonesa *(Mentha arvensis)* no Desenvolvimento de Cerveja Artesanal Tipo Ale Produzida em Uberlândia, Minas Gerais"

FOLHA DE APROVAÇÃO – DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Data da aprovação: 05/09/2025

MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA:

Presidente e Orientador(a):	**Prof. Dr. Pedro Henrique Ferreira Tomé** IFTM - Campus Uberlândia
Membro Titular	**Profª. Drª. Cláudia Maria Tomás Melo** IFTM - Campus Uberlândia
Membro Titular	**Prof. Dr. Marcos Antônio Lopes** IFTM - Campus Uberlândia

Local: Google Meet: https://meet.google.com/ege-yuix-noj

PEDRO HENRIQUE FERREIRA TOMÉ
PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO

Documento assinado eletronicamente por PEDRO HENRIQUE FERREIRA TOMÉ, PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO, em 05/09/2025, às 21:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

CLAUDIA MARIA TOMAS MELO
PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO

Documento assinado eletronicamente por CLAUDIA MARIA TOMAS MELO, PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO, em 05/09/2025, às 21:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

MARCOS ANTONIO LOPES
PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO

Documento assinado eletronicamente por MARCOS ANTONIO LOPES, PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO, em 06/09/2025, às 20:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://iftm.edu.br/autenticacao/ informando o código verificador **61D4A30** e o código CRC **36EAE2DB**.

Referência: NUP: 23200.011095/2025-01 DOCS nº 0000756172

Aos meus pais, pelo estímulo, carinho e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS por todas as oportunidades concedidas a mim, pela força e pela tranquilidade nos momentos de fraqueza e de dificuldades.

Ao Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM), nos Campi Uberaba e Uberlândia.

Ao Professor Doutor Pedro Henrique Ferreira Tomé, meu orientador, e a todo o ensinamento e sabedoria compartilhados nesta jornada.

Sou imensamente grata aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Marcos Antônio Lopes e Prof. Dra. Claudia Maria Tomás, pela avaliação e considerações que contribuíram significativamente para a melhoria do presente estudo.

Aos meus colegas do mestrado, pelas trocas de experiências e conhecimento, em especial à Ana Júlia, a minha filha torta que o mestrado me deu.

Ao meu Pai, à minha Mãe e aos meus irmãos e meus cunhados, pelo apoio, amor, carinho e atenção que sempre me deram.

Aos meus filhos Yuri (*in memoriam*), Yago e Valentina, por serem os maiores presentes que recebi na vida.

Ao meu companheiro Ivo, por estar ao meu lado me apoiando durante esta fase.

Aos meus amigos, Andrea Botelho, Andreia Blancato, Ernanda e Telma pela paciência e pelo apoio incondicional que sempre me ofertaram.

Enfim, obrigada a todos que de alguma forma contribuíram para a concretização deste sonho e tornaram este momento possível.

"Ele te cobrirá com as suas penas, e debaixo das suas asas te confiarás; a sua verdade será o teu escudo e broquel" (Salmos 91:4, c2013).

RESUMO

O segmento de cervejas artesanais tem impulsionado o mercado de bebidas nos últimos anos, destacando-se pela inovação na formulação por meio do uso de adjuntos. Este trabalho teve como objetivo elaborar e caracterizar, físico-quimicamente, uma cerveja artesanal do tipo Ale com a adição de hortelã japonesa (*Mentha arvensis*). Para isso, foram produzidas cinco formulações com diferentes tratamentos de hortelã japonesa (*Mentha arvensis*) in natura (1, 5, 10, 15 e 20 $g.L^{-1}$), e uma formulação controle (0 $g.L^{-1}$). As cervejas foram submetidas a análises de pH, densidade, extrato seco, cor (EBC, SRM e Índice de Cor), acidez (total, volátil e fixa), teor alcoólico, grau de fermentação, grau sacarométrico e compostos fenólicos. Os resultados foram analisados por ANOVA e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5 % de significância. A adição de hortelã exerceu influência estatisticamente significativa e não linear sobre os parâmetros avaliados. O tratamento com 10 $g.L^{-1}$ destacou-se por apresentar efeito inibitório sobre a levedura, com o maior extrato seco (17,13%) e o menor grau de fermentação (33,01%). Observou-se um comportamento anômalo para os compostos fenólicos, que atingiram o valor máximo com 1 $g.L^{-1}$ (164,29 mg EAT.100.g^{-1}) e decaíram em concentrações superiores, efeito esse correlacionado à clarificação da cerveja. Todos os tratamentos com hortelã reduziram a acidez volátil. Conclui-se que a hortelã japonesa (*Mentha arvensis*) é um adjunto complexo, cujo impacto na cerveja depende estritamente da concentração, podendo tanto agregar características funcionais quanto inibir o processo fermentativo.

Palavras-chave: cerveja artesanal; *Mentha arvensis*; compostos fenólicos; fermentação.

ABSTRACT

The craft beer segment has driven the beverage market in recent years, notably through innovative formulations that use adjuncts. This study aimed to develop and physicochemically characterize an Ale-type craft beer containing Japanese mint (*Mentha arvensis*). Five formulations were produced with different treatments of fresh Japanese mint (*Mentha arvensis*) (1, 5, 10, 15, and 20 $g.L^{-1}$) and a control formulation (0 $g.L^{-1}$). The beers were analyzed for pH, density, dry extract, color (EBC, SRM, and Color Index), acidity (total, volatile, and fixed), alcohol content, degree of fermentation, saccharometric content, and phenolic compounds. The results were analyzed by ANOVA, and the means were compared by the Scott-Knott test at a 05% significance level. The addition of mint exerted a statistically significant and nonlinear influence on the evaluated parameters. The 10 $g.L^{-1}$ treatment demonstrated an inhibitory effect on yeast, yielding the highest dry extract (17.13%) and the lowest fermentation degree (33.01%). Anomalous behavior was observed for phenolic compounds, which reached a maximum at 1 $g.L^{-1}$ (164.29 $mgEAT.100.g^{-1}$) and decreased at higher concentrations, an effect correlated with a clearer beer. All mint treatments reduced volatile acidity. It is concluded that Japanese mint (*Mentha arvensis*) is a complex adjunct whose impact on beer is strictly concentration-dependent and can both enhance functional characteristics and inhibit fermentation.

Keywords: craft beer; *Mentha arvensis*; phenolic compounds; fermentation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Total de estabelecimentos registrados por Unidade de Federação 27
Figura 2- Fluxograma da produção de cerveja 39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Ingredientes da cerveja 39
Tabela 2- Análises de variância de pH, extrato seco e teor alcoólico em Cervejas tipo Ale com Hortelã Japonesa 47
Tabela 3- Teores médios de pH, extrato seco e teor alcoólico em Cervejas tipo Ale com Hortelã Japonesa 47
Tabela 4- Análises de variância de Cor (EBC) , Cor (SRM) e Índice de Cor em Cervejas tipo Ale com Hortelã Japonesa 49
Tabela 5- Teores médios Cor (EBC), Cor (SRM) e Índice de Cor em Cervejas tipo Ale com Hortelã Japonesa 49
Tabela 6- Análises de variância de acidez fixa, acidez volátil e acidez total em Cervejas tipo Ale com Hortelã Japonesa 50
Tabela 7- Teores médios de acidez fixa, acidez volátil e acidez total em Cervejas tipo Ale com Hortelã Japonesa 50
Tabela 8- Análises de variância de grau sacarométrico, grau fermentativo e compostos fenólicos em Cervejas tipo Ale com Hortelã Japonesa 51
Tabela 9- Teores médios de grau sacarométrico, grau fermentativo e compostos fenólicos em Cervejas tipo Ale com Hortelã Japonesa 51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.C.	Antes de Cristo
APA	American Pale Ale
CAMRA	Campaign for Real Ale
EBC	European Brewing Convention
IFTM	Instituto Federal do Triângulo Mineiro
IPA	Indian Pale Ale
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
SAB	South African Breweries
SRM	Standard Reference Method

LISTA DE SÍMBOLOS

CO_2	Dióxido de Carbono
mEq	Miliequivalente
ml	Mililitro
NaOH	Hidróxido de Sódio
pH	Potencial Hidrogênico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 17
2 REVISÃO DE LITERATURA 20
2.1 A história da cerveja 20
2.2 Introdução do lúpulo 22
2.3 O surgimento da Pale Ale 23
2.4 O renascimento da cerveja: a revolução 23
2.4.1 O surgimento da Camra 24
2.4.2 Craftbeer: a revolução cervejeira americana 24
2.4.3 Globalização 25
2.4.4 Brasil 25
3 MATERIAS PRIMAS 28
3.1 Água 28
3.2 Malte de cevada 28
3.3 Lúpulo 29
3.4 Levedura 30
3.5 Adjuntos na cerveja 32
3.6 Hortelã 32
4 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CERVEJA 35
4.1 Moagem do malte 35
4.2 Mosturação 35
4.3 Filtração/clarificação 36
4.4 Fervura e lupulagem 36
4.5 Fermentação 37
4.6 Maturação 37
4.7 Carbonatação 38
5 MATERIAL E MÉTODOS 39
5.1 Processo de fabricação 39
5.2 Moagem do malte 40
5.3 Mosturação 40
5.4 Filtração 40
5.5 Fervura e lupulagem 40
5.6 Resfriamento 40

5.7 Fermentação 41
5.8 Maturação 41
5.9 Adição de hortelã japonesa (*Mentha arvensis)* 41
5.10 Envase 41
6 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS 42
6.1 Determinação do pH 42
6.2 Determinação da cor pela Escala SRM e EBC 42
6.3 Determinação de acidez 42
6.3.1 Acidez total 42
6.3.2 Acidez total volátil 43
6.3.3 Determinação de acidez fixa 43
6.4 Determinação de densidade 44
6.5 Extrato seco 44
6.6 Determinação do Grau Sacarométrico (GS) 44
6.7 Determinação do Grau de Fermentação (GF) 45
6.8 Teor de álcool 45
6.9 Determinação índice de cor 45
6.10 Determinação de compostos fenólicos 46
6.11 Análises estatísticas 46
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO 47
8 CONCLUSÃO 53
REFERÊNCIAS 54

1 INTRODUÇÃO

Estudiosos acreditam que a humanidade começou a fermentar a cerveja por volta de 5000 a.C., nas regiões do Iraque e do Egito atuais. A cevada, grão tradicionalmente utilizado na fermentação da cerveja, era abundante nestas regiões. No entanto, diferentes civilizações desenvolveram outras formulações na fabricação da cerveja utilizando os grãos mais comuns das suas regiões, como, por exemplo: as tribos africanas usam brotos de milho, painço e sorgo; os russos transformam pão de centeio em uma cerveja pouco alcoólica chamada *kvass*; os chineses e japoneses usam o arroz; e os índios da América Latina, o milho. Atualmente, uma bebida conhecida por "chicha", semelhante à cerveja, é produzida por povos indígenas da América Latina (Reader's Digest, 2006; Pereira, 2021).

A cerveja é a bebida alcoólica resultante da fermentação, a partir da levedura cervejeira, do mosto de cevada malteada ou de extrato de malte, submetido previamente a um processo de cocção, com adição de lúpulo ou de extrato de lúpulo, hipótese em que uma parte da cevada malteada ou do extrato de malte é substituída parcialmente por adjunto cervejeiro (Brasil, 2019).

Os componentes e métodos de produção da bebida atualmente são amplamente conhecidos e fazem parte do entendimento fundamental das sociedades, sendo compartilhados abertamente entre entusiastas experientes e inexperientes. A cerveja foi considerada alimento durante a maior parte de sua extensa história, que abrange mais de sete milênios, e tem sido um elemento essencial da dieta doméstica desde os tempos antigos, mantendo estreita associação com grupos religiosos cristãos (católicos e protestantes), estudiosos, pensadores, artistas e formuladores de políticas públicas. O potencial de receitas diversas é ilimitado, semelhante à criatividade do cervejeiro e, como na culinária, o talento pessoal de um especialista está sempre presente. A tendência de aprimorar as experiências sensoriais, impulsionada pelo sabor refinado e potencializada pelos avanços tecnológicos, resultou em uma ampla gama de produtos voltados ao consumidor final cada vez mais exigente (Muxel, 2022).

A partir dos ingredientes fundamentais — água, malte de cereais, fermento e lúpulo — uma infinidade de tipos ou estilos de cerveja pode ser criada. Juntamente com várias opções de malte, diferenças nos níveis de secagem e nas técnicas de maltagem, bem como na seleção de variedades de cereais, vêm as opções de lúpulo com diferentes intensidades aromáticas ou níveis de amargor, e a interação com diferentes cepas de levedura, que são essenciais na conversão da mistura doce em álcool. Além disso, os atributos físico-químicos da água

empregada também são relevantes. Posteriormente, as complexidades do processo de fabricação de cerveja, como temperatura, pressão, duração e possíveis aditivos, entram em jogo, culminando na diversidade. As práticas cervejeiras eram inicialmente domésticas e, depois, evoluíram para empresas regionais com o surgimento das economias cooperativas. Expandiram-se para escala nacional com o estabelecimento de estados-nação. E, finalmente, alcançaram o status multinacional na estrutura do capitalismo contemporâneo. Cervejarias testadas pelo tempo continuam fabricando e distribuindo suas ofertas de alta qualidade em todo o mundo, tendo resistido ao teste do tempo, aos conflitos, à opressão religiosa e política, bem como a movimentos profundos que defendem a temperança (Muxel, 2022).

As cervejas especiais e artesanais, frequentemente elaboradas em microcervejarias, destacam-se por seus sabores e aromas únicos, consolidando-se no mercado como produtos de qualidade e preço mais elevados, satisfazendo as necessidades de consumidores em busca de experiências singulares. Além do ambiente propício a produtos exclusivos destinados a pequenos grupos de apreciadores, outros fatores desempenham um papel relevante na produção e no consumo de cervejas artesanais e especiais. Entre esses fatores, destaque para a crescente sofisticação do paladar e das exigências dos consumidores brasileiros, que se tornam cada vez mais atentos e apreciativos à complexidade dos sabores (Tschope, 2001).

Como indicado por Silva (2005), quando consumida de forma moderada, a cerveja pode ser compatível com uma dieta equilibrada, uma vez que é fonte autêntica de nutrientes e fibras solúveis. Os componentes, como malte e lúpulo, presentes na cerveja são ricos em vitaminas do complexo B, polifenóis, fosfatos, ácidos orgânicos e ácidos nucleicos, contribuindo para esse aspecto nutricional. Outro fator de importância significativa na produção e no consumo dessas bebidas é o seu potencial nutricional saudável.

A bebida também contém fenólicos, principalmente antocianógenos, substâncias de baixo peso molecular que combatem bactérias, aumentam a atividade cardíaca e favorecem a absorção de ferro e magnésio. Essas substâncias também têm um poderoso efeito redutor e impedem alguns processos oxidativos do metabolismo (Fagrell et al., 1999).

A hortelã japonesa, da família Lamiaceae, é uma planta nativa do Japão e também é encontrada em várias regiões da Europa, da Ásia Central e da Sibéria. Esta planta, conhecida por seu aroma característico, é utilizada em práticas culinárias e por suas propriedades medicinais (ANVISA, 2019).

A extração de mentol das folhas da planta M. arvensis é altamente prevalente na indústria alimentícia devido ao seu alto teor de mentol, resultando em um aroma característico utilizado nos setores alimentícios e farmacêuticos. Os óleos essenciais de hortelã e seus

constituintes são amplamente incorporados a produtos destinados ao consumo oral, incluindo cremes dentais, enxaguantes bucais, antiácidos, comprimidos refrescantes, chicletes, licores, aditivos alimentares, cremes e até cigarros (Mosciano, 2006).

Os óleos essenciais são extratos altamente concentrados de compostos aromáticos, obtidos a partir de plantas, frutas, ervas e especiarias. Devido ao seu forte aroma e propriedades terapêuticas, eles têm sido usados por séculos na medicina tradicional e na culinária. Recentemente, os cervejeiros têm usado esses óleos para adicionar novos sabores e aromas às suas cervejas, criando uma categoria emocionante e dinâmica de cervejas com óleos essenciais (Scapinello *et al*., 2024).

O objetivo geral deste trabalho foi elaborar e caracterizar físico-quimicamente uma cerveja artesanal tipo Ale com adição de hortelã japonesa, verificando a conformidade dos resultados com a legislação vigente.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A História da cerveja

Michel, McGovern e Badler (1992) descreveram as evidências químicas de cervejas ancestrais. A pesquisa foi realizada no Irã (também conhecido como antiga Suméria). Resíduos de produção de cerveja encontrados no sítio arqueológico de Godin Tepe, na cordilheira de Zagros, remontam ao período Uruk inferior, de 3.400 a 3.000 a.C. Os oxalatos de cálcio, um depósito natural em recipientes onde a cerveja é fermentada, formam as "pedras cervejeiras" nos potes de cerveja de Godin Tepe.

A produção de cerveja a partir da cevada foi confirmada por tais evidências (Habig; Pabst; Jakoby, 1974; Müller, 2018). Em 2021, a cervejaria de grande porte mais antiga do mundo foi descoberta na cidade egípcia de Abydos. Foi construído entre 3.273 e 2.987 a.C. De acordo com o Dr. Matthew Adams, líder da missão, a cervejaria pertencia ao rei Namer e estava dividida em oito grandes seções (20 m x 2,5 m x 0,4 m) que guardavam 40 recipientes com resíduos da mistura de grãos e água.

A evidência mais antiga de bebidas fermentadas foi descoberta no assentamento neolítico de Jiahu (Norte da China) e Mesopotâmia (atual Iraque). Escavações nesses locais revelaram jarros contendo bebidas fermentadas feitas a partir de cereais, datadas de cerca de 7.000 anos, por volta de 5.000 a.C. Essas descobertas não apenas têm importância histórica para traçar as origens da cerveja, mas também lançam luz sobre o impacto antropológico dessa bebida. Por volta de 4000 a.C., há registros documentados de cerveja descrita como mercadoria e meio de comércio na Mesopotâmia e no Egito, antes do desenvolvimento da escrita e da invenção da roda. Curiosamente, o hieróglifo que representa “comida” inclui símbolos tanto de pão quanto de cerveja (Wang; Jiang; Sun, 2021).

Conforme indicado por Morado (2017), acredita-se que a cerveja tenha surgido por acaso há cerca de 10 milênios, quando os sumérios, situados na região da Mesopotâmia, armazenaram grãos de cereais em recipientes que, posteriormente, passaram por fermentação natural. Os campos agrícolas iniciais surgiram no oeste da Ásia por volta de 9.000 a.C., com a cevada e o trigo selvagem provavelmente sendo favorecidos em relação a outras plantas, devido aos seus grãos consideráveis e atraentes; juntamente com um processo de germinação propício ao cultivo. Posteriormente, esses primeiros agricultores iniciaram o processo de moer os grãos colhidos em farinha, o que acabou levando à produção de pão. Frequentemente,

afirma-se que a transição de caçadores-coletores para agricultores, que se estabeleceram na terra, foi motivada principalmente pela necessidade de produzir pão e cerveja.

Existe uma correlação direta entre pão e cerveja: ambos envolvem grãos de cereais (cevada, trigo, arroz, aveia), água e fermento, oferecendo conteúdo nutricional comparável - semelhante ao pão, a cerveja sustenta e é frequentemente chamada de “pão líquido”. A descoberta acidental do processo de fabricação de cerveja é altamente plausível, corroborada pelas fases de produção envolvidas. A etapa inicial da preparação da cerveja envolve a decomposição do amido presente em cada grão por meio da imersão, o que leva à germinação. Esse processo gera enzimas que convertem o amido dos grãos em açúcares, seguido da secagem ou da torrefação dos grãos para interromper essa progressão natural. O malte, obtido após umedecer, germinar e, finalmente, secar ou torrar o cereal, possui um sabor doce atribuído à conversão do amido em açúcar (Morado, 2017).

Por um longo período, o processo de fermentação permaneceu envolto em enigma, principalmente devido à falta de compreensão. Os alquimistas, na tentativa de elucidar esse fenômeno, interligaram o Sol, a Terra e os quatro elementos fundamentais: ar, terra, água e fogo (calor). Consequentemente, a estrela de seis pontas, também conhecida como Selo Salomônico na emblemática dos alquimistas, surgiu como um dos símbolos iniciais que adornavam os rótulos das cervejas. Este emblema continua presente em alguns produtos até hoje (Morado, 2017).

A produção de cerveja acabou sendo transferida predominantemente aos padeiros, que possuíam familiaridade prévia com os ingredientes utilizados em sua preparação, o que lhe valeu o apelido de “pão líquido”. O grão foi embebido até brotar, depois moído para produzir bolos, que foram posteriormente imersos em água para maturação e fermentação (Morado, 2017).

Originada como uma prática culinária doméstica, a cerveja rapidamente evoluiu para uma bebida reverenciada e apreciada pelos babilônios, à medida que o Código de Hamurabi, formulado pelo sexto monarca babilônico, estipulou uma alocação diária de cerveja com base na hierarquia social. Os trabalhadores comuns tinham direito a 2 litros diários, os funcionários públicos a 3 litros e os administradores a 5 litros. Além disso, o código prescrevia a pena capital por afogamento em cerveja para cervejeiros considerados culpados de adulteração do produto (Garcia-Cruz; Foggetti; Silva, 2008).

A civilização egípcia também desempenhou um papel importante no desenvolvimento da cerveja, que fazia parte da dieta diária e era utilizada em tratamentos médicos e rituais religiosos. No Egito, a cerveja passou a ser aprimorada com a adição de ervas aromáticas,

frutas e mel (Salmória *et al*., 2017). Depois, gregos e romanos começaram a produzir cerveja, que era consumida, principalmente, pela classe menos favorecida, enquanto o vinho era popular entre os ricos. Com a expansão do Império Romano, a cerveja ganhou mais reconhecimento e foi chamada de "cerevisia" ou "cervisia" em homenagem a Ceres, a Deusa da agricultura e fertilidade (Müller; Guimarães; Guesti, 2021).

Na Idade Média, o consumo de cerveja aumentou e sua qualidade foi aprimorada em mosteiros, onde os monges aperfeiçoaram a técnica de produção ao adicionar lúpulo, o que proporcionou um sabor amargo e contribuiu para a conservação da bebida. Monges como Galo e Columbano fundaram mosteiros por toda a Europa, muitos dos quais estavam bem equipados para fabricar cerveja (Morado, 2017).

A produção de cerveja continuou a evoluir até o surgimento das primeiras fábricas de cerveja por volta do século XII. No entanto, os ingredientes passaram por várias alterações, incluindo a adição de frutos, raízes e folhas para substituir o malte. Para garantir a qualidade da cerveja, o duque Guilherme IV, em 1516, na Baviera, promulgou a Reinheitsgebot, conhecida como a Lei da Pureza, que estipulava que a produção de cerveja só poderia usar lúpulo, água e cevada (Borges, 2015; Morado, 2017).

2.2 Introdução do lúpulo

Desde a Antiguidade usam-se aditivos na cerveja para atenuar odores e sabores desagradáveis, enriquecer seu sabor, adicionar aromas, dar mais cor, aumentar seu teor alcoólico, conservá-la e provocar efeitos inebriantes. Mel, canela, açúcar mascavo, anis, rúcula, alecrim, cravo, gengibre e diversas raízes foram ingredientes usados com essa finalidade. O lúpulo surgiu como concorrente do gruit, com ótimos resultados na conservação da bebida e no equilíbrio do seu sabor (Mafra, 2018)

Apesar do seu amargor e do efeito sedativo, que dificultavam sua aceitação, uma das principais razões da adoção do lúpulo foi sua propriedade de conservação. A produção e o armazenamento da cerveja nos meses quentes eram muito difíceis, pois as altas temperaturas favoreciam a ação dos micro-organismos presentes no ar, azedando a bebida mais rapidamente. Assim, o lúpulo ajudava a conservar o produto por mais tempo, sendo um grande diferencial para os cervejeiros (Durello; Silva; Bogusz Jr., 2019)

2.3 O surgimento da Pale Ale

O estilo de cerveja Pale Ale surgiu na Inglaterra entre os séculos XVII e XVIII, como resultado de avanços tecnológicos na produção de malte. Inicialmente, a secagem do malte era feita sobre o fogo, o que conferia às cervejas uma coloração escura e um sabor defumado. Porém, a descoberta do coque (um tipo de carvão) por volta de 1.642 permitiu um controle mais preciso da torrefação, gerando maltes mais claros, sem sabor defumado intenso. Essa inovação teve origem na "Pale Ale", termo que começou a ser usado na Inglaterra por volta de 1.703 para designar cervejas feitas com esses maltes mais claros (Rebello , 2009).

A Pale Ale se destaca na época por sua cor dourada a âmbar e por ter sabor equilibrado, com amargor moderado proveniente do lúpulo. Diferentes níveis de lupulagem e técnicas de produção levaram ao surgimento de diversos subestilos dentro da família Pale Ale, como a English Pale Ale, a Indian Pale Ale (IPA) e, mais recentemente, a American Pale Ale (APA) (Hindy, 2019).

2.4 O renascimento da cerveja: a revolução

As duas Grandes Guerras impactaram profundamente o mundo da cerveja. Com escassez de mão de obra, restrição ao consumo de álcool em alguns países, dificuldade na obtenção de matéria-prima e limitações financeiras dos consumidores, a indústria e o comércio cervejeiro foram severamente afetados. As 3.223 cervejarias existentes na Bélgica antes da Primeira Guerra Mundial reduziram-se a 755 em 1946. Nos Estados Unidos, havia 2.300 cervejarias em 1880, número que caiu para 160 no início da Segunda Guerra Mundial e para apenas 60 no início da década de 1960. No Reino Unido, das 6.447 em 1900 restaram 885 em 1939 e 358 em 1960. O pós-guerra levou a um renascimento mundial em todos os setores da sociedade. A partir de 1950, o alcance das cervejarias ampliou-se: de regional a nacional. Algumas foram além, expandindo-se para o mercado internacional e estabelecendo-se como grandes grupos da indústria cervejeira: Budweiser, Heineken, Carlsberg, Guinness, South African Breweries (SAB) e Modelo (Williams, 2017).

Contudo, em um modelo industrial extremo e massificante, a cerveja foi perdendo sua diversidade e suas nuances, tornando-se padronizada, sem graça e sem personalidade. Assim, na década de 1960, as cervejarias estavam reféns do departamento de marketing, depois de terem sido, por séculos, dirigidas pelos mestres cervejeiros. Essa troca de poder, aparentemente sutil, determinou uma mudança profunda no produto, nas políticas de

desenvolvimento e de produção e na configuração do *mix* de produtos das empresas do setor (Limberger, 2024).

2.4.1 O surgimento da Camra

Um importante movimento surgiu na Inglaterra no final da década de 1960. Quatro jovens – Michael Hardman, Graham Lees, Bill Mellor e Jim Makim – decidiram criar uma campanha de revitalização das cervejas Ale, que, a partir de 1971, tornou-se conhecida como CAMRA – Campaign for Real Ale (Campanha pela Autêntica Ale), uma ONG independente, sem fins lucrativos, hoje com mais de 150 mil membros, que defende a autêntica Ale, os verdadeiros pubs e os direitos dos consumidores (Morado, 2017).

A organização usou a expressão "Ale autêntica" (Real Ale) para valorizar as cervejas tradicionais Cask Ale (Literalmente, "Ale de barril"), ameaçadas de extinção, e indicar ao público como diferenciá-las das cervejas industrializadas, fabricadas pelos grandes produtores.

A CAMRA teve êxito ao conscientizar os consumidores sobre a importância da Ale verdadeira, valorizando-a em contraposição ao fechamento de cervejarias inglesas e ao poderio das grandes corporações cervejeiras. Naquela época, tornou-se uma referência de iniciativa bem-sucedida de consumidores contra um capitalismo selvagem, mas também se beneficiou de uma onda cultural, na qual as pessoas começavam a rejeitar o modernismo e aproximar-se dos produtos tradicionais (Giorgi, 2015).

O movimento acabou favorecendo não apenas as cervejas tipo Ale, mas a bebida de maneira geral. O renascimento das cervejarias europeias e o boom desenvolvimentista americano, com o respaldo de um mercado ávido por novidades, estimularam o surgimento de diversas cervejarias de pequeno porte na costa oeste dos Estados Unidos, resgatando a criatividade e o dinamismo de uma tradição adormecida (Limberger; Medeiros, 2022).

2.4.2 Craftbeer: a revolução cervejeira americana

Durante as décadas de 1960 e 1970, influenciada pelos acontecimentos ligados à CAMRA, em plena efervescência cultural e de mudanças sociais no mundo ocidental, surge nos Estados Unidos uma geração empreendedora que provocou uma revolução no mercado cervejeiro. Considerado o líder da revolução cervejeira artesanal, Fritz Maytag, empresário oriundo do mercado financeiro, viu uma bela oportunidade de investimento em algo em que

acreditava e gostava. Em 1965 comprou uma cervejaria falida, a Anchor Brewing, em San Francisco. Em meio à atmosfera hippie californiana da década de 1960, Maytag foi um dos precursores do movimento "faça você mesmo" ("*Do It Yourself"*) surgido nos Estados Unidos. O sucesso demorou um pouco, mas inspirou gerações de novos cervejeiros no mundo todo (Sgorla, 2018; Lima *et al*, 2022).

2.4.3 Globalização

À parte desses movimentos de revitalização da cultura cervejeira tradicional, mais ligado às cervejarias de pequeno e médio porte, o mercado cervejeiro de escala industrial também tem crescido enormemente nas últimas décadas. A integração de mercados levou à fusão de empresas, à massificação dos produtos e à competição feroz. O final do século XX e início do XXI representou uma transição na estrutura produtora e consumidora. Por um lado, as fusões entre cervejarias levaram a uma concentração cada vez maior do mercado nas mãos de poucas empresas. Por outro, a proliferação de pequenas indústrias aliviou a pressão e favoreceu a diversificação e a experimentação. No tocante ao consumidor, este mostra-se cada vez mais exigente, buscando produtos sustentáveis e de boa qualidade, atento às novidades e às tendências (Dalmoro; Fell, 2020).

Livres da pressão de satisfazer o gosto do grande mercado, as pequenas fábricas têm oferecido a possibilidade de experimentar uma diversidade de sabores, texturas, cores e aromas. De certa maneira, essa situação tem forçado as grandes cervejarias a oferecer também produtos diferenciados, além da famosa "loirinha", para a alegria dos apreciadores (Rosalin; Teodoro, 2019).

2.4.4 Brasil

A cachaça era a bebida alcoólica mais popular no Brasil colonial. Além dela, a elite consumia licores importados da França e vinhos de Portugal. Assim, a cerveja demorou a aportar no Brasil, tendo sido trazida, primeiramente, pela Companhia das Índias Orientais, no século XVII, pelos holandeses. Em 1640, Maurício de Nassau chegou a instalar uma cervejaria em Recife, que ficou sob comando do mestre cervejeiro Dirck Dicx. Com a expulsão dos holandeses do país em 1654, o produto sumiu por quase 150 anos, reaparecendo apenas em 1808, quando a Família Real portuguesa desembarcou no Brasil Colônia. Com a abertura dos portos e a chegada de grandes levas de imigrantes no início do século XIX,

surgiram iniciativas de produção artesanal de cerveja para consumo próprio no Sul e no Sudeste do país. Uma curiosidade da segunda metade do século XIX é o apelido usado para se referir à cerveja artesanal: “cerveja barbante” ou “marca barbante”. Como o controle da fermentação e, consequentemente, da quantidade de gás carbônico era rudimentar, lacravam-se as garrafas com uma rolha amarrada a um barbante para impedir que o gás escapasse, como se fazia na Europa com as garrafas de champanhe (Eaglin, 2019).

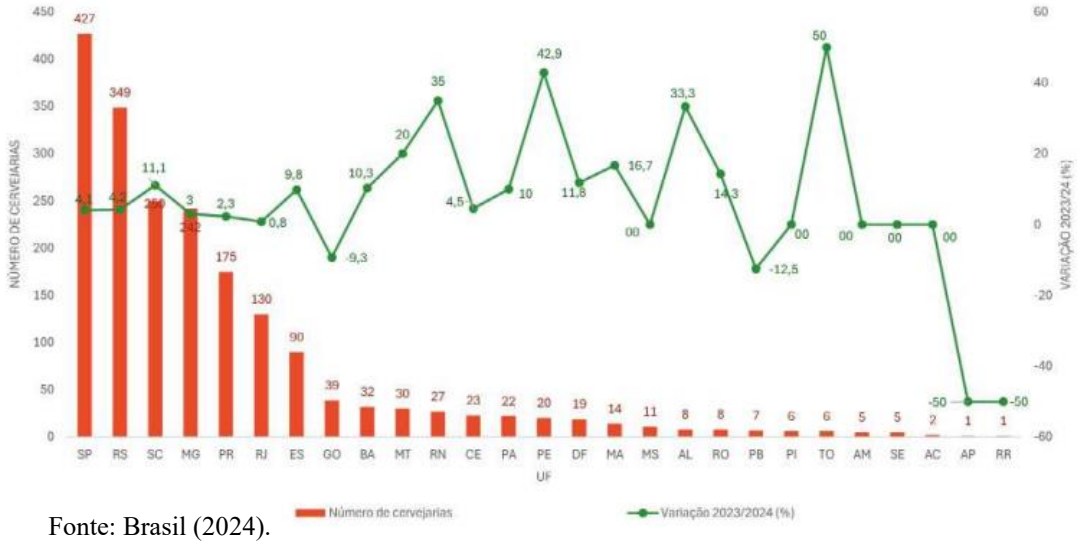
Devido à influência comercial que a Inglaterra exercia sobre Portugal, as cervejas inglesas dominaram o mercado brasileiro até a década de 1870. No final do século XIX, o governo quadruplicou os impostos de importação, o que inviabilizou a comercialização de produtos estrangeiros no país e estimulou o surgimento das cervejarias nacionais. A produção de cerveja no Brasil, até o final do século XIX, era artesanal e enfrentava muitas dificuldades. A falta de cevada e lúpulo, importados da Alemanha e da Áustria, era contornada com o uso de outros cereais (arroz, milho, trigo etc.) (Marcusso, 2022).

A maior dificuldade estava relacionada à refrigeração: produzir e conservar cerveja em um país tropical era um enorme desafio, e as máquinas a vapor para resfriar a bebida eram raras e caras. No início do século XX surgiram muitas microcervejarias, animadas pela nascente sociedade burguesa, pela industrialização e pela chegada de um grande número de imigrantes europeus. Contudo, com o advento das duas Grandes Guerras, a escassez de matéria-prima importada (especialmente de lúpulo) impactou a produção de cerveja, que diminuiu drasticamente (Marcusso, 2022).

A partir da década de 1980, a cultura cervejeira no Brasil passou por uma refrescante transformação, impulsionada pela valorização da cultura da cerveja em todo o mundo. Algumas microcervejarias foram abertas no país, e choperias renovaram o ambiente do tradicional boteco, ampliando as opções de estilos. As mulheres começaram a se incorporar ao mercado consumidor, modificando o perfil predominantemente masculino até então (Rotolo; Marcusso, 2019).

De acordo com o Anuário da Cerveja (2024) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), há 1949 cervejarias registradas no Brasil. De acordo com os conceitos definidos no regulamento aprovado pelo Decreto n.º 6.871/2009, é importante destacar que, dentre as atividades desenvolvidas, estarão incluídos o estabelecimento registrado como produtor ou fabricante, padronizador, envasador ou engarrafador, atacadista, exportador ou importador (Brasil, 2025). Assim, entende-se, genericamente, por cervejaria, o estabelecimento produtor e envasador de cerveja que disponha de instalações, equipamentos e capacidade técnica para a correta execução destas atividades, entre outros requisitos.

Figura 1- Total de estabelecimentos registrados por Unidade de Federação



Fonte: Brasil (2024).

O estado com o maior número de cervejarias registradas é São Paulo, com 427 estabelecimentos.

Totalizando 889 estabelecimentos, a região Sudeste permanece com o maior número de cervejarias registradas, o que representa 45,6% do total de cervejarias do Brasil.

Em 790 municípios brasileiros há pelo menos uma cervejaria, o que representa um aumento de 2,5% na dispersão em relação a 2023, quando havia ao menos uma cervejaria em 722 municípios.

Das 23 cidades brasileiras com 10 ou mais cervejarias registradas, 11 estão situadas no Sudeste, 9 no Sul, 2 no Nordeste e 1 no Centro-Oeste e em Minas Gerais. Temos Nova Lima, Juiz de Fora , Uberlândia e Belo Horizonte entre as 15 maiores cervejarias registradas , sendo que em Uberlândia temos 11 estabelecimentos registrados .

3 MATERIAS PRIMAS

3.1 Água

Considerando que mesmo as cervejas mais fortes têm 90% de água, ela é um ingrediente importantíssimo para a qualidade final do produto. Os aspectos considerados em relação à água para a produção de cerveja vão bem além da potabilidade, uma vez que sua composição química interfere significativamente no sabor e no aroma da bebida (Cavalcanti; Silva; Fontgalland, 2021).

No passado, a disponibilidade de água pode ter auxiliado na criação de estilos de cerveja, mas hoje minerais podem ser removidos ou adicionados à água, para modificá-la. A suavidade e a delicadeza das cervejas da Boêmia e, até certo ponto, da Baviera são acentuadas pela presença de uma pequena porcentagem de sais na água da região. Os sabores maltados e o amargor do lúpulo presentes nas Dortmunder, por exemplo, são acentuados pela alta concentração de cálcio, magnésio e sulfatos na água utilizada (Ferreira Júnior *et al*. , 2023).

No Brasil e em vários países, a água encanada contém cloro. Ele deve ser removido da água usada na cerveja para evitar o aroma fenólico (cheiro de esparadrapo). Ainda que a tecnologia permita modificar as propriedades da água conforme as necessidades e/ou as receitas, o fabricante de cerveja não despreza a importância de uma boa fonte de água. Esse é um fator determinante na decisão sobre a localização de uma nova fábrica. Uma boa fonte de água exigirá pouco ou nenhum tratamento, o que reduzirá os custos da cervejaria (Rebello, 2009).

3.2 Malte de cevada

A cerveja deve ser produzida obrigatoriamente a partir de malte de cevada, mas podem ser acrescentados a ele outros cereais, como trigo, aveia, arroz e milho. A cevada é rica em amido, cuja estrutura é modificada durante amaltagem (Conversão do cereal natural em malte). Na própria maltagem e na produção do mosto (líquido açucarado para posterior fermentação), esse amido é convertido em açúcares, como maltose e glicose. Mais tarde, o fermento vai converter esses açúcares fermentáveis em álcool e gás carbônico (Trentin *et al*, 2021).

Nem todo cereal, porém, é adequado à produção de cerveja. Ele deve ter algumas qualidades específicas. As mais importantes são o teor de proteína, a taxa de gordura, o

rendimento da extração e a capacidade de germinação. O grão de cevada é muito parecido com o do trigo, mas é mais usado porque contém uma enzima chamada amilase, que ajuda a converter amido em açúcar.

Os tipos de cevada utilizados na produção de cerveja diferenciam-se pelo número de fileiras (entre duas a seis fileiras) de grãos. A cevada com duas fileiras de cada lado do ramo é a preferida em virtude do maior tamanho do grão e, consequentemente, do maior rendimento (Muzzolon *et al*., 2021).

Os maiores produtores de cevada do mundo são a Rússia, a França, a Alemanha, a Ucrânia e o Canadá. Juntos, respondem por 40% da produção global. Somente os grãos mais nobres da cevada destinam-se à cerveja e ao uísque (cerca de 20%). Mais de 50% da produção mundial de cevada destina-se à ração animal (Mori; Mirella, 2012).

O crescimento da demanda, associado às mudanças climáticas e à competição pelo cultivo de grãos destinados à produção de biocombustíveis, tem afetado o mercado de fornecedores de malte, encarecendo o produto. Em contrapartida, a indústria cervejeira busca alternativas em outros cereais ou recorre a maltes de cevada menos adequados, corrigidos com enzimas especiais (Fox; Bettenhausen, 2023).

3.3 Lúpulo

O lúpulo é uma planta trepadeira capaz de crescer dezenas de centímetros por noite. Chega a medir entre 05 e 07 metros de altura e produz pequenos cones. Seu nome científico é *Humulus lupulus* e pertence à família *Cannabaceae,* a mesma da maconha (*Cannabis sativa*). Somente os cones das plantas femininas são usados na fabricação da cerveja, porque contêm 150 vezes mais resinas desejáveis que os cones das plantas masculinas (Neve, 1991).

Algumas variedades de lúpulo são usadas na cerveja para conferir aromas; outras, para dar-lhe amargor. Muitas vezes, a mesma variedade é empregada por ambos os motivos. Cada tipo de lúpulo combina essas duas características de diferentes formas, permitindo ao cervejeiro escolher aqueles que mais lhe convêm para cada cerveja (Bamforth, 2004).

O primeiro registro de uso do lúpulo na fabricação da cerveja data de 822. Antes dele, usavam-se cascas de árvores, raízes, pimentas, ervas etc.e uma mistura chamada *gruit* (Palmer, 2017).

A grande vantagem do lúpulo foi sua eficácia na conservação e sua abundância nas regiões cervejeiras à época. Seu gosto amargo e seus aromas frescos equilibram a doçura do malte, tornando a cerveja mais refrescante e menos enjoativa. Suas resinas naturais e óleos

essenciais marcantes são a assinatura de uma cerveja. Entre as resinas, destacam-se os alfa-ácidos e os beta-ácidos, que contribuem para o amargor e os aromas da cerveja. A diferença entre os dois é que os alfa-ácidos se dissolvem na fervura e, portanto, já conferem amargor à cerveja desde o cozimento do mosto. Já os beta-ácidos não se dissolvem na fervura e trazem aromas e sabores indesejados (os chamados *off-flavors*) se cozidos. Assim, os lúpulos, adicionados ao final ou após o cozimento, conferem mais aromas e menos amargor à cerveja. Cada variedade de lúpulo possui um perfil diferente de concentração de alfa- e beta-ácidos (Daniels, 2000).

Já os óleos essenciais são responsáveis por trazer aromas, como:

a) Frutados: Cítricos, maçã, framboesa, abacaxi, groselha, maracujá, uva verde.
b) Florais: Gardênia, gerânio, rosa, hortelã.
c) condimentados: pimenta-do-reino, anis.
d) herbais: gramíneo, pimentão, pepino, batata assada (Bamforth, 2010).

O cervejeiro escolhe os lúpulos adequados à sua receita com base nas características desejadas. Essa escolha determinará também qual é o melhor momento de acrescentá-lo ao processo: no início, durante ou ao final da fervura, ou mesmo ao final da fermentação (*dry hopping*).

Os lúpulos usados na fabricação de cervejas são fornecidos em uma das três formas:

a) Cones frescos: Pouco usados, devido à sua sensibilidade à umidade. Duram, no máximo, uma semana após a colheita. Somente cervejas vizinhas aos campos utilizam-no dessa forma.
b) Cones desidratados: São bastante utilizados. Depois de colhidos, os cones são desidratados a fim de preservar os principais óleos e resinas;
c) Pellets de lúpulo: são os mais comuns. São utilizados folhas e cones recém-colhidos, prensados e embalados a vácuo para conservação (Brugger, 2023).

O lúpulo agrega valor nutricional à bebida por conter vitaminas do complexo B, vitamina C, taninos, fitoestrógenos e flavonoides. Ele também tem efeito relaxante, pelo que se conclui que a cerveja é relaxante não apenas pelo álcool. Em alguns países, cones de lúpulo são, inclusive, utilizados como enchimento de travesseiros para auxiliar o relaxamento durante o sono (Hieronymus, 2020).

3.4 Levedura

Até o século XIX, a fermentação não era plenamente compreendida e,

tradicionalmente, acreditava-se tratar-se de um fenômeno mágico. Somente a partir de pesquisas realizadas por cientistas como Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723), Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794), Louis Joseph Gay-Lussac (1778-1850) e Louis Pasteur (1822-1895) é que se descobriu que a fermentação alcoólica ocorre por uma reação bioquímica provocada pela levedura, uma massa de células vivas. Isso mudou profundamente a história da cerveja, pois o conhecimento desse processo natural permitiu controlá-lo (Mello; Silva, 2020).

Cada fábrica pode criar suas próprias colônias de leveduras e combiná-las para produzir tipos de cerveja com sabores únicos.

A fermentação pode ocorrer pela ação de bactérias ou de leveduras. A fermentação por bactérias azeda o leite, avinagra o vinho ou até a cerveja. A fermentação por levedura produz álcool. Os levedos responsáveis pela fermentação alcoólica pertencem ao gênero Saccharomyces. Durante a fermentação, eles consomem açúcares fermentáveis, como a maltose, e produzem álcool e gás carbônico (Maicas, 2023).

Embora existam quase mil espécies de levedo, a maioria delas não é apropriada para a fabricação da bebida, com exceção de alguns poucos estilos. Na prática, as cervejas são produzidas basicamente com duas espécies de *Saccharomyces*:

a) *Saccharomyces cerevisae* (Ale): Tem grande tolerância ao álcool e por isso é capaz de produzir cervejas mais alcoólicas. Trabalha bem entre 15°C e 25°C e não fermenta adequadamente a temperaturas mais baixas. Produz uma fina camada de espuma cremosa na superfície do tanque e é conhecida como levedura de alta fermentação;
b) *Saccharomyces pastorianus* (Lager): É mais frágil, com menor tolerância ao álcool do que a cerevisiae. É capaz de metabolizar um açúcar conhecido por melibiose (glicose-galactose) ao contrário da cerevisiae.

Essa levedura ativa-se a temperaturas mais baixas, entre 9°C e 15°C, tendendo a produzir estilos mais suaves em termos de aromas da fermentação, como as Pilsen. A ação dos micro-organismos, nesse caso, é mais lenta que a da cerevisae. Na maioria dos casos, a concentração dessa levedura fica no fundo do tanque e percebe-se pouca espuma na superfície, sendo, por isso, conhecida como levedura de baixa fermentação (Nyhan, Sahin; Arendt 2023).

3.5 Adjuntos na cerveja

"Adjuntos são matérias-primas constituídas de carboidratos não maltados, com composição e propriedades que complementam ou suplementam de forma benéfica o malte de cevada" (Bandinelli, 2015, p. 5). "A adição de adjuntos possibilita a redução das despesas com a cevada maltada, dado que a produção nacional não consegue suprir a demanda do mercado" (Mafra, 2018, p. 21).

Adjuntos cervejeiros, segundo Matos (2011), são permitidos legalmente no Brasil, conforme o decreto n° 6.871, de 4 de junho de 2009, que regulamenta a Lei n.° 8.918, de 14 de julho de 1994. No entanto, sua quantidade em relação ao extrato primitivo de malte de cevada não pode exceder 45%. Quando esse limite é excedido, a cerveja deve ser denominada “cerveja de [adjunto utilizado]”. Por exemplo: cerveja de trigo. Além dos ingredientes básicos (malte de cevada, água, lúpulo e levedura), o cervejeiro pode incluir aditivos à sua receita para atender a diferentes finalidades.

Esses ingredientes adicionais têm o potencial de reduzir o custo da bebida e de alterar e/ou melhorar seu sabor, cor, aroma, corpo, teor alcoólico e outras características. Para além de determinar o propósito, é crucial que os consumidores tenham acesso, de forma transparente, aos aditivos empregados.

Por diferentes razões, o malte de cevada pode ser parcialmente substituído por outros cereais, maltados ou não. Além de auxiliar na formação e retenção de espuma, ingredientes como trigo, aveia e centeio, não maltados, conferem texturas, corpo, aromas e sabores. Quando certos cuidados são observados no processamento e na armazenagem, o milho e o arroz não maltados tornam a cerveja mais clara, leve e menos amarga e são relativamente neutros quanto aos cheiros (Muller; Guimarães; Ghest, 2021).

3.6 Hortelã

A utilização de adjuntos botânicos na cervejaria moderna representa uma vasta fronteira para a inovação, permitindo aos cervejeiros não apenas criar perfis de sabor e aroma únicos, mas também agregar compostos bioativos que podem conferir propriedades funcionais à bebida. Ervas e especiarias, em particular, têm sido exploradas como alternativas ou complementos ao lúpulo, muitas vezes para adicionar complexidade, amargor ou notas aromáticas distintas (Shibakura, 2023).

Dentro deste universo, a família *Lamiaceae*, à qual pertence a hortelã (*Mentha*), é especialmente relevante por sua riqueza em óleos essenciais e compostos fenólicos. A inovação de utilizar *Mentha arvensis* em sua cerveja alinha-se a uma tendência crescente, corroborada por diversos estudos que exploram outras plantas da mesma família (Rodovalho, 2023).

Um estudo recente investigou o efeito da adição de diversas ervas da família *Lamiaceae* – sálvia (*Salvia officinalis*), orégano (*Origanum vulgare*), tomilho selvagem (*Thymus serpyllum*) e erva-cidreira (*Melissa officinalis*) – a uma cerveja de alta fermentação. Os resultados demonstraram que todas as ervas aumentaram significativamente o teor de polifenóis totais e a atividade antioxidante da cerveja, com o orégano apresentando o maior incremento. Na avaliação sensorial, a sálvia apresentou o aroma e o sabor herbais mais intensos e prazerosos, enquanto o tomilho selvagem obteve a melhor avaliação geral. Este estudo corrobora a ideia de que, assim como a hortelã, outras plantas da família podem modular positivamente tanto as características químicas quanto as sensoriais da cerveja (Solgajová *et al*., 2024).

Outras ervas da mesma família também têm sido objeto de experimentação:

- **Manjericão (*Ocimum sp.*):** Pesquisas sobre a adição de manjericão (*Ocimum selloi*) a cervejas Pilsner mostraram aumento do potencial antioxidante, especialmente quando o extrato aquoso da planta foi adicionado após a fermentação. Outro trabalho desenvolveu uma tecnologia para cerveja que utilizou manjericão e orégano como substitutos parciais do lúpulo, alcançando sabores e aromas harmoniosos e característicos das ervas utilizadas (Piva *et al*., 2021).
- **Alecrim (*Rosmarinus officinalis*):** Cervejeiros têm utilizado o alecrim para conferir notas resinosas, amadeiradas e mentoladas, que podem realçar características de pinho e de cítricas em certos lúpulos. A forma e o momento da adição (durante a fervura ou no final) influenciam a intensidade do amargor e do aroma, o que evidencia a complexidade de trabalhar com estes adjuntos (Finimundy *et al*., 2020).

A adição de adjuntos botânicos pode ocorrer em diferentes etapas do processo cervejeiro, como na fervura do mosto, na fermentação ou na maturação, e cada uma delas impacta a extração e o perfil final dos compostos. A adição durante a fervura tende a extrair mais compostos fenólicos, enquanto as adições na maturação (como as realizadas em seu estudo com a hortelã) são geralmente preferidas para preservar aromas mais voláteis (Vicaria, 2024).

A hortelã japonesa (*Mentha arvensis*) é uma erva aromática com aroma e sabor distintos, caracterizada por notas levemente picantes. A adição da hortelã fresca na cerveja ale, irá resultar em uma complexidade intrigante de sabores e fragrâncias, inserindo sabores distintos à cerveja, sendo adicionada com moderação, para garantir o frescor da menta à cerveja (Hamsa *et al*., 2022).

A busca por inovação sensorial e funcional tem levado cervejeiros a explorar uma ampla gama de adjuntos. Conforme a revisão de Cunha *et al*. (2023), a adição de frutas e outros resíduos agroindustriais tem se mostrado uma estratégia eficaz para aumentar o teor de compostos bioativos e diferenciar o perfil sensorial das cervejas artesanais, o que contextualiza a relevância do presente estudo sobre *Mentha arvensis*."

4 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CERVEJA

O processo de produção da cerveja é dividido em três etapas principais, produção do mosto, processo fermentativo, pós-tratamento. Na produção do mosto, ocorrem a moagem e a mosturação do malte, a filtração do mosto, a fervura e a clarificação. A fermentação envolve o processo fermentativo e a maturação. No pós-tratamento, incluem-se a filtração, a carbonatação, a modificação de aroma e sabor, a padronização de cor e a pasteurização (Reitenbach, 2010).

4.1 Moagem do malte

O objetivo da moagem é esmagar o grão, expor o amido do endosperma e aumentar a área superficial para a ação das enzimas na etapa seguinte. Deve-se tomar cuidado para não danificar excessivamente a casca do grão, o que pode prejudicar a filtração do mosto (Garcia-Cruz; Foggetti; Silva, 2008).

4.2 Mosturação

A mosturação consiste em adicionar água aos grãos moídos e submeter essa infusão a diferentes temperaturas por períodos determinados (técnica de rampas de temperatura). Esse processo é importante, pois cada enzima (que transforma o amido em açúcar, entre outras funções) atua melhor em uma determinada temperatura. Como resultado, obtém-se uma solução adocicada, denominada mosto, que, a essa altura, ainda contém bagaço de malte. Para a obtenção de açúcares, utilizam-se cereais modificados pelo processo de maltagem, que consiste na transformação do cereal em malte, o que ativa as enzimas que convertem os amidos dos grãos em açúcares (Morado, 2017).

A decocção, a infusão ou a combinação dos dois métodos, pode ser usada para realizar a mosturação. O processo de infusão é muito simples: a mistura é aquecida a uma temperatura específica e mantida por um tempo; em seguida, a temperatura é novamente elevada até atingir a temperatura final. Ao aquecer por decocção, uma parte da mistura é separada e submetida à fervura; depois, é colocada novamente em contato com o mosto principal, aumentando a solução combinada. A vantagem deste processo é que ele aumenta a extração de amido (Araújo, 2016).

A alfa-amilase e a beta-amilase são as enzimas mais importantes para o processo de mosturação porque são responsáveis por quebrar as ligações alfa-(1-4) -D glicosídicas do amido. O controle das enzimas é crucial porque, se realizado incorretamente, pode causar problemas como grau de atenuação muito alto ou muito baixo, concentração indesejada de iodo no mosto, contaminação por α-glucano e viscosidade elevada, que podem dificultar o processo de filtração (Krottenthaler; Back; Zarnkow, 2009).

4.3 Filtração/clarificação

O objetivo da etapa de filtração do mosto é separar a parte líquida do mosto cervejeiro e a parte sólida, conhecida como bagaço de malte (Tozetto, 2017).

Normalmente, a filtração é realizada em duas etapas. O mosto primário é produzido após a passagem da fração líquida pelo leito filtrante. Na segunda etapa, o resíduo sólido é lavado com água a 75 °C. O extrato, que é mantido na torta de filtro, é recuperado, Aumentando a eficiência do processo (Curi, 2006).

Algumas cervejarias substituem a filtração por técnicas de centrifugação, obtendo resultados semelhantes. Embora ambos os processos resultem em cervejas brilhantes e com apelo visual significativo, ambos retiram substâncias que conferem corpo à bebida. Por esta razão, algumas cervejas de trigo e aquelas Ale chamadas de “autênticas” não passam por filtração, para que um pouco de levedura se mantenha na bebida. Essas cervejas apresentam turbidez e alguma sedimentação no fundo da garrafa (Morado, 2017).

4.4 Fervura e lupulagem

Após a filtração, o mosto é fervido por 60 a 90 minutos a 100 °C. Nesse ponto, as enzimas que degradam amidos e proteínas são inibidas e o mosto é esterilizado. Na fervura, a evaporação elimina o excesso de água, atingindo uma taxa de até 10% do volume inicial. Em seguida, o mosto é concentrado até atingir a quantidade de açúcar necessária para uma fermentação adequada (Venturini Filho, 2005).

A lupulagem, que ocorre no início da fervura, é a fase em que o lúpulo é adicionado. Como os óleos essenciais responsáveis por conferir sabores e aromas à bebida são altamente voláteis, é aconselhável adicionar lúpulo ao meio para finalizar a fervura. O tempo de fervura do lúpulo variará conforme as características esperadas do produto. O lúpulo confere ao mosto resinas com sabor amargo, óleos, minerais e taninos. A coagulação proteica é um passo

importante para se obter uma bebida límpida, sendo favorecida, graças à ação dos taninos liberados pelo lúpulo (Reinold, 1997).

De acordo com Morado (2017), algumas cervejarias usam técnicas de centrifugação em vez de filtração, obtendo resultados comparáveis. Apesar de produzirem cervejas brilhantes e visualmente atraentes, ambos os processos removem substâncias que conferem corpo à bebida.

Por essa razão, algumas cervejas de trigo e as ales chamadas de "autênticas" não passam por filtração, para que um pouco de levedura se mantenha na bebida. Essas cervejas apresentam turbidez e alguma sedimentação no fundo da garrafa. É, também, durante a fervura que acontece a lupulagem, ou seja, é adicionado o lúpulo, a terceira matéria-prima fundamental na fabricação de cerveja.

4.5 Fermentação

Uma das etapas mais importantes do processo cervejeiro é a fermentação, na qual as leveduras produzem etanol e gás carbônico, bem como substâncias que interferem no sabor e no aroma da bebida, como ésteres, diacetil, álcoois alifáticos superiores, ácidos e acetonas (Kunze, 2010; Boulton e Quain, 2001).

Os fatores mais importantes que concorrem para isso são: a temperatura de fermentação, a duração, a contrapressão (pressão do ar no interior do tanque), a escolha adequada da levedura e a quantidade de levedura (Morado, 2017).

4.6 Maturação

A temperatura do tanque diminui logo após a retirada do fermento, iniciando a fase de maturação, que dura pelo menos 72 horas. O processo de fermentação da cerveja é dividido em duas fases. A primeira é conhecida como fermentação primária, enquanto a segunda é conhecida como fermentação secundária. A fermentação secundária clarifica a cerveja por meio da precipitação de leveduras e da formação de complexos de proteínas e polifenóis, o que a torna mais madura e proporciona um acabamento sensorial superior (Briggs, 2004). Referindo-se ao período de maturação da cerveja, no qual o extrato fermentável residual é lentamente metabolizado após a fermentação primária. A maturação continua mesmo após o fim da fermentação secundária (Venturini Filho, 2010).

A levedura escolhida, a temperatura de maturação e a duração dessa fase interferem

nos resultados sensoriais, contribuindo para a qualidade da cerveja. Já a precipitação das leveduras e a formação de complexos de proteínas e polifenóis em baixa temperatura contribuem para a clarificação da bebida (Morado, 2017).

4.7 Carbonatação

A carbonatação ocorre porque a quantidade de CO_2 (dióxido de carbono) na cerveja ao final do processo não é suficiente para atender às necessidades do produto (como a formação de espuma e de bolhas). Existem duas formas de realizar esse processo na fabricação artesanal: *priming* e carbonatação forçada (Mattos, 2011).

Imediatamente antes do envase, o *priming* adiciona açúcares fermentescíveis à cerveja. As leveduras na cerveja farão uma segunda fermentação, liberando CO^2. Como é necessária uma concentração mínima de levedura no meio, nem a centrifugação nem a filtração podem ser usadas como métodos de clarificação para realizar o *priming*. A carbonatação forçada é o processo de injetar gás carbônico na cerveja em barril, por meio de um cilindro, uma série de mangueiras e conectores. Este processo permite controlar o gás adicionado à cerveja com mais precisão do que o *priming* (Kunze, 2010).

5 MATERIAL E MÉTODOS

As atividades de produção de cerveja, bem como as análises físico-químicas, foram realizadas no laboratório do Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM), em Uberlândia, no Estado de Minas Gerais. Foi desenvolvida uma formulação base de cerveja artesanal estilo Ale, onde foi realizado 5 tratamentos de hortelã japonesa (*Mentha arvensis*).

⏭ Receita da Cerveja:

Tabela 1- Ingredientes da cerveja

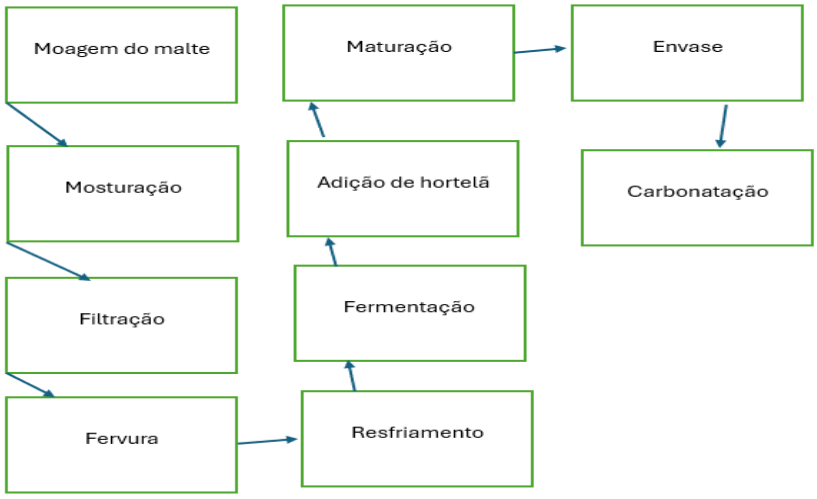
Ingredientes	Quantidade
Malte Viena	6 kg
Agua Mineral Ingá	30l
Lupulo Hallertau Tradition	12g
Hortelã Japonesa	51g

Fonte: elaborada pela autora (2025).

5.1 Processo de fabricação

Todo material utilizado no processo foi devidamente sanificado com ácido peracético. O fluxograma a seguir, apresenta o processo de desenvolvimetno de cerveja.

Figura 2- Fluxograma da produção de cerveja



Fonte: elaborada pela autora (2025).

5.2 Moagem do malte

O malte foi moído em moinho de disco antes da mosturação, para quebrar a casca dos grãos e obter uma granulometria que não o deixará esfarelado, evitando dificuldades na etapa de filtração. Foi utilizado o malte Vienna.

5.3 Mosturação

O malte triturado foi adicionado ao caldeirão com 20 litros de água mineral da marca Ingá, até que a temperatura atingisse as seguintes rampas de temperatura. A primeira rampa de temperatura de 62 °C e mantida por 60 minutos. E a segunda rampa a 72 °C por 10 minutos, para inativação total das enzimas. Ao final de cada temperatura de mosturação, realizou-se o teste com iodo para verificar, de forma visual e gradativa, a evolução da hidrólise enzimática do amido em açúcares.

5.4 Filtração

Após finalizada a mosturação, o mosto foi recirculado manualmente, formando uma cascata com o próprio mosto, com o auxílio de uma vasilha de inox, até que apresentasse aspecto claro e limpo . A lavagem do malte foi realizada com á água a 78 °C até a obtenção de 30 litros. Finalizada a lavagem, o mosto foi transferido para a panela de fervura. A filtração foi realizada por meio de um *grain bag* (Saco feito em voal de musseline)

5.5 Fervura e lupulagem

O mosto foi levado à fervura, onde permaneceu por cerca de uma hora, até atingir a temperatura de fervura. Foram adicionados 12 g de lúpulo Tradition, fracionados em 6 etapas de 2 g cada, totalizando 12 g.

5.6 Resfriamento

O resfriamento foi realizado por meio chiller esterilizado, adicionado diretamente ao mosto. Foi resfriado até atingir 28 °C, temperatura ideal para a inoculação do fermento.

5.7 Fermentação

Após o mosto resfriado, foram adicionados 11,5 g de levedura SafAle US-05, agitados até o líquido se homogeneizar. A bombona foi previamente sanitizada com ácido peracético e devidamente fechada, foi colocada uma mangueira de blow-off responsável por evitar a contaminação da cerveja pelo ar e permitir a saída do CO_2.

5.8 Maturação

Após os doze dias de fermentação, o mosto foi resfriado a 4 °C. O mosto foi mantido por 3 dias nessa temperatura, durante os quais foi adicionada a hortelã fresca em quantidades diferentes. A alta atividade das leveduras durante a fermentação pode resultar na transformação dos compostos aromáticos e de sabor. Além disso, a alta concentração de gás carbônico nesta etapa pode deslocar compostos mais voláteis, o que pode resultar na perda de algumas características da planta.

5.9 Adição de hortelã japonesa (*Mentha arvensis*)

A adição de hortelã japonesa (Mentha arvensis) foi realizada durante a maturação, visando manter as características sensoriais e melhorar a qualidade do produto. Antes disso, foi realizada a sanificação com ácido peracético. O líquido foi dividido em 6 galões de 5 litros cada, sendo 1 galão de controle e 5 com tratamentos diferentes de hortelã: 1 g, 5 g, 10 g, 15 g e 20 g. Os galões e as garrafas foram identificados individualmente para manter a rastreabilidade durante o processo de análise.

5.10 Envase

Após o período de maturação, as garrafas foram lavadas e sanitizadas com ácido peracético a 1 g L^{-1} em água. Para a carbonatação, foi adicionado o *priming* (6 g L^{-1}) diretamente aos baldes. Em seguida, houve o engarrafamento deixando aproximadamente 5 cm de espaço livre na boca de cada garrafa. Por fim, as garrafas foram devidamente tampadas e mantidas à temperatura ambiente por 9 dias para que ocorresse a carbonatação (reação de fermentação que ocorre dentro da garrafa, liberando CO2).

6 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises físico-químicas de pH, acidez total e densidade foram realizadas de acordo com o Método Físico-Químico para Análise de Alimentos do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), no Laboratório de Bebidas do IFTM, Campus Uberlândia, MG.

6.1 Determinação do pH

A determinação do pH realizou-se por meio de phmetro de bancada, com o eletrodo inserido diretamente na amostra, previamente calibrado com tampões de pH 4 e 7.

6.2 Determinação da cor pela Escala SRM e EBC

A cor da cerveja foi determinada usando espectrofotômetro Hach DR 2800, sendo a leitura da absorbância relativa às escalas de cor (SRM) *Standard Reference Method* (ASBC, 1992) e (EBC) *European Brewing Convention* (EBC, 2010). A leitura da absorbância foi realizada no comprimento de onda de 430 nm (IAL, 2008). Após as leituras, foram aplicadas as equações abaixo:

$$EBC = 25 \text{ x } ABS_{430}$$

$$SRM = 12.7 \text{ x } ABS_{430}$$

6.3 Determinação de acidez

Foram realizadas as análises de acidez das cervejas acondicionadas à temperatura ambiente e descarbonatadas, a partir da transferência do líquido para um béquer de 500 mL e da agitação com bastão de vidro, mantendo-se a temperatura na faixa de 20 a 25 °C.

6.3.1 Acidez total

A acidez total das amostras foi determinada por meio de diluição e neutralização com solução alcalina padronizada, utilizando o indicador fenolftaleína. Foram transferidos 10 mL de amostra e 100 mL de água destilada para um erlenmeyer e adicionaram-se 3 gotas de

fenolftaleína. Titulou-se com hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N até atingir coloração rosa. Os cálculos foram feitos a partir da seguinte fórmula:

At = VX1000 × f× V × N

Onde:

At = Acidez total ($meqL^{-1}$).

f = Fator de correção do titulante (solução de NaOH).

V = volume de NaOH gasto na titulação (ml).

N = Normalidade da solução de NaOH.

V = volume da amostra (ml).

6.3.2 Acidez total volátil

As amostras foram obtidas após o processo de destilação por arraste a vapor, no qual o volume de amostra foi de 50 mL. Tomou-se 10ml da amostra por arraste a vapor em 50ml de água destilada, efetuou-se a titulação com solução de NaOH (0,01N) e o resultado foi expresso em $mEqL^{-1}$ de solução molar ($mEq\ 100g^{-1}$), de acordo com técnicas descritas pela IAL (2008).

$$\frac{\mathbf{n \times M \times f \times MM}}{\mathbf{10 \times V}}$$

Onde:

n = Volume em ml de solução de hidróxido de sódio gasto na titulação

f = Fator de correção da solução de hidróxido de sódio**.**

M = Normalidade da solução de hidróxido de sódio**.**

V = Volume da amostra.

6.3.3 Determinação de acidez fixa

A acidez fixa foi determinada por meio da diferença entre a acidez total e a acidez volátil, e o resultado expresso em $meqL^{-1}$ (Brasil, 2017) conforme Equação 7:

At - Af = Ácidos voláteis, em g de ácido acético por 100ml de amostra.

Onde:

At = Acidez total.

Af = Acidez fixa.

6.4 Determinação de densidade

Para determinar a densidade das amostras de cerveja, foi utilizado um densímetro de bancada, baseando-se na relação entre o peso das amostras a 20 °C e o da água (IAL, 2008).

6.5 Extrato seco

Uma amostra de 20 mL de cerveja descarbonatada foi transferida para uma cápsula previamente aquecida em estufa com circulação de ar a 105 °C por 1 hora, resfriada em dessecador e pesada. A amostra foi aquecida em banho-maria até a secagem. Em seguida, foi levada para a estufa a 105 °C por 1 hora, resfriada em dessecador e pesada. O extrato seco foi calculado utilizando a equação abaixo (IAL, 2008):

$$\frac{100 \times P}{V} = \text{Extrato seco, \% m/v}$$

Onde:

P = Massa do resíduo, em g;

V = volume da amostra, em ml.

6.6 Determinação do Grau Sacarométrico (GS)

Representa o teor de açúcar presente no mosto, utilizando os pesos obtidos nas análises de extrato seco e de teor alcoólico. Foi calculado segundo Villavechia (1963 *apud* Sousa, 2009), usando a equação abaixo:

$$GS\ (\%) = \frac{100 \times (\text{Extrato} + 2{,}0665 \times \text{Teor Alcoólico}).}{100 + 1{,}065 + \text{Teor Alcoólico}.}$$

6.7 Determinação do Grau de Fermentação (GF)

É o grau de fermentação da cerveja, que foi calculado segundo Villavechia (1963 *apud* Sousa, 2009), usando a equação abaixo:

$$\text{Grau de Fermentação (\%)} = \frac{100 \times (\text{Grau Sacarométrico} - \text{Extrato seco})}{\text{Grau Sacarométrico}}$$

6.8 Teor de álcool

Os teores alcoólicos de cerveja foram determinados pelo método ebuliométrico, no qual se determina a quantidade percentual de álcool etílico em uma solução alcoólica ao ser fixado o ponto zero na escala do ebuliômetro, sendo o teor alcoólico expresso em %v/v. O processo se baseia na diferença entre os pontos de ebulição da água (100 °C) e do álcool (78,4 °C), devendo o ponto de ebulição situar-se nessa faixa de temperatura. Desta forma, quanto maior a quantidade de álcool presente na amostra utilizada, mais próxima da temperatura de ebulição do álcool puro estará a temperatura de ebulição da amostra (IAL, 2008).

6.9 Determinação índice de cor

A coloração da cerveja foi medida com colorímetro (Konica Minolta® Chroma Meter CR400), no sistema CIEL*a*b*, sendo determinados os valores L (luminosidade, que varia de 0 a 100), a* (variação de cor de verde a vermelho) e b* (variação de cor de azul a amarelo). As diferenças de cor para esse sistema serão calculadas a partir das diferenças dos valores L, a*, b* entre as amostras, utilizando-se a equação abaixo (Jimenez-Cuesta; Cuquerella-Cayuela; Martinez-Jávega, 1983):

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^2 + \Delta A^2 + \Delta b^2)}$$

Onde:

Δ*E*: Significa a leitura obtida pelo equipamento (colorímetro).

ΔL: Diferença entre a leitura de L da amostra e a do branco.

ΔA: Diferença entre a leitura de a* da amostra e a do branco.

Δb: Diferença entre a leitura de b* da amostra e o b* do branco.

6.10 Determinação de compostos fenólicos

A determinação de compostos fenólicos foi realizada conforme a metodologia descrita por Swain e Hillis (1959). As leituras foram realizadas em um espectrofotômetro Hach® DR 2800, a 760 nm. A quantificação dos compostos fenólicos (*CF*) foi realizada utilizando o reagente de Folin-Denis, com curva padrão de ácido tânico.

6.11 Análises estatísticas

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos de hortelã japonesa (*Mentha arvensis*) in natura (0 g, 1 g, 5 g, 10 g, 15 g e 20 g), em 5 repetições.

Os resultados foram tratados estatisticamente de forma descritiva e, em seguida, foi realizada a análise de variância (ANOVA). Após a constatação da significância pelo teste F, os tratamentos foram comparados pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com auxílio do software SISVAR versão (Ferreira, 2010).

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados físico-químicos obtidos em laboratório de pH, extrato seco e teor alcoólico foram analisados estatisticamente e estão apresentados abaixo na Tabela 2:

Tabela 2- Análises de variância de pH, extrato seco e teor alcoólico em Cervejas tipo Ale com Hortelã Japonesa

Fonte Variação	Grau Liberdade	Quadrado Médio		
		pH %	Extrato seco %	Teor alcoólico %
Amostra	5	0,29	90,40	0,05
Erro	24	0,001	0,64	0,002
CV (%)		0,002	8,77	1,16
Média Geral		0,10	33,26	0,40

Fonte: elaborada pela autora (2025).

Tabela 3- Teores médios de pH, extrato seco e teor alcoólico em Cervejas tipo Ale com Hortelã Japonesa

Tratamentos	Médias		
	pH %	Extrato seco %	Teor alcoólico %
0	7,22c	7,57c	4,33ª
1	6,64b	10,26b	4,33ª
2	6,08a	7,37c	4,33ª
3	7,25c	17,13a	4,14b
4	7,15c	6,02d	4,14b
5	7,59c	5,97d	4,31ª

Fonte: elaborada pela autora (2025).

Nota: *Scott knott p< 0,05.

Os resultados de pH, extrato seco e teor alcoólico são apresentados na Tabela 3. Observa-se uma forte correlação entre o extrato seco e o pH. O tratamento com 10 g de hortelã, que registrou o maior teor de extrato seco (17,13%), também apresentou um dos maiores valores de pH (7,25), estatisticamente semelhante ao do controle. Inversamente, os tratamentos com 15 g e 20 g, que apresentaram os menores teores de extrato seco, apresentaram os valores de pH mais baixos.

A Tabela 3 revela o impacto direto da eficiência da fermentação nos parâmetros finais da cerveja. O extrato seco, composto majoritariamente por açúcares residuais, indica que a

fermentação foi menos eficiente no tratamento com 10 g de hortelã, pois a levedura não consumiu todos os açúcares disponíveis. Este comportamento pode ser atribuído aos compostos bioativos da *Mentha arvensis*. Conforme descrito por Battistin *et al*. (2011), espécies do gênero *Mentha* são ricas em componentes como mentol, mentona e pulegona, que possuem atividade antimicrobiana e antifúngica comprovada. É provável que, na concentração de 10 g L^{-1}, esses compostos tenham atingido um limiar de toxicidade para a *Saccharomyces cerevisiae*, resultando em menor consumo de açúcares. Consequentemente, a menor produção de ácidos orgânicos (subprodutos da fermentação) resultou em um pH final mais elevado.

Em contrapartida, os tratamentos com 15 g e 20 g sugerem uma fermentação mais completa, na qual o maior consumo de açúcares justifica a tendência a um pH mais baixo.

A densidade não apresentou variação estatisticamente significativa entre os tratamentos, mantendo-se em 1,0220 g/cm³.

A ausência de variação na densidade, diferentemente do observado por Ribeiro (2021), que notou um aumento do parâmetro ao usar madeira de amburana, sugere que, embora a composição da cerveja (Açúcar vs. Álcool) tenha mudado, a densidade geral da solução permaneceu dentro de uma faixa que não permitiu a detecção de diferenças significativas.

O teor alcoólico foi significativamente menor nos tratamentos com 10 g e 15 g de hortelã (4,14%), enquanto os demais não diferiram estatisticamente do controle. A redução do teor alcoólico está diretamente associada à inibição da fermentação. Este resultado difere do encontrado por Luiz *et al*. (2023), que não observaram alteração no teor de álcool ao adicionar frutos do cerrado. Contudo, Sá (2020) também relatou uma queda no teor alcoólico em sua cerveja de framboesa, atribuindo essa queda aos açúcares pouco fermentescíveis do fruto. Em nosso caso, a causa mais provável não é o tipo de açúcar, mas sim a ação inibitória dos compostos da hortelã sobre a levedura, o que impediu a conversão completa dos açúcares em álcool, como evidenciado pelo alto teor de extrato seco (Tabela 2) e pelo baixo grau de fermentação (Tabela 9) no tratamento com 10 g.

Os resultados físico-químicos obtidos em laboratório de Cor (EBC), Cor (SRM) e Índice de Cor, foram analisados estatisticamente e estão apresentados abaixo, na Tabela 5:

Tabela 4- Análises de variância de Cor (EBC) , Cor (SRM) e Índice de Cor em Cervejas tipo Ale com Hortelã Japonesa

Fonte Variação	**Grau Liberdade**	**Quadrado Médio**		
		Cor (EBC)	Cor (SRM)	Índice de Cor
Amostra	05	12,26	3,16	2,34
Erro	24	0,41	0,10	0,009
CV (%)		4,24	4,24	0,12
Média Geral		**5,64**	**2,50**	**0,82**

Fonte: elaborada pela autora (2025).

Tabela 5- Teores médios Cor (EBC), Cor (SRM) e Índice de Cor em Cervejas tipo Ale com Hortelã Japonesa

Tratamentos	**Médias**		
	Cor (EBC)	Cor (SRM)	Índice de cor
0	17,93a	9,11a	77,31c
1	15,01b	7,62b	77,33c
2	15,30b	7,77b	77,31c
3	13,44c	6,83c	78,66a
4	14,14c	7,18c	78,39b
5	14,36c	7,29c	78,62a

Fonte: elaborada pela autora (2025).

Nota: *Scott knott p< 0,05.

Os resultados demonstram que a adição de hortelã promoveu o clareamento da cerveja. O tratamento de controle (0 g) apresentou a cor mais intensa, com os maiores valores de Cor EBC (17,93) e de Cor SRM (9,11). O Índice de Cor, por sua vez, aumentou com as maiores concentrações de hortelã, indicando uma alteração na tonalidade da cor.

A redução dos valores de EBC e SRM em todos os tratamentos com hortelã indica que o adjunto atuou como agente clarificante. Este resultado contrasta com o observado por Sá (2020), que, ao adicionar framboesa a uma cerveja ale, obteve um aumento expressivo da cor devido à extração dos pigmentos do fruto. A diferença de comportamento sugere que os polifenóis da hortelã podem ter interagido com as proteínas do mosto, formando complexos que precipitaram e removeram compostos pela cor e pela turbidez, um mecanismo já discutido na literatura para outros aditivos botânicos. O aumento do Índice de Cor, que reflete a tonalidade, sugere que, além de clarear a bebida, a hortelã alterou a percepção visual do

produto final, possivelmente adicionando nuances distintas às originais do malte.

Os resultados físico-químicos obtidos em laboratório de Acidez Fixa, Acidez Volátil e Acidez Total foram analisados estatisticamente e estão apresentados abaixo, na Tabela 6:

Tabela 6- Análises de variância de acidez fixa, acidez volátil e acidez total em Cervejas tipo Ale com Hortelã Japonesa

Fonte Variação	**Grau Liberdade**	**Quadrado Médio**		
		Acidez fixa (mEq NaOH)	Acidez volátil (mEq NaOH)	Acidez total (mEq NaOH)
Amostra	5	1,45	0,006	1,53
Erro	24	0,17	0,0004	0,17
CV (%)		5,84	9,80	5,68
Média Geral		**6,98**	**0,21**	**7,19**

Fonte: elaborada pela autora (2025).

Tabela 7- Teores médios de acidez fixa, acidez volátil e acidez total em Cervejas tipo Ale com Hortelã Japonesa

Tratamentos	**Médias de Acidez (mEq L^{-1})**		
	Acidez fixa (mEq NaOH)	Acidez volátil (mEq NaOH)	Acidez total (mEq NaOH)
0	7,22a	2,78a	7,50ª
1	6,64b	1,99b	6,84b
2	6,08c	1,812c	6,265c
3	7,24a	1,81c	7,43ª
4	7,15a	2,10b	7,36ª
5	7,59a	2,10b	7,80ª

Fonte: elaborada pela autora (2025).

Nota: *Scott knott p< 0,05.

O perfil de acidez foi significativamente modificado pela adição de hortelã. A acidez total e a acidez fixa foram menores nos tratamentos com 1 g e 5 g. Já a acidez volátil foi reduzida em todos os tratamentos com hortelã em comparação com o controle, com as doses de 5 g e 10 g apresentando os menores valores. Os três tipos de acidez estão ligados ao metabolismo da levedura. A redução da acidez volátil, dominada pelo ácido acético, em todos os tratamentos com hortelã é um forte indicativo de que os compostos da planta modularam o metabolismo da levedura, possivelmente tornando-o mais eficiente e reduzindo a produção de subprodutos indesejáveis.

A modulação do perfil de acidez pela hortelã (Tabela 7) indica uma interação direta

com o metabolismo da levedura. É interessante notar que, em um estudo similar, Squinello *et al*. (2022) observaram que a adição de diferentes plantas medicinais amazônicas *não causou grande variação* nos parâmetros de acidez e pH em comparação com a cerveja controle. Isso sugere que o efeito modulador da acidez, especialmente a redução da acidez volátil, pode ser uma característica específica dos compostos presentes em *Mentha arvensis*, resultando em uma fermentação metabolicamente distinta.

A diminuição da acidez total nas doses mais baixas, semelhante à observada por Sá (2020) com framboesa, pode ser sensorialmente benéfica, resultando em uma com perfil de acidez mais suave.

Os resultados físico-químicos obtidos em laboratório de Grau Sacarométrico, Grau Fermentativo e Compostos fenólicos foram analisados estatisticamente e estão apresentados abaixo na tabela 9.

Tabela 8- Análises de variância de grau sacarométrico, grau fermentativo e compostos fenólicos em Cervejas tipo Ale com Hortelã Japonesa

Fonte Variação	**Grau Liberdade**	**Quadrado Médio**		
		Grau Sacarometrico %	Grau Fermentativo %	Compostos Fenólicos %
Amostra	5	142,32	711,59	11,02
Erro	24	1,18	47,78	87,10
CV (%)		6,02	7,22	11,35
Média Geral		**18,07**	**95,76**	**82,21**

Fonte: elaborarada pela autora (2025).

Tabela 9- Teores médios de grau sacarométrico, grau fermentativo e compostos fenólicos em Cervejas tipo Ale com Hortelã Japonesa

Tratamentos	**Médias**		
	Grau Sacarométrico %	**Grau Fermentativo %**	**Compostos Fenólicos %**
0	17,89b	85,58c	11,08b
1	18,37b	80,05c	164,29a
2	15,61c	104,90b	42,10d
3	28,31a	33,01d	49,95d
4	13,97d	131,95a	72,14c
5	14,27d	139,10a	54,73d

Fonte: elaborarada pela autora (2025).

Nota: *Scott knott p< 0,05.

Esta tabela revela uma forte correlação inversa entre o Grau Sacarométrico e o Grau de Fermentação. O tratamento com 10 g de hortelã, que apresentou o maior Grau Sacarométrico (28,31%), também apresentou o menor Grau de Fermentação (33,01%). Os compostos fenólicos apresentaram comportamento distinto, atingindo um pico com 1 g de hortelã (164,29%) e caindo drasticamente nas concentrações subsequentes.

A adição de adjuntos botânicos geralmente visa enriquecer a cerveja com compostos bioativos. Squinello *et al*. (2022), por exemplo, obtiveram aumento na concentração de compostos fenólicos em cervejas com plantas amazônicas, assim como Ribeiro (2021), ao utilizar madeira. Em nosso estudo, o tratamento com 1 g de hortelã seguiu essa tendência. Contudo, o declínio drástico nas concentrações mais altas sugere que os polifenóis da hortelã, em excesso, causaram a precipitação de complexos proteicos, o que se correlaciona com o efeito de clareamento (Tabela 5).

A correlação inversa entre o Grau Sacarométrico e o Grau de Fermentação é a evidência mais clara do impacto da hortelã sobre a levedura. No tratamento de 10 g, a inibição da fermentação resultou em baixo consumo de açúcares (baixo grau de fermentação), o que, por consequência, elevou o cálculo do extrato primitivo (Grau Sacarométrico).

A adição de adjuntos botânicos geralmente visa aumentar o teor de compostos bioativos da cerveja. Estudos com diversas ervas da família *Lamiaceae*, de Solgajová et al. (2024), demonstraram que todas as adições (sálvia, orégano e tomilho) aumentaram significativamente o teor de polifenóis e a atividade antioxidante da bebida. Este comportamento corrobora o aumento expressivo de fenóis observado em nosso estudo no tratamento com 1 g L^{-1} de hortelã. Contudo, a queda nos teores em concentrações mais elevadas sugere que, diferentemente dos outros estudos, a *Mentha arvensis* em excesso pode ter induzido reações de precipitação com proteínas —um fenômeno também responsável pela clarificação da bebida (Tabela 5).

8 CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou que a adição de hortelã japonesa (*Mentha arvensis*) *in natura* a uma cerveja artesanal do tipo ale exerce influência significativa e complexa sobre seus parâmetros físico-químicos. Conclui-se que os efeitos dependem estritamente da concentração e não seguem uma tendência linear.

Doses baixas (de 1 $g.L^{-1}$ e 5 $g.L^{-1}$) mostraram-se eficazes em modular o perfil de acidez, reduzindo as acidezes totais e voláteis, e em agregar valor funcional à cerveja, com o tratamento de 1 $g.L^{-1}$ aumentando expressivamente o teor de compostos fenólicos. Contudo, a concentração de 10 $g.L^{-1}$ revelou-se um ponto de inflexão crítico, no qual os compostos da hortelã exerceram um claro efeito inibitório sobre a levedura, resultando em fermentação incompleta, evidenciada pelo menor teor alcoólico e pelo maior teor de extrato seco residual. Concentrações superiores a 5 $g.L^{-1}$ causaram redução dos índices de cor e do teor de fenóis solúveis, indicando reações de precipitação.

Portanto, este trabalho demonstra que a *Mentha arvensis* in natura é um ingrediente viável e de grande complexidade para a cervejaria artesanal, mas seu manejo exige um controle rigoroso de dosagem para equilibrar os ganhos funcionais e sensoriais com os riscos de impacto negativo na fermentação.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Farmacopeia brasileira**. 6. ed. Brasília: ANVISA, 2019. v. 2.

ARAÚJO, G. S. **Elaboração de uma cerveja Ale utilizando melão de caroá** [*Sicana odorifera* (Vell.) Naud.] como adjunto do malte. 2016. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/20139/1/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20Final.pdf. Acesso em: 08 jul. 2025.

BAMFORTH, W. C. **Beer is proof god loves us**. Upper Saddle River: FT Press, 2010.

BAMFORTH, W. C. **Beer:** health and nutrition. Oxford: Blackwell Science, 2004.
BANDINELLI, P. C. **Estudo de caso de melhoria no processo de mosturação de uma cervejaria no RS**. 2015. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/131362/000981589.pdf?sequence=1&locale-attribute=en. Acesso em: 25 jul. 2025.

BATTISTIN, A. *et al*. **Espécies de *Mentha* com propriedades medicinais, aromáticas e condimentares**. Porto Alegre: FEPAGRO, 2011. (Circular Técnica, n. 28).

BORGES, P. F. O. **Concentração do mercado de cerveja no Brasil e a participação das microcervejarias** 2015. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2015. Disponível em: https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/742/1/TCC%20-%20Pedro%20Felipe.pdf. Acesso em: 25 jul. 2025.

BOULTON, C.; QUAIN, D. **Brewing yeast and fermentation**. Oxford: Blackwell Science, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Anuário da cerveja 2024:** ano de referência 2023. Brasília, DF: MAPA/SDA, 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.º 65, de 10 de dezembro de 2019. Estabelece os padrões de identidade e qualidade para os produtos de cervejaria. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 239, p. 31, 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de métodos oficiais para análise de alimentos de origem animal.** Brasília : MAPA, 2017.

BRIGGS, D. E. *et al*. **Brewing:** science and practice. Cambridge: Woodhead Publishing, 2004. *E-book*.

BRUGGER, M. M. **Lúpulos para produção cervejeira e o processo de *dry hopping***: uma revisão da literatura. 2023. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023. Disponível em:

https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/275013/001200610.pdf?sequence=1. Acesso em: 04 ago. 2025.

CAVALCANTI, R. F. R. de R. M.; SILVA, J. E. da.; FONTGALLAND, I. L. Water costs in beer production: a comparative economic analysis. **Research Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 2, p. e51710212765, p. 1-11, 2021. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12765. Disponível em: https://rsdjournal.org/rsd/article/view/12765. Acesso em: 04 ago. 2025.

CUNHA, A. C. da *et a*l. Production and characterization of craft beers with different additions of native fruits and agro-industrial residues: a review. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 53, n. 9, e20220194, p. 1-11, 2023. DOI: https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20220194. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cr/a/KLvXwC3NFNNwKGbfDLYSJyH/?lang=en. Acesso em: 04 ago. 2025.

CURI, R. A. **Produção de cerveja utilizando cevada como adjunto de malte**. 2006. 136 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2006. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/881eb951-2030-45ad-afa0-f3c13fec50fb/content. Acesso em: 04 ago. 2025.

DALMORO, M.; FELL, G. Dimensões artesanais e massificadas na construção do mercado cervejeiro. **RAE**, São Paulo, v. 60, n. 1, p. 47-58, jan./fev. 2020. DOI: https://doi.org/10.1590/S0034-759020200106. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rae/a/LMTKdtZFKwYmDMy93VTd9xw/?lang=pt. Acesso em: 04 ago. 2025.

DANIELS, R. **Designing great beers:** the ultimate guide to brewing classic beer styles. Boulder: Brewers Publications, 2000.

DURELLO, R. S.; SILVA, L. M.; BOGUSZ JR. Química do lúpulo. **Química Nova**, Campinas, v. 42, n. 8, p. 900-919, jul./ago. 2019. DOI: https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170412. Disponível em: https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170412. Acesso em: 04 ago. 2025.

EAGLIN, J. "More Brazilian than cachaça": Brazilian sugar-based ethanol development in the twentieth century. **Latin American Research Review**, United States, v. 54, n. 4, p. 927-943, 2019. DOI: https://doi.org/10.25222/larr.28. Disponível em: https://www.cambridge.org/core/journals/latin-american-research-review/article/more-brazilian-than-cachaca-brazilian-sugarbased-ethanol-development-in-the-twentieth-century/DF8F371A4A630E4778B86CE260E69E61. Acesso em: 04 ago. 2025.

FAGRELL, B. *et al*. The effects of light to moderate drinking on cardiovascular diseases. **Journal Internal Medicine**, United Kingdom, v. 246, n. 4, p. 331-340, Oct. 1999. DOI: 10.1046/j.1365-2796.1999.00576.x. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10583704/. Acesso em: 04 ago. 2025.

FERREIRA, D. F. **SISVAR:** sistema de análise de variância: versão 5.3. Lavras: UFLA, 2010.

FERREIRA JÚNIOR, J. M. *et al*. Avaliação da relação sulfato/cloreto na produção de cerveja

artesanal e seus impactos sensoriais. **Diversitas Journal**, Santana do Ipanema, v. 8, n. 4, p. 3114-3127, out./dez. 2023. DOI: https://doi.org/10.48017/dj.v8i4.2754. Disponível em: https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/2754. Acesso em: 04 ago. 2025.

FINIMUNDY, T. C. *et al*. Infusions of herbal blends as promising sources of phenolic compounds and bioactive properties. **Molecules**, Switzerland, v. 25, n, 9, e2151, p. 1-14, May 2020. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules25092151. Disponível em: https://www.mdpi.com/1420-3049/25/9/2151. Acesso em: 08 jul. 2025.

FOX, G. P.; BETTENHAUSEN, H. M. Variation in quality of grains used in malting and brewing. **Frontiers in Plant Science**, Switzerland, v. 14, p. 1172028, June 2023. DOI: 10.3389/fpls.2023.1172028. Disponível em: https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2023.1172028/full. Acesso em: 04 ago. 2025.

GARCIA-CRUZ, C. H.; FOGGETTI, U.; SILVA, A. N. da. Alginato bacteriano: aspectos tecnológicos, características e produção. **Química Nova**, Campinas, v. 31, n. 7, p. 1800-1807, set. 2008. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000700035. Disponível em: https://www.scielo.br/j/qn/a/FGdLPpfgDyw7KJgFXxW8LZC/?format=html&lang=pt. Acesso em: 04 ago. 2025.

GIORGI, V. de V. "Cultos em cerveja": discursos sobre a cerveja artesanal no Brasil. **Sociedade e Cultura,** Goiânia, v. 18, n. 1, p. 101-11, jan/jun. 2015. Disponível em: https://revistas.ufg.br/fcs/article/view/40607/20725. Acesso em: 04 ago. 2025.

HABIG, W. H.; PABST, M. J.; JAKOBY, W. B. Glutathione S-transferases. The first enzymatic step in mercapturic acid formation. **Journal of Biological Chemistry**, United States, v. 249, n. 22, p. 7130-9, Nov. 1974. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4436300/. Acesso em: 04 ago. 2025.

HAMSA, C. B. *et al*. A contemporary review on pharmacognosy and pharmacological activities of *Mentha arvensis*. **International Journal of Pharmacognosy and Chemistry**, Índia, v. 3, n. 3, p. 107-112, Jul. 2022. DOI: https://doi.org/10.46796/ijpc.v3i3.344. Disponível em: https://saapjournals.org/index.php/ijpc/article/view/344. Acesso em: 04 ago. 2025.

HIERONYMUS, S. **Lúpulo:** guia prático para o aroma, amargor e cultivo de lúpulos. Tradução: Marcelo Santa Rita; Mariana Canabarro Bastos. 2. ed. Belo Horizonte: Krater, 2020.

HINDY, S. **A revolução da cerveja artesanal**. Paraty: Tapioca, 2019. Disponível em: https://play.google.com/store/books/details?id=xLg6DwAAQBAJ&source=gbs_api. Acesso em: 4 nov. 2025.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: IAL, 2008. *E-book*.

JIMÉNEZ-CUESTA, M.; CUQUERELLA-CAYUELA, J.; MARTÍNEZ-JÁVEGA, J. M. **Teoría y práctica de la desverdización de los cítricos**. Madrid: INIA, 1983. 22 p. (Hoja técnica, 46).

KROTTENTHALER, M.; BACK, W.; ZARNKOW, M. Wort production. *In*: EßLINGER, H. M. (ed.). **Handbook of brewing:** processes, technology, markets. Nova Jersey: Willey – VCH, 2009. p. 165-205. Disponível em: https://vebrianangrya.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/09/handbook_of_brewing_processes__technology__markets.pdf. Acesso em: 04 nov. 2025.

KUNZE, W. **Technology:** brewing and malting. 4.th. ed. Berlin: VLB Berlin, 2010.

LIMA, J. F. *et al*. Avaliação físico-química e análise de rótulos quanto ao quantitativo alcoólico de cervejas industriais puro malte comercializadas em São Luís–MA. *In*: Científica Digital (org**.). Open Science Reserach**. Guarujá: Científica Digital, 2022. v. 3, cap 104, p. 1288-97. DOI: 10.37885/220308460. *E-book*

LIMBERGER, S. C. O setor cervejeiro no Brasil: formação nacional, internacionalização e as novas demandas do mercado. **Geografia**, Rio Claro, v. 49, n. 1, p. 551-576, set. 2024. DOI: https://doi.org/10.5016/geografia.v49i1.18306. Disponível em: https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/18306. Acesso em: 04 ago. 2025.

LIMBERGER, S. C.; MEDEIROS, M. C. Dinâmica produtiva e estratégias de comercialização de vinhos finos e cervejas especiais no sul do Brasil. **Geosul**, Florianópolis, v. 37, n. 81, p. 14-38, jan./abr. 2022. DOI: https://doi.org/10.5007/2177-5230.2022.e83503. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/83503. Acesso em: 04 nov. 2025.

LUIZ, A. G. *et al*. Cerveja artesanal aromatizada com frutos do cerrado brasileiro. **Brazilian Journal of DevelopmenT,**, Curitiba, v. 9, n. 8, p. 24350- 24363, ago. 2023. DOI: https://doi.org/10.34117/bjdv9n8-080. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/62233. Acesso em: 04 nov. 2025.

MAFRA, G. P. **Análise físico-química de cerveja *American lager* maturada com pimenta rosa (aroeira).** 2018. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018. Disponível em: https://monografias.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/6725/1/AnaliseFisicoquimica_Mafra_2018. Acesso em: 04 nov. 2025.

MAICAS, S. Yeast fermentation and the make of biotechnological products. **Microorganisms,** Switzerland, v. 11, n. 6, e1463, p. 1-3, May 2023. Disponível em: https://www.mdpi.com/2076-2607/11/6/1463. Acesso em: 04 nov. 2025.

MARCUSSO, E. F. Os primórdios do lúpulo no Brasil: a trajetória alcoólica brasileira até o domínio cervejeiro e a introdução do lúpulo. **Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro**, Rio de Janeiro, v. 183, n. 488, p. 233-64, jan./abr. 2022. Disponível em: https://rihgb.emnuvens.com.br/revista/article/view/43/39. Acesso em: 04 nov. 2025.

MATOS, R. A. G. **Produção de cervejas artesanais, avaliação de aceitação e preferência, e panorama do mercado**. 2011. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina,

Florianópolis, 2011. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/25472/ragr250.pdf. Acesso em: 04 nov. 2025.

MELLO, J. A. V. B.; SILVA, J. L. N. da. Requisitos de produto para um projeto de cerveja artesanal. **Innovar**, Bogotá, v. 30, n. 77, p. 39-52, nov. 2020. DOI: 10.15446/innovar.v30n77.87428. Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-50512020000300039. Acesso em: 04 nov. 2025.

MICHEL, R. H..; MCGOVERN, P. E.; BADLER, V. R. Chemical evidence for ancient beer. **Nature**, United Kingdom, v. 360, n. 24, Nov. 1992. DOI: https://doi.org/10.1038/360024b0. Disponível em: https://www.nature.com/articles/360024b0#citeas. Acesso em: 04 nov. 2025.

MORADO, R**. Larousse da cerveja:** a história e as curiosidades de uma das bebidas mais populares do mundo. Rio de Janeiro: Alaúde, 2017.

MORI, C. de; MIRELLA, E. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da cevada**. Brasília: Embrapa, 2012. (Documentos, 139). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/969146/1/2012documentosonline139.pdf. Acesso em: 04 ago. 2025.

MOSCIANO, G. Organoleptic characteristics of flavor materials. **Perfumer & Flavorist**, United States, v. 31, p. 38-41, Nov./ Dec. 2006. Disponível em: https://img.perfumerflavorist.com/files/base/allured/all/document/2005/05/pf.PF_30_04_052_05.pdf. Acesso em: 04 nov. 2025.

MÜLLER, C. V. **O controle oficial de fraudes em cerveja no Brasil**: estudo de caso. 2018. 62 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Químicas e Biológicas) – Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/34125/1/2018_CarlosVitorM%c3%bcller.pdf. Acesso em: 04 nov. 2025.

MÜLLER, C. V.; GUIMARÃES, B. P.; GHESTI, G. F. O controle oficial de uso de adjuntos em cerveja no Brasil. **Revista Processos Químicos**, Anápolis, v. 15, n. 29, p. 69-81, jan./jul. 2021. DOI: https://doi.org/10.19142/rpq.v15i29.591. Disponível em: https://ojs.rpqsenai.org.br/index.php/rpq_n1/article/view/591. Acesso em: 04 nov. 2025.

MUXEL, A. A. **Química da cerveja**: uma abordagem química e bioquímica das matérias-primas, processo de produção e da composição dos compostos de sabores da cerveja. São Paulo: Blücher, 2022.

MUZZOLON, E. *et al*. Processamento da cevada para produção de malte: parâmetros de qualidade. *In*: VERRUCK, S. (org.). **Avanços em ciência e tecnologia de alimentos**. Guarujá: Científica Digital, 2021. v. 3, cap. 15, p. 204-225. *E-book*.

NEVE, R. A. **Hops**. London: Chapman and Hall, 1991.

NYHAN, L.; SAHIN, A. W.; ARENDT, E. K. Co-fermentation of non-Saccharomyces yeasts with *Lactiplantibacillus plantarum* FST 1.7 for the production of non-alcoholic beer.

European Food Research & Technology, Germany, v. 249, n. 1, p. 167-181, 2023. DOI: 10.1007/s00217-022-04142-4. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36466321/. Acesso em: 04 nov. 2025.

PALMER, J. **How to brew:** everything you need to know to brew great beer every time. 4. ed. Boulder: Brewers Publications, 2017.

PEREIRA, C. M. **Cerveja:** história e cultura. São Paulo: Editora Senac, 2021.

PIVA, R. C. *et al*. Manufacturing and characterization of craft beers with leaves from *Ocimum selloi* Benth, **Journal of Food Science andTechnol**ogy, Índia, v. 58, n. 11, p. 4403-4410, Nov. 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/s13197-020-04925-1. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34538923/. Acesso em: 08 jul. 2025.

READER'S DIGEST. **Alimentos saudáveis alimentos perigosos:** guia prático para uma alimentação rica e saudável. 2. ed. Rio de Janeiro: Reader's Digest, 2006.

REBELLO, F. de. F. P. Produção de cerveja. **Revista Agrogeoambiental**, Pouco Alegre, v. 1, n. 3, p. 145-155, 2009. DOI: https://doi.org/10.18406/2316-1817v1n32009224. Disponível em: https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/224. Acesso em: 08 jul. 2025.

REINOLD, M. R. **Manual prático de cervejaria**. São Paulo: Aden, 1997.

REITENBACH, A. F. **Desenvolvimento de cerveja funcional com adição de probiótico:** *Saccharomyces boulardii*. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/93745. Acesso em: 08 jul. 2025.

RIBEIRO, G. F. A. **Cerveja tipo Munich helles maturada em maravalhas de madeira de amburana (*Amburana cearensis*).** 2021. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2021. Disponível em: https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=11531392. Acesso em: 08 jul. 2025.

RODOVALHO, G. V. **Caracterização físico-química de cervejas gastronômicas com adição de alecrim ou ora-pró-nóbis**. 2023. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Nutrição, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2023. Disponível em https://monografias.ufop.br/bitstream/35400000/6355/4/MONOGRAFIA_Caracteriza%c3%a7%c3%a3oF%c3%adsico-qu%c3%admicaCervejas.pdf. Acesso em: 08 jul. 2025.

ROSALIN, J. P.; TEODORO, M. A. Agentes e aspectos da distribuição de cervejas especiais no estado de São Paulo: uso dos territórios e escalas regionais. **Geographia Opportuno Tempore**, Londrina, v. 5, n. 2, p. 122-139, 2019. DOI: https://doi.org/10.5433/got.2019.v5.37197. Disponível em https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/Geographia/article/view/37197. Acesso em: 08 jul. 2025.

ROTOLO, T. de M. S.; MARCUSSO, E. A cerveja no Brasil holandês: notas sobre a instalação da primeira cervejaria do Brasil. **Contextos da Alimentação**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 73-93, jul. 2019. Disponível em: http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistacontextos/wp-content/uploads/2019/07/108-06-pags-74-a-93.pdf. Acesso em: 08 jul. 2025.

SÁ, A. P. S. de. **Desenvolvimento de cerveja artesanal tipo ale com frutos de framboesa (*Rubus idaeus L.*)**. 2020. 48 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2020. Disponível em: https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=10325104. Acesso em: 08 jul. 2025.

SALMÓRIA, A. C. F. *et al*. **Produção de cerveja artesanal***:* um estudo de caso. 2017. 23 f. Trabalho de Qualificação do Projeto de Iniciação Cientifica Integrada (Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio) - Instituto Federal Catarinense, Araquari, 2017. Disponível em: http://quimica.araquari.ifc.edu.br/wp-content/uploads/sites/20/2018/12/TRABALHO-FINALPRODU%C3%87%C3%83O-DE-CERVEJA-ARTESANAL-UM-ESTUDO-DECASO.pdf. Acesso em: 08 jul. 2025.

SALMOS 91, versículo 4. *In*: A BÍBLIA Sagrada, Tradução João Ferreira de Almeida. São Paulo: Sociedade Bíblica Trinitariana do Brasil, c2013.

SCAPINELLO, J. *et al*. Aplicação de óleos essenciais em alimentos: uma revisão sobre desafios e perspectivas. **Acta Ambien Catarinense**, Chapecó, v. 21, n. 1, p. 1-20, , jan.-dez. 2024. DOI: https://doi.org/10.24021/raac.v21i1.7740. Disponível em: https://bell.unochapeco.edu.br/revistas/index.php/acta/article/view/7740. Acesso em: 08 jul. 2025.

SGORLA, A. F. Cervejeiros artesanais: recursos, percursos e empresarialização de si. **Política &Trabalho**, João Pessoa, n. 48, p. 21-37, jan./jun. 2018. Disponível em: https://periodicos.ufpb.br/index.php/politicaetrabalho/article/view/37813. Acesso em: 08 jul. 2025.

SHIBAKURA, J. T. **Compostos bioativos em cervejas comerciais com adição de frutas**. 2023. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2023. Disponível em: http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/31960/1/compostosbioativoscervejasfrutas.pdf. Acesso em: 08 jul. 2025.

SILVA, J. B. A. Cerveja. *In*: VENTURINI FILHO, W. G. (coord.).**Tecnologia de bebidas**. São Paulo: Edgar Blücher, 2005. cap. 15, p. 353.

SOLGAJOVÁ, M. *et al*. Effect of the addition of selected herbs on the technological and sensory quality of beer. **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**, Slovak Republic, v. 13, n. 6, p. e11012, Jun./Jul. 2024. DOI: 10.55251/jmbfs.11012. Disponível em: https://office2.jmbfs.org/index.php/JMBFS/article/view/11012. Acesso em: 04 nov. 2025.

SQUINELLO, D. C. *et al*. Preparo e caracterização de cerveja artesanal utilizando fruto e

plantas medicinais amazônicas. **Brazilian Journal Health Review**, Curitiba, v. 5, n. 6, p. 23263-23276, nov./dez. 2022. DOI: https://doi.org/10.34119/bjhrv5n6-116. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/54813. Acesso em: 08 jul. 2025.

SOUSA, W. J. B. **Análise físico-química de cervejas**. 2009. 56 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2009.

SWAIN, T.; HILLS, W. E. The phenolic constituents of *Punnusdomestica.Iquantitative* analysis of phenolics constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, United Kingdom, v. 19, n. 1, p. 63-68, Jan. 1959. DOI: http://dx.doi.org/10.1002/ jsfa.2740100110. Disponível em: https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.2740100110. Acesso em: 08 jul. 2025.

TOZETTO, L. M. **Produção e caracterização de cerveja artesanal adicionada de gengibre (*Zingiber officinale*).** 2017. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017. Disponível em: http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2451/1/PG_PPGEP_M_Tozetto%2C%20Luciano%20Moro_2017.pdf. Acesso em: 08 jul. 2025.

TRENTIN, L. S. *et al*. Production of special wheat malts on a pilot scale, beer production and characterization. **Research Society and Development,** Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 3, e3110312879, p. 1-11, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i3.12879. Disponível em: https://rsdjournal.org/rsd/article/view/12879. Acesso em: 08 jul. 2025.

TSCHOPE, E. C. **Microcervejarias e cervejarias:** a história, a arte e a tecnologia. São Paulo: Aden, 2001.

VENTURINI FILHO, W. G. (coord.). **Tecnología de bebidas**. São Paulo: Edgar Blücher, 2005.

VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas alcoólicas:** ciência e tecnologia. São Paulo: Blucher, 2010. v. 1.

VICARIA, G. B. **Cervejas Sour**: um potencial a ser explorado por grandes cervejarias? 2024 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Especialização em Tecnologia Cervejeira) – Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Araraquara, 2024. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/c0d93e84-f16d-4246-8299-a7ca6b6e0afb/content. Acesso em: 08 jul. 2025.

WANG, J.; JIANG, L.; SUN, H. Early evidence for beer drinking in a 9000-year-old platform mound in southern China. **PLoS ONE**, United States, v. 16, n. 8, e0255833, p. 1-20, Aug. 2021. Disponível em: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0255833. Acesso em: 08 jul. 2025.

WILLIAMS, A. Exploring the impact of legislation on the development of craft beer. **Beverages**, Switzerland, v. 3, n. 2, p. 1-16, Mar. 2017. Disponível em: https://www.mdpi.com/2306-5710/3/2/18. Acesso em: 08 jul. 2025.