



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Letícia Eiko Ichikava Ezawa

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE CERVEJA MANIPUEIRA

Florianópolis

2024

Letícia Eiko Ichikava Ezawa

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE CERVEJA MANIPUEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos do Centro, ou Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador(a): Prof.(a) Dr.(a) Vívian Maria Burin.

Florianópolis

2024

Ficha de identificação da obra

Ezawa, Leticia Eiko

Composição química de cerveja Manipueira / Leticia Eiko
Ezawa ; orientador, Vivian Burin, 2024.

50 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agrárias, Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos,
Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2. Cerveja . 3.
Composição química . 4. Manipueira. I. Burin, Vivian. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Ciência e Tecnologia de Alimentos. III. Título.

Leticia Eiko Ichikava Ezawa

Composição química de cerveja Manipueira

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos” e aprovado em sua forma final.

Florianópolis, 23 de novembro de 2024.

Profa. Vívian Maria Burin, Dra.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Profa. Vívian Maria Burin, Dra.
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Carmen Maria Oliveira Muller, Dra.
Universidade Federal de Santa Catarina
Avaliadora

Profa. Isabela Maia Toaldo Fedrigo, Dra.
Universidade Federal de Santa Catarina
Avaliadora

Este trabalho é dedicado à minha família.

AGRADECIMENTOS

Eu gostaria de agradecer a minha família, principalmente meus pais, Luiz Ezawa e Liliam Ezawa, que não só me deram incentivo e apoio em toda a minha trajetória acadêmica, mas também o amor incondicional de pais. Não poderia deixar de mencionar a minha irmã, que em vários momentos foi o meu acolhimento e sabedoria para a vida universitária. Aos meus amigos que fiz durante a faculdade, em especial a Karen que dividiu não só aulas, práticas de laboratório e provas, mas um cobertor em viagens de ônibus. Sem deixar de lembrar da Emma, minha amiga que me fez sentir saudades, da minha terrinha, todas as vezes. Quero agradecer também o meu amor, Momô, que de cartões postais, vídeos chamadas, madrugadas acordadas, se fez o mais presente nesse finalzinho, disparado foi meu maior incentivador como profissional. Além de todos da fábrica da cervejaria Kairós, que foi muito mais que parceiros nesse trabalho, foram minha segunda família, em especial ao Seu Cláudio e Fellipe, que estiveram na etapa mais importante da minha trajetória acadêmica.

E por fim, mas não menos importante, meus queridos professores do curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, colegas de laboratório do Biosense e a Universidade Federal de Santa Catarina, que fez de um sonho, realidade.

Se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes.

(Isaac Newton)

RESUMO

A cerveja é uma bebida fermentada, produzida a partir de água, malte, lúpulo, levedura e adjuntos cervejeiros, que por sua vez, estão sendo cada vez mais explorados na produção de cervejas artesanais. A inovação e originalidade das cervejas incentivam a busca por novos ingredientes, e nesse contexto surge a incorporação como adjunto cervejeiro da manipueira, líquido extraído do processamento da mandioca brava. O objetivo deste trabalho foi caracterizar a composição química da cerveja Manipueira produzida em Santa Catarina, além de avaliar a influência do tempo de maturação em barril de carvalho francês (1 e 2 anos). As cervejas foram avaliadas quanto ao pH, teor alcoólico (%v/v), acidez total, cor, polifenóis totais, atividade antioxidante e perfil de ácidos orgânicos. Os resultados encontrados neste trabalho, demonstram que a cerveja Manipueira apresentou composição físico-química de acordo com os parâmetros exigidos pela legislação brasileira, sendo o ácido lático o ácido orgânico majoritário. Neste sentido, esta cerveja pode ser classificada como uma cerveja ácida de coloração clara (<10 SRM). As cervejas Manipueira maturadas durante 1 e 2 anos em barril de carvalho francês apresentaram maior valor de polifenóis totais e atividade antioxidante, quando comparada a cerveja controle (sem contato com madeira). Os resultados deste estudo corroboram com o setor cervejeiro pela busca de um novo estilo de cerveja brasileiro, a Manipueira Selvagem, que apresenta características específicas do *terroir* brasileiro pela incorporação de um produto genuinamente brasileiro, como a manipueira.

Palavras-chave: Cerveja. Manipueira. Carvalho francês. Polifenóis.

ABSTRACT

Beer is a fermented beverage, produced from water, malt, hops, yeast, and brewing adjuncts, the latter of which are increasingly explored in craft brewing. The innovation and authenticity of craft beers encourage the search for new ingredients. In this context emerges the use of the *Manipueira* as a brewing adjunct: the liquid extracted from cassava processing. The objective of the present work was to characterize the chemical composition of the *Manipueira* beer brewed in Santa Catarina, as well as to evaluate the influence of aging duration on French oak barrels (1 and 2 years). The beers will be evaluated by pH, alcohol content, total acidity, color, total polyphenols, antioxidant activity and organic acid profiles. The results of the present work demonstrate that the *Manipueira* beer presented a physical-chemical composition in accordance with the parameters expected by Brazilian regulations, with Lactic acid being the main organic acid. Moreover, the beer can be classified as a light-colored beer (<10 SRM). The *Manipueira* beers that were aged for 1 and 2 years in a French oak barrel exhibited higher total polyphenol and antioxidant activity values, in comparison with the control-beer (no contact with wood). The results of this study support the brewing sector in the search for a new Brazilian beer style, the *Manipueira Selvagem*, that has specific characteristics of Brazilian *terroir*, with the use of a quintessentially Brazilian product as the *Manipueira*.

Keywords: Beer. Manipueira. French oak. Polyphenols.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Percentual de cervejarias nas diferentes regiões do Brasil no ano de 2023.

Figura 2 – Valores em litros de cerveja vendido no Brasil

Figura 3 - Fluxograma geral do processo de elaboração de cerveja.

Figura 4 - Malte moído utilizado para a produção de cerveja

Figura 5 - Etapa de mosturação do malte

Figura 6 - Estrutura da cevada

Figura 7 - Flor de lúpulo

Figura 8 - Estrutura dos cones de lúpulo

Figura 9 - Lúpulo comercial em formato de pellet

Figura 10 - Fluxograma geral da produção da cerveja Manipueira

Figura 11 - Interação dos compostos químicos do carvalho na bebida.

Figura 12 - Teor de polifenóis totais na cerveja Manipueira.

Figura 13 - Atividade antioxidante da cerveja Manipueira.

Figura 14 - Resultado da análise de cor (SRM) das cervejas Manipueira

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição química da manipueira

Tabela 2 - Composição química da cerveja

Tabela 3 - Composição de ácidos orgânicos na cerveja

Tabela 4 - Resultados das análises físico-químicas das cervejas Manipueira

Tabela 5 - Resultados do perfil de ácidos orgânicos (g/L) da cerveja Manipueira

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ABRACERVA - Associação Brasileira de Cerveja Artesanal

SINDICERV - Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja

SRM – *Standard Research Method*

EBC – *European Brewery Convention*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 OBJETIVO.....	16
2.1 Objetivo geral.....	16
2.2 Objetivos específicos.....	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
3.1 História da cerveja.....	17
3.2 Mercado cervejeiro.....	18
3.3 Processo de produção da cerveja.....	20
3.3.1 Principais matérias primas utilizadas na produção de cerveja.....	25
3.3.1.1 Água.....	25
3.3.1.2 Malte.....	25
3.3.1.3 Lúpulo.....	26
3.3.1.4 Levedura.....	28
3.3.1.5 Adjuntos cervejeiros.....	29
3.4 Produção da cerveja Manipueira.....	29
3.4.1 Composição da Manipueira.....	31
3.5 Conservação de cerveja em madeira.....	32
3.6 Composição química da cerveja.....	33
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	36
4.1 Material.....	36
4.1.1 Reagentes.....	36
4.1.2 Processo de produção da cerveja Manipueira.....	36
4.2 Métodos.....	37
4.2.1 Análise de pH.....	37

4.2.2 Teor alcoólico	37
4.2.3 Acidez total.....	37
4.2.4 Cor	37
4.2.5 Análise de polifenóis totais.....	38
4.2.6 Atividade antioxidante.....	38
4.2.7 Análise de ácidos orgânicos	38
4.3 Análise estatística	39
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.1 Análises físico-químicas	40
5.2 Perfil de ácidos orgânicos	41
5.3 Teor de polifenóis totais e atividade antioxidante	42
5.4 Caracterização da cor das cervejas.....	44
6 CONCLUSÃO.....	46
7 Revisão bibliográfica.....	47

1 INTRODUÇÃO

A cerveja é uma das bebidas de maior impacto econômico no Brasil, representa um mercado ativo e de grandes volumes no país, sendo o terceiro país do mundo com maior produção de cerveja (Brasil, 2023). Dados do mercado brasileiro do ano de 2023, demonstraram crescimento de 6,8% de novos registros de cervejarias no país, além do considerável número de rótulos registrados, com um aumento de 6,6% em comparação ao ano de 2022. A região Sudeste e Sul do Brasil são as que apresentam o maior número de cervejarias no país, sendo que o estado de Santa Catarina é a segunda unidade da Federação com maior número de cervejarias por habitante, com o alcance de um estabelecimento para cada 32.486 habitantes (Sindicerv, 2024).

O Estado de Santa Catarina apresenta um estilo próprio de cerveja, denominado de Catharina Sour, que representa o primeiro estilo brasileiro a ser incluído no guia de estilos *Beer Judge Certification Program* (BJCP). Neste sentido, visando a expansão do mercado brasileiro, o setor cervejeiro vem buscando desenvolver novos estilos de cervejas, que utilizam matérias primas brasileiras, a fim de criar um estilo genuíno e que represente o *terroir* do Brasil.

Neste contexto, na tentativa de criar um novo estilo de cerveja brasileira, foi desenvolvida a cerveja Manipueira Selvagem, que recebeu esse nome pelo seu ingrediente chave a manipueira, uma matéria prima brasileira. A Manipueira é o líquido extraído do processamento da mandioca brava, que representa um meio rico na diversidade de microrganismos, que atuam no processo de fermentação da cerveja. A utilização da manipueira na produção de cerveja tem como objetivo valorizar a biodiversidade brasileira, um dos diferenciais da cerveja artesanal do país. Este projeto de produção de uma cerveja selvagem, é uma parceria entre a Associação Brasileira de Cerveja Artesanal (ABRACERVA) e duas cervejarias, a Cozalinda de Florianópolis-SC, e a Zalaz, de Paraisópolis-RJ (ABRACERVA, 2024).

Cabe destacar que até o momento poucos são os estudos da composição química da cerveja manipueira, assim como não há dados da evolução da composição ao longo do armazenamento da cerveja. Neste contexto, a caracterização desta cerveja impacta o mercado cervejeiro nacional, pois aporta informações da composição química da cerveja Manipueira, contribuindo para o desenvolvimento de um novo estilo de cerveja brasileiro.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho foi caracterizar a cerveja elaborada com adição de manipueira e avaliar a influência do tempo de armazenamento em barril de carvalho francês na composição química da cerveja.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a influência do tempo de maturação da cerveja por um período de 1 e 2 anos em barril de carvalho francês quanto a composição físico-química, polifenóis totais, atividade antioxidante.
- Comparar a evolução da composição química da cerveja maturada em carvalho francês durante 1 e 2 anos com a cerveja elaborada sem maturação.
- Identificar os ácidos orgânicos presentes nas cervejas maturadas em barril de carvalho e comparar com a cerveja sem maturação.
- Colaborar para difusão de estilos brasileiros e fortalecimento da cultura cervejeira nacional.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 História da cerveja

O homem se tornou caçador-coletor a partir do domínio do plantio, assim desenvolveu técnicas de agricultura, com a finalidade de armazenar, conservar e transformar os cereais em alimentos. O cultivo e manejo dos grãos, se transformou em uma das eras mais importantes para os alimentos e bebidas fermentadas, trazendo o pão e a cerveja como grandes criações da época (Muxel, 2018).

"Ninkasi, é você quem prepara a massa com uma grande pá, misturando, em um fosso, o pão de cerveja com doces aromáticos", trecho do poema que louva à Deusa suméria da cerveja, mencionando de forma poética a criação do pão de cerveja da época, bebida produzida a partir do malte, levedura e água com fermentação (Warner, 2024). Após os primeiros registros na região da Mesopotâmia, do consumo e produção do pão de cerveja, a produção da bebida apresentou expansão com o passar do tempo, principalmente no território da Suméria. Seus conquistadores da época, como Hammurabi e Nabucodonosor, foram os principais responsáveis por esta disseminação da elaboração da cerveja, o qual pode ser evidenciado em diversos registros em santuários, túmulos, retratos e esculturas (Muxel, 2018).

Não existem registros que comprovem que a cerveja europeia tem descendência da Mesopotâmia, então é denominado o surgimento dessa bebida na Europa, como independente e espontânea (Muxel, 2018). De forma geral, a cerveja foi considerada um alimento pela população europeia por muito tempo, devido a presença de nutrientes na composição e com isso garantir a saúde e nutrição dos consumidores (Oliver, 2012).

Com a consagração da cerveja como alimento, esta ganhou imponência e a misticidade pela falta de conhecimento dos microrganismos na sua formulação, despertou engajamento para os estudiosos, que pertenciam aos mosteiros da época, elevando o patamar de não apenas nutrir a população, mas também surgiu como forma de pagamento, escambos e até crença (Pereira, 2021).

Como a Idade Média é caracterizada pelo catolicismo, e a força dos mosteiros era de grande influência para a época, a cerveja estudada pelos monges, ganhou volume na sua produção e novas técnicas de preparo surgiram, dando continuidade para a nova era, A Revolução Industrial. A Revolução Industrial foi um marco muito importante para a cerveja, devido ao avanço tecnológico mercantil, mecanizando e acelerando o processo de fabricação da cerveja, expandindo o conhecimento para além dos religiosos e transformando a bebida com características de melhor qualidade (Morado, 2017; National Geographic Brasil, 2023).

Com o passar do tempo houve um aprimoramento no processo produtivo da bebida, e a cerveja passou a apresentar maior estabilidade durante o armazenamento, o que levou a difusão da bebida no mundo. E não foi diferente com o Brasil, já que a cerveja foi trazida pela Companhia das Índias Orientais, no século XVII, pelos holandeses que produziam e consumiam cerveja na época, em 1640 uma das primeiras cervejarias foi aberta em Recife, porém não se tem relatos de prosperidade (Morado, 2017).

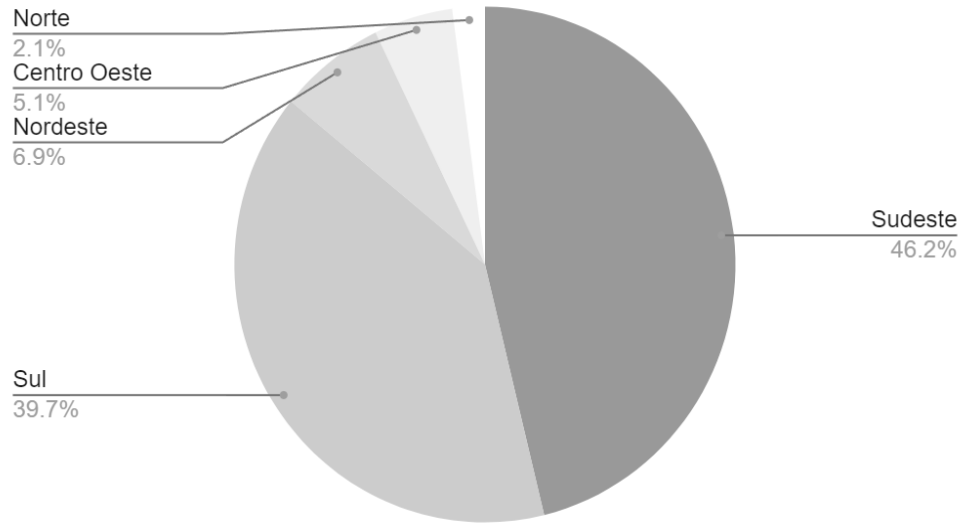
A popularização e concretização da cerveja no Brasil se deu a partir do século XIX, com a chegada de D. João VI e da família real portuguesa. Nessa época, importava-se cerveja da Europa, e foi apenas em 1888 que foi fundada no Rio de Janeiro a primeira fábrica de Cerveja Brahma Villiger & Cia. Em seguida, outras empresas de grande porte e conhecidas em todo Brasil surgem, como em São Paulo a Antártica em 1889, em 1966 a Cerpa no Pará, entre 1970 e 1980 surgem também as fábricas da Skol, Kaiser e Schincariol. No ano de 1999 houve a fusão da Antártica com a Brahma, criando uma das empresas que mais engloba marcas de cervejas tradicionais e inovadoras no Brasil, a AmBev (Pimenta *et al.*, 2020; Morado, 2017).

3.2 Mercado cervejeiro

O Brasil é o terceiro maior produtor de cerveja do mundo, estando apenas atrás da China e Estados Unidos, como mostram os dados da empresa de mercado *Euromonitor International*, para o Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja - Sindicerv (Brasil, 2023). Neste contexto, o mercado cervejeiro no Brasil exerce forte contribuição para a economia do país. Dados do mercado brasileiro do ano de 2023, demonstram crescimento de 6,8% de novos registros de cervejarias no país, além do considerável número de rótulos registrados, com um aumento de 6,6% em comparação ao ano de 2022, se tornando novamente a bebida com maior número de registros no Brasil. A tendência deste mercado é aumentar mais esses indicadores no ano de 2024 (MAPA, 2024).

A região Sudeste e Sul do Brasil são as que apresentam o maior número de cervejarias no país, conforme mostra a Figura 1, sendo que o estado de Santa Catarina é a segunda unidade da Federação com maior número de cervejarias por cidadão, com o alcance de um estabelecimento para cada 32.486 habitantes (Anuário da Cerveja, 2024).

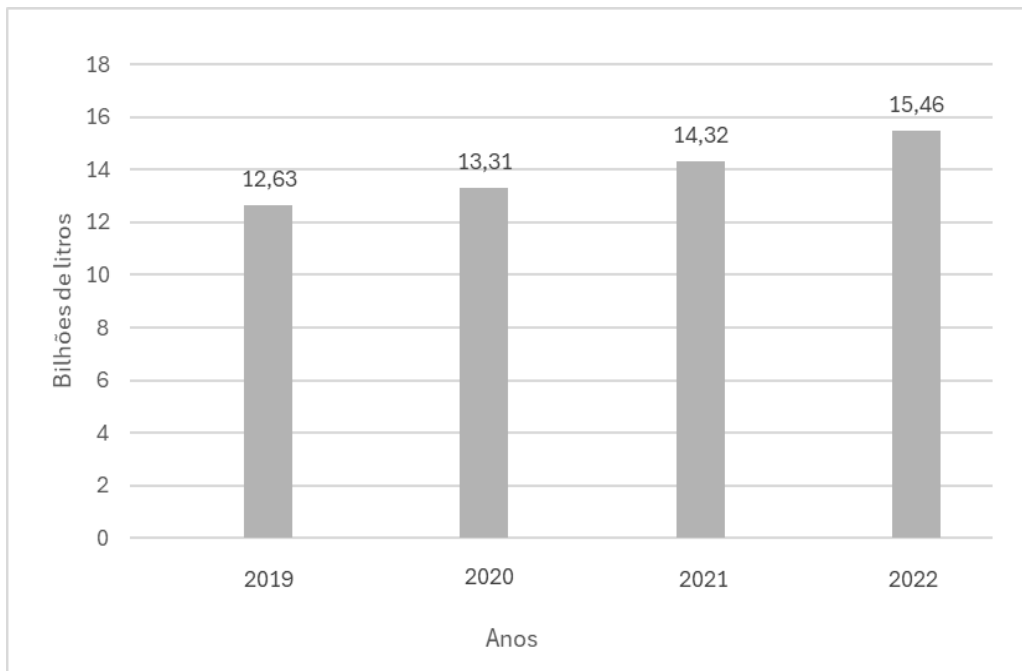
Figura 1 - Percentual de cervejarias nas diferentes regiões do Brasil no ano de 2023.



Fonte: adaptado do Ministério da Agricultura e Pecuária (2023).

Em 2021, o Brasil apresentou venda anual no patamar de 14,3 bilhões de litros, representando um crescimento de 7,4% sobre 2020 (Figura 2) que, por sua vez, já havia representado um crescimento de 5,4% em relação ao ano de 2019 (Silveira, 2022).

Figura 2 - Valores em litros de cerveja vendido no Brasil



Fonte: adaptado do Euromonitor International (2022).

3.3 Processo de produção da cerveja

A cerveja pode ser definida como uma bebida resultante do processo de fermentação alcoólica de extratos obtidos por cozimento de um cereal maltado e germinado. A composição da cerveja de modo geral predomina em torno de 91% de água, sendo que os 9% da composição restante é dividida em malte, cevada, lúpulo e fermento (Muller, 2002). Esta composição está de acordo com a Instrução Normativa N°65, de 6 de agosto de 2019, que define a composição da cerveja em água potável, malte ou extrato de malte e lúpulo ou extrato de lúpulo (Brasil, 2019).

Cabe ressaltar que em 1516, o Duque Guilherme IV promulgou a “lei da pureza alemã” (*Reinheitsgebot*), que determinava que a cerveja devesse ser produzida apenas a partir de cevada, lúpulo e água. Posteriormente foi incluída a levedura. A lei excluía a utilização de outros cereais ou quaisquer adjuntos (Silva; Leite; Paula, 2016). Assim, as primeiras cervejas produzidas não apresentavam as mesmas características das cervejas produzidas atualmente. Inicialmente as cervejas eram escuras, turvas, amargas, com teor alcoólico de 10% (v/v), baixa carbonatação e com pouca quantidade de espuma (Standage, 2005; Pimenta *et al*, 2020). Com a ampliação da produção de cerveja no mundo houve uma exploração de ingredientes coadjuvantes para singularizar a cerveja de cada país ou empresa. De acordo com a Instrução Normativa N° 65 de 2019, ingredientes opcionais da cerveja são os adjuntos cervejeiros, reconhecidos como: ingredientes de origem animal, vegetal ou outros ingredientes aptos para consumo humano, leveduras, microrganismos fermentativos e o dióxido de carbono (Brasil, 2019).

O processo de produção de cerveja é resultado de inúmeras etapas que compreendem a moagem, mosturação, filtração do mosto, fervura, *whirlpool*, resfriamento, fermentação, maturação, clarificação, envase e pasteurização (Sanci, 2022), conforme demonstrado na Figura 3.

Figura 3 - Fluxograma geral do processo de elaboração de cerveja.



Fonte: autora (2024).

O processo de produção inicia com a moagem do malte, o qual é uma etapa muito importante pois ocorrem as primeiras transformações físico-químicas da matéria prima. Inicialmente o malte é moído em moinhos de rolos onde ocorre a desintegração total do endosperma com rompimento da casca, conforme observado na Figura 4. Nesta etapa o amido presente no grão torna-se disponível, a fim de ser transformado em açúcares fermentescíveis. Cabe destacar que nesta etapa deve-se preservar as cascas do malte, pois estas podem ser utilizadas como elemento filtrante durante o processamento (Venturini Filho, 2016).

Figura 4 - Malte moído utilizado para a produção de cerveja



Fonte: autora (2024).

O malte moído é submetido a etapa de mosturação ou brassagem, que de modo simplificado é o processo de mistura do malte com água em temperatura controlada, conforme demonstrado na Figura 5. Neste processo ocorre a solubilização de compostos presentes no malte, com auxílio tanto das enzimas presentes no meio como também de fatores relacionados ao processo como temperatura, tempo de contato, grau de acidez, que possibilitam a gomificação e hidrólise do amido em açúcares (Venturini Filho, 2016). O equipamento utilizado na mosturação é uma tina de filtração em inox, que consiste em agitadores, discos filtrantes, fundo com ranhuras, bomba centrífuga e isolamento térmico (Figura 5).

Figura 5 - Etapa de mosturação do malte



Fonte: autora (2024).

De modo geral, o malte é submetido ao aquecimento controlado por determinado tempo (rampas de temperatura) a fim de ativar as enzimas do malte (proteases e amilases). No final desta etapa obtém-se o mosto cervejeiro, que ao final do processo é filtrado pela passagem em tina de filtração, onde está depositado a casca do malte que atua como elemento filtrante, permanecendo dentro do tanque a parte sólida denominada de bagaço. A fim de otimizar a extração de compostos e aumentar o rendimento do processo, o bagaço é enxaguado com água a temperatura de 75°C (Silvello, 2019; Venturini Filho, 2016).

A etapa de fervura do malte é realizada em tanque de inox e apresenta diferentes objetivos como a eliminação de microrganismos contaminantes presentes no meio, que podem prejudicar tanto o rendimento, quanto a qualidade da cerveja como também obter a quantidade de açúcar ideal para a fermentação. Quando inicia o processo da fervura é introduzido o lúpulo no mosto, assim como faz-se às correções, quando necessário, da concentração de açúcar do mosto, da acidez, entre outros parâmetros dependendo do estilo da cerveja (Silvello, 2019; Dias, 2020).

Após a fervura, os sólidos em suspensão provenientes dos complexos formados (*trub*), são eliminados por decantação forçada (*whirlpool*) ou de forma natural (tanque de sedimentação). Logo após esse processo ocorre o resfriamento do mosto, que pode ser realizado por trocadores de calor de placas, até a temperatura ideal para a fermentação (Sanci, 2022).

O mosto é submetido ao processo de fermentação alcoólica onde ocorre a conversão do açúcar em etanol e produção de gás carbônico por ação de leveduras em condições anaeróbicas (Aquarone *et al*, 2008). A espécie de levedura utilizada no processo fermentativo pode variar conforme a escolha de estilo da cerveja, podendo ser de alta fermentação, utilizando temperaturas que variam de 18 a 25°, ou baixa fermentação, utilizando temperaturas que variam de 8 a 14° (*Science of Beer Institute*, 2024). Cabe ressaltar que dependendo do estilo de cerveja, também ocorrem outras fermentações a partir de leveduras de gêneros não-*Saccharomyces* ou de bactérias, que podem desenvolver no produto final diferentes substâncias voláteis (ésteres, monoterpenos, fenóis, ácidos orgânicos) que influenciam nas características sensoriais da cerveja (Almeida, 2021).

Finalizado o processo fermentativo, inicia-se a etapa de maturação da cerveja, a qual pode ser definida como uma segunda fermentação, que pode variar de semanas a meses, dependendo do estilo da cerveja. Como o principal objetivo desta etapa é melhorar o sabor e o aroma da cerveja, pode-se realizar durante o período de maturação a saturação do meio com gás carbônico, a fim de manter a cerveja em estado reduzido para evitar oxidação, precipitação de substâncias insolúveis que causam a turbidez e reduzir ou eliminar os compostos que podem ser indesejáveis a cerveja como diacetil, acetaldeído e ácido sulfídrico (Aquarone *et al.*, 2008).

A etapa de clarificação é considerada um processo acessório para a cerveja, pois não é obrigatório. A principal função é conferir limpeza à cerveja, visando a eliminação de leveduras, partículas coloidais dos complexos proteínas-polifenóis e outros sedimentos insolúveis no meio. Cabe ressaltar que dependendo do estilo da cerveja a alta turbidez do meio é desejável, por exemplo em alguns estilos de cerveja como *South German-Style Hefeweizen*, *German-Style Leichtes Weizen*, *Bamberg-Style Weiss Rauchbier* e *Fruit Wheat Beer* (*Brewers Association Beer Styles*, 2023).

Uma vez finalizado o processo produtivo ocorre o envase da cerveja que pode ser por engarrafamento, enlatamento ou embarrilamento. O tratamento térmico de pasteurização é considerado um processo acessório da produção de cerveja, e quando realizado é representado pela pasteurização, destruição biológica pelo calor, na maioria dos casos em temperaturas de 60 °C em um período de 1 minuto (Venturini, 2010).

3.3.1 Principais matérias primas utilizadas na produção de cerveja

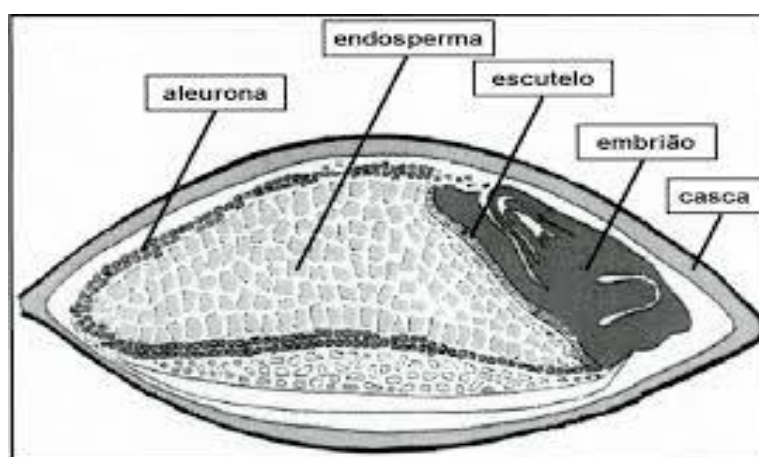
3.3.1.1 Água

O ingrediente principal em volume na produção cervejeira é a água potável, o qual representa mais de 90% da composição final da cerveja. De modo geral utilizam-se aproximadamente 5 litros de água para produzir 1 litro de cerveja. Água potável é caracterizada como um insumo que não causa riscos à saúde humana ao ser ingerido e deve apresentar padrões de potabilidade estabelecidos pela RDC N° 664, de 30 de março de 2022 (Brasil, 2022). Cabe ressaltar que a composição da água utilizada no processo de fabricação da cerveja, influencia na qualidade da cerveja principalmente no sabor, no desempenho da levedura, na percepção do malte e do lúpulo (Horn, 2016).

3.3.1.2 Malte

A cevada é o cereal cultivado mais antigo utilizado na produção de cerveja, representando aproximadamente 95% do malte produzido no Brasil, destinado à indústria cervejeira (Embrapa, 2024). A morfologia do grão de cevada é composta por casca, aleurona, endosperma e embrião, conforme demonstrado na Figura 6.

Figura 6 - Estrutura da cevada



FONTE: Agrária (2024)

A cevada é o principal cereal malteado utilizado na produção de cerveja. O processo de obtenção do malte compreende diferentes etapas: maceração, onde o grão é submerso em água e permanece durante 3 a 5 dias em temperatura controlada de 10 a 12°C para desenvolvimento do grão; a etapa de germinação que faz a transformação do amido em açúcares, pela ação de

enzimas que foram ativas durante este processo; a etapa de secagem que reduz a umidade do grão entre 8 a 12 %; e a etapa de torrefação, onde o grão é submetido a temperatura entre 70 a 95°C, durante 3 a 5 minutos, originando maltes claros e escuros, respectivamente. O cereal é denominado de malte após a sua secagem e torrefação agregando sabor, aroma e cor (Sanci, 2022).

Existem duas nomenclaturas específicas para classificar o malte, os maltes base e maltes especiais, que agrupa o tipo do grão pela qualidade e a intensidade da torrefação, a qual influencia diretamente no aroma, cor e sabor da cerveja. Maltes bases são os maltes utilizados individualmente, sem a necessidade de misturar outras variedades, pois possuem ação enzimática suficiente para transformar os açúcares do mosto em etanol, como por exemplo o malte *Pilsen*, malte *Pale*, malte *Munique* e malte *Vienna*. Maltes especiais englobam os maltes caramelo, torrados e defumados, onde são misturados em grandes quantidades nos maltes base, trazendo características marcantes de intensidade no aroma e sabor (Escola Superior de Cerveja e Malte, 2024).

3.3.1.3 Lúpulo

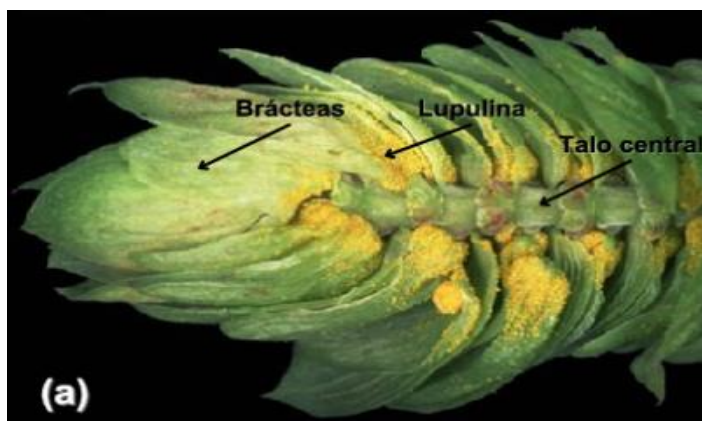
O Lúpulo (*Humulus Lupulus Linnaeus*) é uma trepadeira perene, pertencente à família *Cannabaceae*, que produz flores ou cones, conhecidos como lúpulo. São as flores da planta trepadeira, conforme mostrado na Figura 7, chamadas de lúpulo, que são utilizadas na fabricação de cerveja. A Figura 8 demonstra um corte transversal dos cones de lúpulo que apresentam na sua estrutura brácteas, lupulina e talo central (Steve, 2004). O lúpulo foi relatado pela primeira vez por uma alemã, *Hildegard von Bingen*, uma monja beneditina, que escreveu no livro *Physicasive Subtitatum* sobre a utilização do lúpulo na fabricação de cerveja, apenas com o objetivo de conservação. Atualmente o lúpulo é utilizado na produção de cerveja, não somente para conservar, mas também, para dar sabor e aroma às cervejas (Faghrazzi *et al.*, 2017).

Figura 7- Flor de lúpulo.



Fonte: Nassam (2023).

Figura 8 - Estrutura dos cones de lúpulo



Fonte: Adaptado de Stevens e Page (2004).

Nas glândulas de lupulina (Figura 8) são encontradas as substâncias químicas de interesse para a produção de cerveja, como as resinas, os polifenóis e os óleos essenciais. As resinas são constituídas de uma mistura de α -ácidos (humulonas) e β -ácidos (lupulonas) e se referem à fração mais importante das resinas do lúpulo, pois é onde se encontram os ácidos de responsáveis pelo amargor (Durello *et al.*, 2019).

A incorporação do lúpulo na cerveja pode ser feita sob diferentes formas, com o uso das próprias inflorescências, na forma de *pellets* ou granulado, assim como na forma líquida como extrato de lúpulo (Rodrigues *et al.*, 2015). Dentre estes, o lúpulo em pellet (Figura 9) é

usualmente utilizado pelos cervejeiros pela facilidade de armazenar, por conferir compostos aromáticos e pela tendência de menor oxidação (World Brewing Congress, 2016).

Figura 9 - Lúpulo comercial em formato de pellet



Fonte: autora (2024).

O lúpulo é normalmente adicionado no final do processo de fervura do mosto ou na etapa de *whirlpool* (lupulagem tardia), ou então na forma de *dry hopping* (durante a etapa de maturação da cerveja) para evitar as perdas dos compostos voláteis presentes nos óleos essenciais por ação do calor (Durello; Silva; Bogus, 2019).

3.3.1.4 Levedura

A transformação do mosto cervejeiro em etanol é realizada pela ação de leveduras *Saccharomyces*, responsáveis pelo processo de fermentação alcoólica (EMBRAPA, 2022). Existem 2 tipos de leveduras utilizadas na produção de cerveja que podem ser classificadas como: *i*) leveduras *Ales*, que são as *Saccharomyces Cerevisiae*; *ii*) leveduras *Lager*, que são as *Saccharomyces Bayanus* e a levedura híbrida natural *Saccharomyces Patorianus*, dada por cruzamento da *Saccharomyces Cerevisiae* e a *Saccharomyces Bayanus* (Oliver, 2020).

Além de leveduras *Saccharomyces*, também tem sido utilizado na fabricação de cervejas, leveduras não convencionais, dentre estas, as de maior destaque são do gênero *Brettanomyces*, essenciais para a produção cervejas como as *Lambics*, *Gueuzes* e outras cervejas ácidas belgas, que conferem à cerveja descritores que remetem a couro, fazenda e caprino, fenólicos, entre outros (*Brewers Association Beer Styles*, 2023).

3.3.1.5 Adjuntos cervejeiros

A Legislação Brasileira, IN 65 de 2019 define os ingredientes opcionais, denominados de adjuntos cervejeiros, que podem ser adicionados no processo de produção da cerveja como ingredientes de origem animal, vegetal ou outros ingredientes aptos para consumo humano (Brasil, 2019). Cabe ressaltar que a adição de adjuntos na fabricação de cervejas justifica-se em diferentes estilos que buscam atributos sensoriais específicos na cerveja. Assim, a composição adjunta é o que dá aroma e sabor característico de um determinado estilo de cerveja, sendo que a seleção de cada ingrediente e seus *blends*, são o que categoriza o produto final.

Com a ampliação da produção de cerveja no mundo houve uma exploração de ingredientes coadjuvantes para singularizar a cerveja de cada país ou empresa. Como alguns exemplos dessas transformações, estão as cervejas dos estilos *Catharina Sour*, *Fruit Wheat Beer* ou *Chocolate/Cocoa Beer* que se utilizam frutas para sua fabricação; incorporação de aroma de defumação na cerveja, de acordo com o estilo *Smoke Beer*; como também a adição de vegetais na cerveja, conforme os estilos *Chilli Pepper Beer*, *Pumpkin Spice Beer*, *Pumpkin Squash Beer* (*Brewers Association Beer Styles*, 2023).

Neste contexto, o Brasil atualmente vem desenvolvendo uma cerveja elaborada com o líquido obtido do processo de fermentação da mandioca brava, denominado de manipueira, buscando desenvolver um estilo genuinamente brasileiro, denominado “Manipueira Selvagem” (ABRACERVA, 2024).

3.4 Produção da cerveja Manipueira

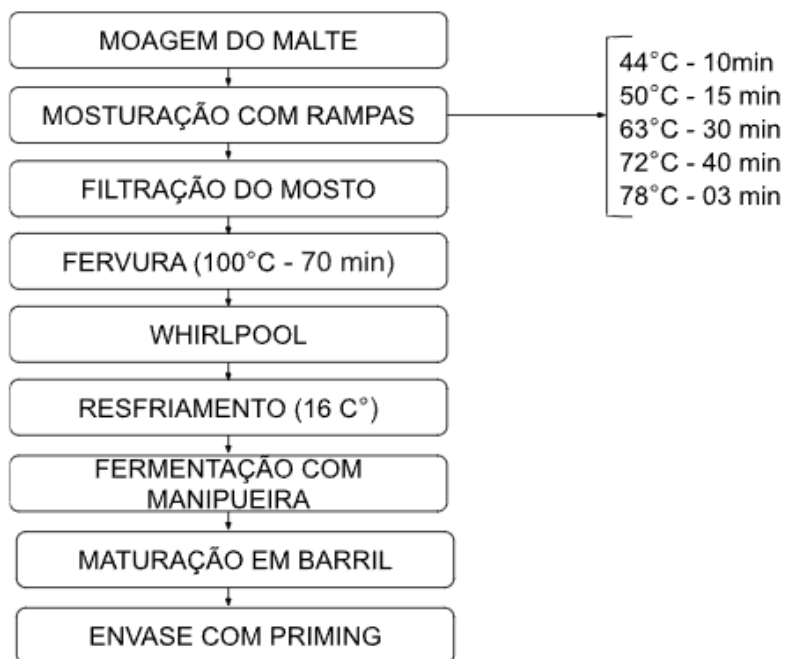
O desenvolvimento da cerveja Manipueira foi idealizado pelas cervejarias Cozalinda e Zalaz junto com a Associação Brasileira de Cerveja Artesanal (ABRACERVA, 2024) com o objetivo de produzir uma cerveja com expressão do *terroir* brasileiro. Neste contexto, busca-se o desenvolvimento de um novo estilo de cerveja genuinamente brasileiro. A partir desta idealização, surgiu a elaboração de uma cerveja, inspirada no *Cauim*, que é uma bebida fermentada feita pelos indígenas a partir da fermentação da mandioca, caju, milho e outros vegetais (Noelli *et al.*, 1998). Assim, a inspiração da receita da cerveja foi a partir do *Cauim* de mandioca, denominado pelos povos originários de *caxiri* de *cauim macaxeira* ou *aipigig*, que recebeu adaptações na formulação para a produção da cerveja manipueira (Instituto Federal São Paulo, 2023). O diferencial da produção deste novo estilo de cerveja brasileiro é a utilização do líquido da mandioca brava, como fonte de microrganismos para a fermentação, e não somente

como um adjunto do mosto, prolongando assim o tempo do processo fermentativo em conjunto com a etapa de maturação para aproximadamente 1 ano (Silva, 2023).

Assim, para a produção desta cerveja é utilizado o líquido proveniente da fermentação da mandioca brava, denominado de manipueira, que é um subproduto do processo de fabricação da farinha de mandioca brava ou pela introdução da mandioca mansa em sua composição, como responsável por conferir os microrganismos necessários para o processo de fermentação. O produto resultante é uma cerveja denominada como selvagem, ácida, maturada em barril, geralmente de carvalho francês ou americano, que devido processo lento de fermentação (cerca de um ano), pode permanecer em contato com o barril durante anos (ABRACERVA, 2024).

A Figura 10 apresenta um esquema geral do processo de fabricação da cerveja Manipueira, que consiste basicamente nas mesmas etapas do processo de produção de cerveja demonstrado na Figura 3, com algumas modificações. Dentre estas, na etapa de mosturação é realizado rampas específicas de aquecimento, como também o processo de fermentação alcoólica do mosto ocorre em barris de carvalho, sendo nesta etapa realizada a adição da manipueira. Também, pode ser realizada uma segunda fermentação em garrafa pela adição de uma solução de açúcar no momento do envase (*priming*) com o intuito de fornecer carbonatação a cerveja (Kairós, 2024).

Figura 10 - Fluxograma geral da produção da cerveja Manipueira.



Fonte: adaptado da cervejaria Kairós (2024).

3.4.1 Composição da Manipueira

A manipueira apresenta na sua composição química nitrogênio, potássio, fósforo, magnésio, sódio e cálcio conforme mostrado na Tabela 1, independente se a mandioca é da espécie amarela ou branca (Ferreira *et al.*, 2001).

Tabela 1 - Composição química da manipueira.

Nutrientes	Manipueira de Mandioca Branca (kg/m ³)	Manipueira de Mandioca Amarela (kg/m ³)
Nitrogênio	3,42	1,35
Potássio	3,09	1,69
Fósforo	0,70	0,51
Magnésio	0,60	0,38
Sódio	0,46	0,29
Cálcio	0,19	0,16
pH	6,30	6,15

Fonte: adaptado (Ferreira *et al.*, 2001).

Além desses compostos, é importante ressaltar que a manipueira contém teores variados de glicosídeos cianogênicos, em específicos os lotraustanina, β -glicosídeos de acetona cianidrina, β -glicosídeo de etil-metil-cetona-cianidrina e em maior concentração a linamarina. Estes compostos estão envolvidos na formação do ácido cianídrico e cianeto livre, substâncias de caráter tóxico para seres humanos (Nasu, 2008). Neste sentido, a utilização da manipueira para fins alimentícios, precisa ser submetida por um processamento antes de ser utilizada visando eliminar os compostos tóxicos. A literatura demonstra que o processo de fermentação ou cocção da manipueira reduz significativamente os teores de cianeto total e livre no meio tornando a manipueira segura para consumo humano (Campos *et al.*, 2016).

3.5 Conservação de cerveja em madeira

Pesquisas têm demonstrado a crescente busca por produtos inovadores, e neste sentido, a indústria cervejeira tem inovado na elaboração de cervejas com a utilização de madeira em diferentes formas, como chips, lascas e barris, assim como em diferentes etapas do processamento (Wyler, 2016).

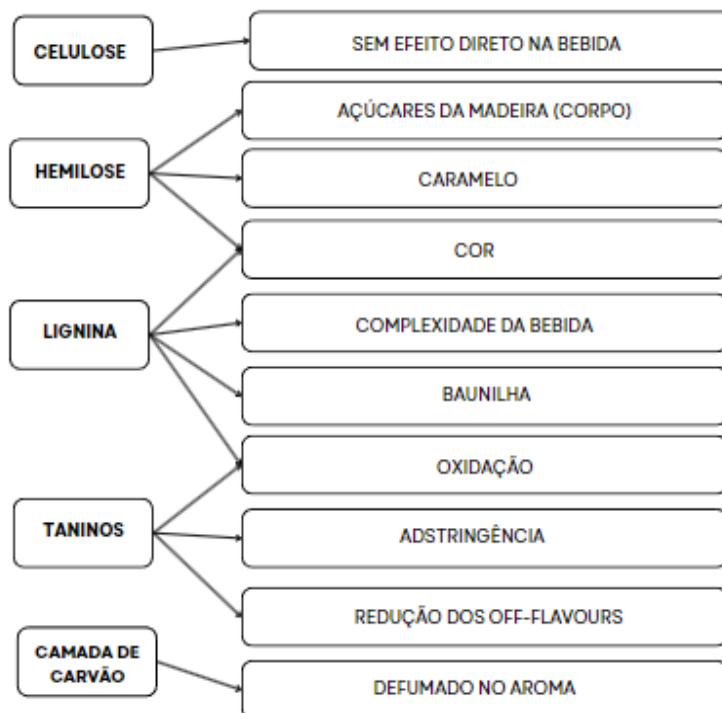
A escolha do tipo de madeira e grau de tosta, assim como a escolha de madeira de primeiro uso ou que já foi previamente utilizada na elaboração de bebidas, está principalmente atrelada ao estilo da cerveja, assim como com as características de sabor e aroma que se deseja no produto final (Angeloni, 2016). Durante o contato da cerveja com a madeira, ocorrem diferentes reações químicas como, extração de compostos voláteis e polifenóis da madeira, decomposição e esterificação das ligninas da madeira, reações que envolvem apenas os extrativos da madeira, evaporação de compostos voláteis e micro oxigenação que otimiza as reações de polimerização e condensação dos taninos (Wyler, 2016).

A transformação da composição da cerveja quando em contato com madeira, ocorre por meio da adsorção de compostos presentes na madeira devido à extração alcoólica e solubilização. A intensidade da migração dos compostos da madeira para a cerveja é dependente do tipo de madeira utilizada, ou seja, espécie, local de origem e processo de fabricação do barril. Os poros dos barris de madeira permitem que ocorram trocas entre o meio interno (bebida) e o meio externo (ambiente), desta forma ocorre o processo de micro oxidação da bebida com passagem de oxigênio durante o tempo de envelhecimento no barril, conferindo a formação de um buquê aromático na bebida (Leão, 2006; Silvello, 2019).

Diferentes tipos de madeiras podem ser utilizados na elaboração de bebidas, como carvalho francês, carvalho americano, amburana, castanheira, entre outras. Com relação a

produção de cervejas, barris de carvalho, são principalmente utilizados, e na sua composição química apresentam celulose, hemicelulose, lignina, taninos e uma pequena quantidade de lipídios que irão interagir de modo específico na bebida, como demonstrado na Figura 11 (Angeloni, 2016).

Figura 11 - Interação dos compostos químicos do carvalho na bebida.



Fonte: Adaptado de Angeloni (2016).

3.6 Composição química da cerveja

A cerveja possui diferentes compostos químicos que se derivam tanto da matéria prima utilizada na fabricação como também compostos originados durante as reações químicas e bioquímicas desenvolvidas no decorrer do processo cervejeiro (Tabela 2) (Muxel, 2022).

Tabela 2 - Composição química da cerveja

Compostos	Concentração	Fonte
Água	90-94%	-
Etanol	3-5% v/v	Malte, levedura
Carboidratos	1-6% m/v	Malte
Dióxido de carbono	3,5-4,5 g/L	Malte, levedura
Sais inorgânicos	500-4000 mg/L	Água, malte
Nitrogênio total	300-1000 mg/L	Malte, levedura
Ácidos orgânicos	50-250 mg/L	Malte, levedura
Álcoois superiores	100-300 mg/L	Malte, levedura
Aldeídos	30-40 mg/L	Lúpulo, malte
Ésteres	25-40 mg/L	Lúpulo, malte, levedura
Compostos de enxofre	1-10 mg/L	Lúpulo, malte, levedura
Derivados do lúpulo	20-60 mg/L	Lúpulo
Vitaminas do complexo	5-10 mg/L	Levedura, malte

Fonte: adaptado de Buiatti (2009) e Stewart; Riest (2006)

A cerveja apresenta em sua composição micro e macronutrientes. Os principais micronutrientes são os minerais como potássio, fósforo, magnésio, cálcio e sódio e as vitaminas, com destaque para as do complexo B (B1, B2, B5). Com relação aos macronutrientes da cerveja, o carboidrato é o majoritário e representa aproximadamente 90% dos sólidos totais do mosto, sendo sua principal fonte o malte. Os carboidratos são os substratos do processo de fermentação alcoólica para obtenção de etanol (Rosa; Afonso, 2014).

O álcool etílico é o subproduto mais importante da fermentação da cerveja, e seu teor pode variar conforme o estilo da cerveja, como por exemplo as cervejas do estilo belga que são popularmente conhecidas pelo teor mais elevado de álcool, como as *Belgian Tripel* com aproximadamente 14% de etanol (v/v) (Muxel, 2022). Além do etanol, outros compostos também são formados durante o processo fermentativo, como as substâncias voláteis. Dentre os principais voláteis presentes nas cervejas e que impactam no perfil sensorial, estão diversos álcoois alifáticos e aromáticos, ésteres, ácidos, compostos carboxílicos, fenóis voláteis, substâncias terpênicas, entre outros (Rosa; Afonso, 2014).

Os ácidos orgânicos são produtos metabólicos ou intermediários, que são excretados pelas células de levedura, durante a fermentação. Os ácidos mais abundantes encontrados na composição da cerveja, são os ácidos acético e lático. A concentração destes ácidos está relacionada ao estilo de cerveja, quando o teor desses ácidos ultrapassa 1g/L de ácido acético e 3g/L de ácido lático na cerveja, ela conseqüentemente se tornará uma bebida mais ácida, com pH de aproximadamente 3, definindo assim a cerveja como ácida. Outros ácidos orgânicos

podem ser encontrados na cerveja, como demonstrado na Tabela (3). E assim, trazem a acidez para o meio e contribuem para o sabor e aroma da bebida quando em quantidades elevadas, podendo ser negativa ou positivamente os atributos de aroma e sabor encontrados (Muxel, 2022).

Tabela 3 - Composição de ácidos orgânicos na cerveja.

Ácido	Concentração (mg/L)
Acético	30-200
Propanoico	1-5
Butanoico	0,5-1,5
2-metil propanoico	0,1-2
Pentanoico	0,03-0,1
2-metil butanoico	0,1-2
3-metil butanoico	2-12
Octanoico	20-80
Lático	15-150
Pirúvico	16-140
Succínico	

Fonte: adaptado de Buiatti (2009) e Stewart e Priest (2006)

Outra classe de compostos presentes na cerveja são os compostos fenólicos, que podem estar presente nas formas livre e ligada, sendo classificados em fenóis simples, ácidos fenólicos como os derivados dos ácidos hidroxicinâmico e hidroxibenzoico, flavonoides, entre outros. Os polifenóis podem ser derivados do malte e do lúpulo ou dos adjuntos cervejeiros, e auxiliam na atividade antioxidante tanto do mosto quanto da cerveja, minimizando as reações oxidativas do meio, também atuam na estabilidade do sabor. Cabe ressaltar que a concentração de polifenóis na cerveja difere de acordo com os estilos de cervejas, devido aos tipos de maltes, lúpulos, adjuntos e processos de fabricação realizados (Muxel, 2022).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

4.1.1 Reagentes

Para a realização das análises foi utilizada água ultrapura (*Milli-Q*) obtida através do sistema de purificação *Millipore (Bedford, MA)*. O radical ABTS (ABTS - 2,20-azino-bis (ácido. 3-ethylbenzthiazoline-6-sulfônico), ácido gálico e o reagente Folin-Ciocalteu foram provenientes da *Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)*. Todos os reagentes analíticos apresentaram pureza maior que 95% (m/m).

4.1.2 Processo de produção da cerveja Manipueira

A Cerveja Manipueira foi produzida no volume de 600 litros, em uma cervejaria parceira do grupo de pesquisa, localizada na cidade de Florianópolis, Santa Catarina.

A cerveja foi produzida de acordo com o estilo *Saison* como base de referência. Os ingredientes utilizados foram a água com pH 5,3 a 5,5; malte Pilsen e malte *Carahell (Agrária)*, tapioca e trigo em flocos. A etapa de mosturação foi realizada com diferentes rampas de temperatura: 44 °C em 10 min, após aumentou a temperatura para 50 °C em 15 min, 63 °C em 30 min, 72 °C em 40 min e finalizando com 78 °C em 3 min. Após a mosturação, iniciou-se à fervura do mosto com duração de 70 min, com pH entre 5,1 a 5,3. Logo em seguida o mosto foi resfriado gradualmente, até atingir 16 °C, transferido para um barril de carvalho francês de terceiro uso e adicionado da manipueira, que contém leveduras autóctones (quantidades não mostradas), para iniciar o processo de fermentação alcoólica. Parte do mosto adicionado de manipueira também foi fermentado em tanque de polipropileno (30 L), o que foi definido como amostra controle. Todos os experimentos foram realizados em duplicata e mantidos no mesmo local, denominado de sala de fermentação na cervejaria. Ao finalizar o processo de fermentação, as cervejas (570L) foram maturadas no mesmo barril de carvalho francês onde ocorreu a fermentação, durante 1 ano e 2 anos, envasadas em garrafas de vidro e fechadas com tampa de aço inox, sem nenhum tratamento térmico.

4.2 Métodos

4.2.1 Análise de pH

As amostras de cerveja foram filtradas em papel filtro e o pH foi medido com leitura direta da amostra em pHmetro (pH meter 220 MP Mettler-Toledo) de acordo com o método Analytica EBC 9.35 (ASBC, 2011).

4.2.2 Teor alcoólico

O teor alcoólico foi determinado por ebulliometria (Ebuliômetro Metallum 3300). O resultado foi em porcentagem de álcool por volume (IAL, 2005).

4.2.3 Acidez total

As amostras de cerveja foram previamente filtradas em papel filtro e a acidez total foi determinada pela metodologia da AOAC (2005) por titulação de 5 mL de amostra com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1M e fenolftaleína como indicador. O resultado foi expresso em g/100 mL de ácido láctico.

4.2.4 Cor

A cor das amostras de cerveja foi medida por espectrofotometria (espectrômetro Hitachi U-2900) de acordo com o método estabelecido pelo *Institute of Brewing Methods of Analysis* (2000). A absorção da luz foi detectada em comprimento de onda de 420 nm. As leituras foram realizadas em duplicata. O resultado da intensidade da cor foi expresso em SRM (*Standard Reference Method*) de acordo com a Equação 1.

$$\text{Cor (SRM)} = A * f * 12,7$$

Equação 1

Onde,

A= absorbância da amostra em 420 nm;

f = é o fator de diluição.

4.2.5 Análise de polifenóis totais

O teor de polifenóis totais foi determinado pelo método colorimétrico Folin-Ciocalteu (Singleton; Rossi, 1965). Pipetou-se 7,9 mL de água destilada em tubos de ensaio, acrescentou-se 0,10 mL da amostra e foi adicionado o reagente Folin-Ciocalteu, homogeneizou-se o conteúdo dos tubos e reservou-se em uma caixa de isopor por 3 min. Em seguida, pipetou-se 1,5 mL de solução saturada de carbonato de sódio a 20% (m/v), homogeneizou-se os tubos novamente e foi mantido em uma caixa de isopor por 2 horas. A leitura da absorbância foi realizada no comprimento de onda de 760 nm em espectrofotômetro (Hitachi U-2900). O resultado foi expresso em mg de ácido gálico por litro (mg de GAE/ L).

4.2.6 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante foi medida pelo método ABTS 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolína-6-ácido sulfônico) que mede a redução do radical ABTS, conforme descrito por Re *et al.* (1999). As leituras da reação foram medidas pela absorbância em 700 nm, do radical com a amostra e o resultado foi expresso em equivalente ao *Trolox* (TEAC) (mM).

4.2.7 Análise de ácidos orgânicos

O teor de ácidos orgânicos nas cervejas (ácidos acéticos, lático, cítrico, succínico, málico e tartárico) foi determinado por cromatografia líquida de alta eficiência de acordo com método proposto por Escobal (1998) com modificações.

As amostras de cerveja foram centrifugadas a 4.000 rpm (*Janetzki k24*, Jena, Alemanha) durante 10 minutos, o sobrenadante filtrado em membrana de 0,45 µm (*Millipore*) e diluído em água ultrapura (*Milli-Q*), filtrado novamente em membrana de 0,22 µm (*Millipore*) e injetado no cromatógrafo líquido (20 µL).

Os ácidos orgânicos foram quantificados utilizando cromatógrafo líquido de alta eficiência (HPLC) *Shimadzu* (*Kyoto, Japan*), equipado com degaseificador (DGU-14A), bomba quaternária (LC- 20AT), *detector UV-vis* (SPD-10AV), injetor manual de 20 µL. Foi utilizado coluna C18 (4,6 mm x 250 mm, 5 µm tamanho de partícula) (*Hichrom, Europe*). A separação cromatográfica foi realizada por eluição isocrática com detecção em 212 nm. A fase móvel consistiu de água ultrapura (*Milli-Q*) acidificada com ácido fosfórico (1,2% m/v) com pH de 2,4. O fluxo da fase móvel foi de 0,7 mL/min. O tempo da corrida cromatográfica foi de

35 minutos. A quantificação foi realizada utilizando curva de calibração por padronização externa. Os resultados foram expressos em g/L.

4.3 Análise estatística

A análise estatística foi realizada no programa *Statistica*®, utilizando a ANOVA (Análise de variância) e teste de *Tukey HSD* ($p < 0,05$). Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados expressos como média \pm desvio padrão.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análises físico-químicas

Os resultados das análises físico-químicas da cerveja Manipueira com diferentes tempos de guarda, estão representados na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados das análises físico-químicas das cervejas Manipueira.

Parâmetros	Controle (T0)	T1	T2
Acidez Total (g/100mL de ácido lático)	3,93 ^a ± 0,17	5,21 ^b ± 0,08	5,21 ^b ± 0,08
pH	3,71 ^a ± 0,01	3,65 ^a ± 0,04	3,72 ^a ± 0,02
Teor Alcoólico (%)	4,15 ^b ± 0,21	4,70 ^b ± 0,28	5,10 ^a ± 0,14

Resultados de valores médio (\pm) desvio padrão (n=3). Letras diferentes em mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras. Controle (fermentação e maturação em barril polipropileno); T1: fermentação em barril de carvalho francês e maturação durante 1 ano; T2: fermentação em barril de carvalho francês e maturação durante 2 anos.

O teor alcoólico das amostras da cerveja manipueira variou entre 4,15 à 5,10 para a amostra controle e amostra maturada por 2 anos em barril de carvalho francês (T2), respectivamente. Todas as cervejas apresentaram os valores de álcool de acordo com o preconizado pela legislação brasileira, o qual define que valores acima de 2% de teor alcoólico (% v/v) é, por definição, considerado cerveja (Brasil, 2019).

Os valores de pH não diferiram significativamente entre as amostras cervejas, as quais apresentaram pH menor que 4,5, o que classifica a cerveja Manipueira como uma cerveja ácida. Esta redução no pH pode ser oriunda da ação dos microrganismos presentes na manipueira, relacionado à atividade microbiana adicional no processo fermentativo, além da ação de leveduras na produção de ácidos orgânicos (Angeloni, 2016).

As amostras de cerveja com maturação em barril de carvalho apresentaram maior teor de acidez total que a amostra controle. Este fato pode estar relacionado a maturação em madeira por longo período, que propicia o desenvolvimento de bactérias acéticas no meio devido a ocorrência de micro oxigenação. Os resultados observados de acidez total nas amostras manipueira, estão de acordo com outras pesquisas realizadas com cervejas ácidas (Wittrick *et al*, 2017).

5.2 Perfil de ácidos orgânicos

Os ácidos orgânicos encontrados nas amostras de cerveja foram o ácido láctico e o ácido acético, conforme demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultados do perfil de ácidos orgânicos (g/L) da cerveja manipueira.

	Controle (T0)	T1	T2
Ácido Acético	0,72 ± 0,01	1,88 ± 0,01	1,90 ± 0,01
Ácido Cítrico	nd	nd	nd
Ácido Láctico	1,97 ± 0,01	2,62 ± 0,01	2,60 ± 0,01
Ácido Málico	nd	nd	nd
Ácido Succínico	nd	nd	nd
Ácido Tartárico	nd	nd	nd

Resultado de valor médio (\pm) desvio padrão (n=3). Letras diferentes em mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras. Controle (fermentação e maturação em barril polipropileno); T1: fermentação em barril de carvalho francês e maturação durante 1 ano; T2: fermentação em barril de carvalho francês e maturação durante 2 anos, nd: não detectado.

Foi possível observar que o ácido orgânico majoritário em todas as amostras de cerveja foi o ácido láctico. As concentrações deste ácido no mosto e na cerveja podem ser utilizadas como indicadores no desempenho do processo fermentativo, principalmente para cervejas de caráter ácido. As bactérias ácido lácticas (BAL), em especial *Pediococcus* e *Lactobacillus*, produzem diversos compostos durante o processo de fermentação, no entanto o principal produto é o ácido láctico (Ciosek; Rusiecki; Poreda, 2019). Dentre as cervejas, as maturadas em barril de carvalho francês apresentaram maiores teores ácido láctico. Não foi observado diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras T1 e T2 com diferentes tempos de armazenamento em madeira. Este maior teor de ácido láctico nas cervejas maturadas em madeira pode ser atribuído à ação ao longo do tempo de armazenamento dos microrganismos presentes na manipueira, como também daqueles presentes no barril. Pesquisadores afirmam que durante o tempo de maturação da cerveja a concentração de ácidos orgânicos pode alterar na cerveja, devido a ocorrência de reações oxidativas e precipitações destes ácidos no meio (Guillen *et al*, 2019).

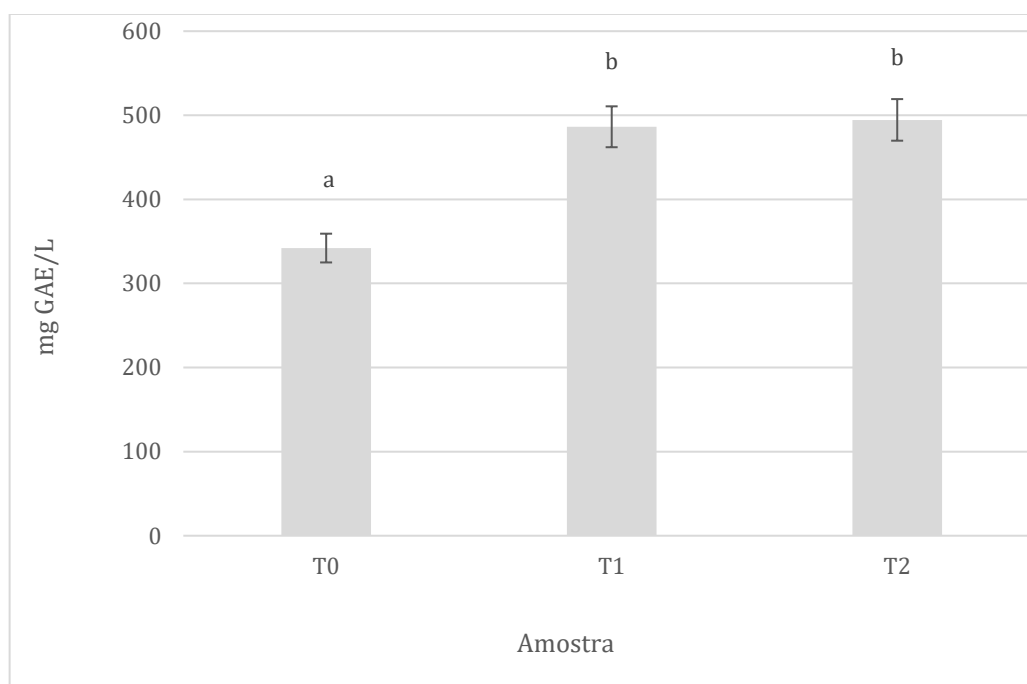
As amostras de cerveja maturadas durante 1 e 2 anos em barril apresentaram os maiores valores de ácido acético em comparação com o controle, assim como os resultados diferiram significativamente ($p < 0,05$) quando comparado com a amostra controle (Tabela 5). A maior concentração de ácido acético nas amostras T1 e T2 pode ser atribuída ao processo de fermentação e maturação ser realizado em barril de carvalho, uma vez que a porosidade da madeira pode influenciar na presença de oxigênio no meio e conseqüente desenvolvimento de bactérias acéticas. Estudos realizados com cervejas ácidas também evidenciaram resultados

semelhantes ao deste trabalho para o teor de ácido acético, que foi o caso do estudo de cervejas que obtiveram envelhecimento em diversos tipos de madeira, que apresentaram maior teor de ácido acético após o período de maturação (Silvello, 2019). Outra pesquisa realizada por Alves (2024) com cerveja ácida do estilo Catharina Sour, também evidenciou elevados teores de ácido acético (acima de 800 mg/L), o que está de acordo com os resultados encontrados para a cerveja Manipueira.

5.3 Teor de polifenóis totais e atividade antioxidante

Os resultados da análise de polifenóis na cerveja Manipueira, demonstraram que as amostras com maturação no barril de carvalho francês (T1 e T2), não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$). Também estas amostras apresentaram valores de polifenóis totais superiores em comparação com a amostra controle (Figura 12).

Figura 12 - Teor de polifenóis totais na cerveja Manipueira.



Valor médio (\pm) desvio padrão (n=3). Letras diferentes em mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras. T0: fermentação e maturação em barril polipropileno; T1: fermentação em barril de carvalho francês e maturação durante 1 ano; T2: fermentação em barril de carvalho francês e maturação durante 2 anos.

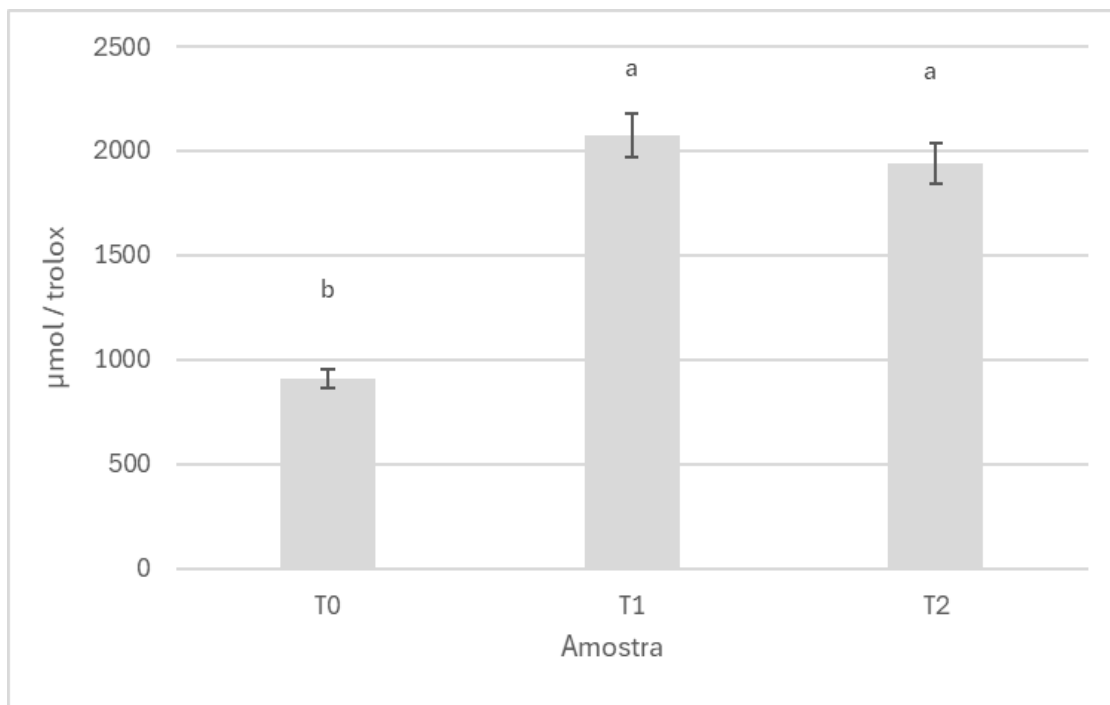
Os polifenóis encontrados em cervejas, são provenientes principalmente do malte e do lúpulo, ingredientes de alto volume e importância na bebida. Entretanto, o processo da fabricação da cerveja, pode ocasionar alterações na composição fenólica fazendo com que a

concentração final destes compostos na bebida seja proveniente além da matéria prima também do processo de fermentação (Siqueira; Bolini; Macedo, 2008). Neste sentido, pode-se observar que as cervejas que utilizaram madeira no processamento apresentam maior teor de PT que aquela produzida em polipropileno.

Resultados semelhantes também foram observados por Neves (2018), que evidenciou aumento de polifenóis totais em cervejas maturadas em madeira. Outra pesquisa realizada com cerveja maturada em barril de madeira demonstrou que, de maneira geral, o teor de compostos fenólicos na cerveja está relacionado tanto às características da composição química da bebida, como também com o tempo de contato com a madeira (Ferreira, 2019).

A Figura 13 apresenta a atividade antioxidante das cervejas Manipueira. Como pode-se observar, as cervejas elaboradas em contato com a madeira (T1 e T2) apresentaram maior capacidade antioxidante, não havendo diferença significativa entre as amostras T1 e T2 ($p < 0,05$). Estes resultados estão de acordo com os resultados de polifenóis totais, sendo que estas amostras também apresentaram maior teor de polifenóis em comparação ao controle.

Figura 13 - Atividade antioxidante da cerveja Manipueira.



Valor médio (\pm) desvio padrão (n=3). Letras diferentes em mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras. T0: fermentação e maturação em barril polipropileno; T1: fermentação em barril de carvalho francês e maturação durante 1 ano; T2: fermentação em barril de carvalho francês e maturação durante 2 anos.

É importante destacar que nessa pesquisa a maturação em madeira, teve um papel crucial na atividade antioxidante, pois ambas as amostras maturadas em barril de carvalho francês (T1 e T2), obtiveram valores superiores que a amostra controle elaborada em material de polipropileno. Em compensação, a redução de 137 $\mu\text{Mol TEAC/L}$ de T1 para T2, demonstra que um maior tempo de maturação no barril de carvalho francês pode diminuir a atividade antioxidante da cerveja manipueira, podendo ser associado a instabilidade biológica do meio (Siqueira; Bolini; Macedo, 2008).

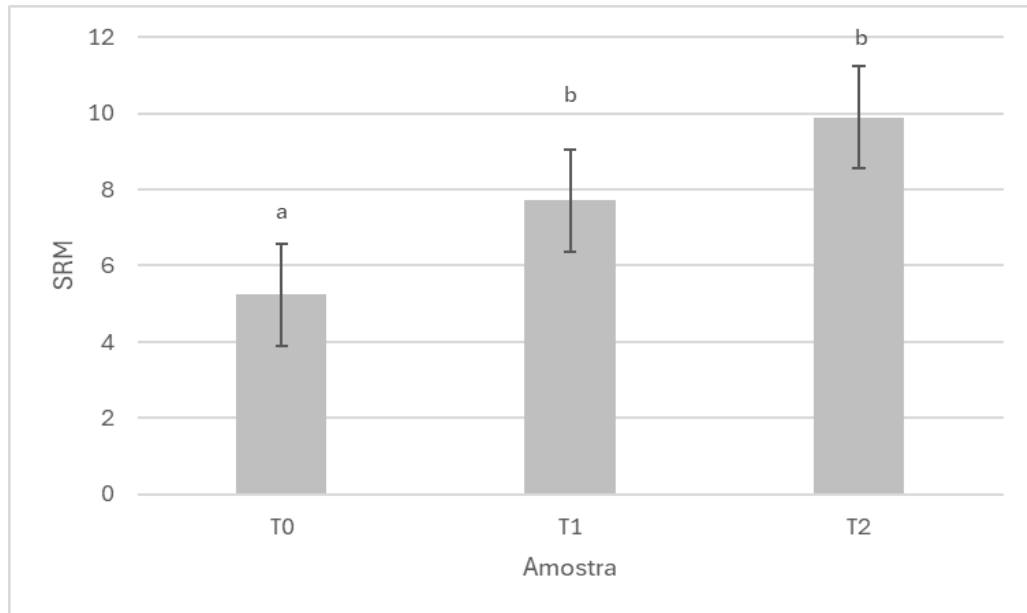
Estudos têm demonstrado que a contribuição dos polifenóis para a atividade antioxidante da cerveja é maior que 50%, o que se entende o motivo da madeira contribuir indiretamente para a atividade antioxidante, já que ela caracteriza um aumento dos polifenóis totais e assim conseqüentemente da atividade antioxidante (Gomez; Caballero; Blanco, 2020).

Estudo com cerveja ácida demonstrou valores de atividade antioxidante entre 1400 a 2000 $\mu\text{Mol TEAC/L}$, o que indica que os resultados encontrados para a cerveja Manipueira estão de acordo com valores da literatura para cerveja ácida (Silva, 2019).

5.4 Caracterização da cor das cervejas

Todas as amostras da cerveja manipueira apresentaram valores de até 10 SRM (*Standard Research Method*), conforme demonstrado na Figura 14. A Instrução Normativa N° 65 de 2019 do MAPA classifica como claras as cervejas com até 10 SRM (Brasil, 2019), dessa forma, todas as amostras do presente estudo estão de acordo com os padrões da legislação sendo classificadas como claras.

Figura 14 - Resultado da análise de cor (SRM) das cervejas Manipueira



Valor médio (\pm) desvio padrão (n=3). Letras diferentes em mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras. T0: fermentação e maturação em barril polipropileno; T1: fermentação em barril de carvalho francês e maturação durante 1 ano; T2: fermentação em barril de carvalho francês e maturação durante 2 anos.

Foi possível observar que as cervejas produzidas em contato com madeira apresentaram os maiores valores de cor em comparação com a amostra elaborada em polipropileno. Este maior valor de coloração pode estar associado ao processo de oxidação que ocorre na cerveja durante o processo de fermentação dentro de barril de madeira, devido a micro oxigenação do meio (Oliver; Colicchio, 2011). Assim, a maior coloração adquirida durante o processo de maturação em barril de madeira pode ser decorrente de compostos fenólicos hidrossolúveis presentes na madeira que são extraídos para a cerveja e ficam propícios às reações oxidativas e poliméricas ao longo do tempo (Gould *et al.*, 2019).

6 CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho demonstraram que a cerveja manipueira com maturação de 1 e 2 anos em barril de carvalho francês, apresentou parâmetros físico-químicos de acordo com a legislação brasileira, sendo classificada como uma cerveja ácida de coloração clara. Também foi possível observar que o ácido orgânico majoritário nas amostras foi o ácido láctico seguido do ácido acético, independente do tempo de maturação. A concentração de polifenóis totais da cerveja Manipueira apresentou influência significativa do contato com a madeira, já que as duas amostras maturadas em madeira em 1 e 2 anos demonstram maiores valores em relação a cerveja sem contato com madeira. Estes resultados estão de acordo com a atividade antioxidante das cervejas, que aquelas maturadas em madeira também apresentaram maior atividade antioxidante, o que pode ser relacionado com o elevado teor de polifenóis destas cervejas.

Essa pesquisa demonstra com base na composição química que a cerveja Manipueira apresenta características que podem corroborar para ser reconhecida como um novo estilo de cerveja brasileira, denominado Manipueira Selvagem. No entanto, estudos futuros são necessários para avaliar o perfil volátil e análise sensorial das cervejas Manipueira ao longo do processo de fermentação e maturação em barril de carvalho francês, assim como avaliar a influência da utilização de barris de madeiras brasileiras na composição da cerveja.

7 Revisão bibliográfico

ABRACERVA. Manipueira: Cerveja com terroir brasileiro. In: COPA CERVEJA, 2024. Brasília, 2024. Disponível em: <https://abracerva.com.br/projeto-manipueira/>. Acesso em: 1 set. 2024.

ÁGRARIA. WORKSHOP DE CERVEJAS ESPECIAIS AGRÁRIA Cultivo de Cevada, para produção de cervejas. Disponível em: https://www.agraria.com.br/extranet_2016/uploads/AgromalteArquivo/palestra_1___cevada_nacional_1596198592551.pdf. Acesso em 4 nov 2024.

ALVES, G. M. **Caracterização química de cerveja ácida com adição de frutas por ressonância magnética nuclear de hidrogênio**. 2024. 83p. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2024.

ANGELONI, L. H. P. **Cerveja Envelhecida em barril de madeira, aspectos químicos e microbiológicos**. 2016. 95p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

AQUARONE, Eugênio; et al. **Biotecnologia Industrial: Biotecnologia na Produção de Alimentos vol. 4**, São Paulo: Bulcher, 2009.

BREWERS ASSOCIATION. *Releases 2023 Beer Style Guidelines*, May 23, 2023. Disponível em: <https://www.brewersassociation.org/association-news/brewers-association-releases-2023-beer-style-guidelines/>. Acesso dia 15 set. 2024.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. Anuário da cerveja 2024; ano referência de 2023. Disponível em: <https://www.sindicerv.com.br/wp-content/uploads/2024/05/Anuario-da-cerveja-2024-referencia-2023-MAPA-versao-web.pdf>. Acesso dia 25 out. 2024.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. Instrução Normativa estabelece padrão de qualidade e identidade para a cerveja, 2019-2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/instrucao-normativa-estabelece-padrao-de-qualidade-e-identidade-para-cerveja>. Acesso dia 21 out. 2024.

CAMPOS, A. P. R.; CARVALHO, A. V.; MATTIETO, R. A. Efeito da Fermentação e Cocção nas Características Físico-Químicas e Teor de Cianeto Durante o Processamento de Tucupi. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento EMBRAPA**. Belém, 25 p., out. 2016.

CERVEJA E MALTE. Uma Breve História sobre a Cerveja “Das origens as primeiras regulamentações” Como o malte influencia o sabor da cerveja? In: ESCM: Escola Superior de Cerveja e Malte. **Cerveja e Malte**. Blumenau, 2024. Disponível em: <https://cervejaemalte.com.br/blog/como-o-malte-influencia-o-sabor-da-cerveja/>. Acesso em 29 set. 2024.

Cevada. In: EMBRAPA. **Anais [AGEITEC TECNOLOGIA DE ALIMENTOS]**. Brasília, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, dez. 2021. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cevada>. Acesso em: 4 set. 2024.

DAMASCO, M. C. T.; COURI, S. Fermentação. In: EMBRAPA. **Anais [AGEITEC TECNOLOGIA DE ALIMENTOS]**. Brasília, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, dez. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/tecnologia-de-alimentos/processos/tipos-de-processos/fermentacao>. Acesso em: 5 set. 2024.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. **Química de Alimentos de Fennema**, 4^o edição Porto Alegre: Artmed, 2010.

DIAS, G. D. **Automação das etapas de mosturação e clarificação do processo de brassagem na produção de cerveja artesanal**. 2020. 84p. Trabalho de Conclusão (Bacharelado – Engenharia de Controle e Automação) – Faculdade de engenharia, Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, 2020.

DURELLOA, R. S.; et al. Química do lúpulo. **Instituto de Química de São Carlos**, São Paulo, vol. 42, No. 8, p. 1-20, set. 2019. DOI: 10.21577/0100-4042.20170412. Disponível em: <https://quimicanova.sbq.org.br/pdf/RV20190148>. Acesso em: 4 set. 2024.

FAGHERAZZI, M. M.; et al. A cultura do lúpulo: botânica e variedades. **REVISTA AGRONOMIA BRASILEIRA**, Santa Catarina, vol. 1, p. 1-3, out. 2017. DOI: 10.29372/rab201712. Disponível em: <https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/fitossanidade/laboratoriodematologia/agronomiabrasileira/rab201712rdoi.pdf>. Acesso em 4 set. 2024.

FERREIRA, Ivanir. Pesquisadores testam cerveja envelhecida em barris de Amburana e Cabreúva. **Jornal da USP**, São Paulo, V.1, 18 abril 2019. Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-agrarias/pesquisadores-testam-cerveja-envelhecida-em-barris-de-amburana-e-cabreuva/>. Acesso em 10 set. 2014.

FERREIRA, W. A; et al. Manipueira: Um Adubo Orgânico em Potencial. **EMBRAPA**, Belém, n. 107, p. 7-25, jul. 2001. ISSN 1517-2201. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/403315/1/OrientalDoc107.PDF>. Acesso em: 4 set. 2024.

GOMES, A. M.; et al. **Phenols and melanoidins as natural antioxidants in beer. structure, reactivity and antioxidant activity**. 2020. Ingenierias Agrarias, Universidad de Valladolid, Spain, 2020.

INSTITUTO FEDERAL DE SÃO PAULO. Novo estilo de cerveja brasileira leva líquido extraído da mandioca na fermentação; entenda. In: **CAMPUS SERTÃOZINHO. Anais [MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO]**. Campos Sertãozinho, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, 2023. Disponível em: <https://usp.br/sddarquivos/arquivos/abnt6023.pdf>. Acesso em 16 set. 2024.

JASON, L. W. **Brew Chem 101 The Basics of Homebrewing Chemistry**, United States: Storey, 1996.

LEVTECK. Boas práticas na reutilização de leveduras cervejeiras, Florianópolis, out. 2022. Disponível em : <https://levteck.com.br/reutilizacao-de-leveduras/#:~:text=Como%20o%20nome%20j%C3%A1%20indica,exposi%C3%A7%C3%A3o%20das%20leveduras%20ao%20oxig%C3%AAnio>. Acesso em: 5 set. 2024.

LOUREDO, F. J. C. **Determinação de ácidos orgânicos alifáticos em cerveja estilo catharina sour por eletroforese capilar**. 2023. 108p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2023.

MASSCHELEI, C. A. Centenary review: The biochemistry of maturation. **Journal of the Institute of Brewing**, Brussels, vol. 92, p. 213-219, may. – Jun. 1986. 10.1002/j.2050-0416. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/j.2050-0416.1986.tb04403.x>. Acesso em: 4 set. 2024.

MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO E SERVIÇO. Instrução Normativa SEGES /ME Nº 65, DE 7 DE JULHO DE 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/plataformamaisbrasil/pt-br/legislacao-geral/instrucoes-normativas/instrucao-normativa-seges-me-no-65-de-7-de-julho-de-2021>. Acesso em: 21 out. 2024.

MÜLLER, Arno. **Cerveja!** Canoas: Ulbra, 2022.

MUXEL, Alfredo. **Química da Cerveja: Uma Abordagem Química e Bioquímica das Matérias-Primas, Processo de Produção e da Composição dos Compostos de Sabores da Cerveja**, Curitiba: Appris, 2022.

MUXEL, A. A. Uma Breve História sobre a Cerveja: Das origens as primeiras regulamentações. 2018. 8 p. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2018. Disponível em: <https://amuxel.paginas.ufsc.br/files/2018/08/Breve-Hist%C3%B3ria.pdf> . Acesso em: 15 nov. 2024.

NASSAM, R. **(Flor de lúpulo)** 22 ago. 23. Ilustração. Disponível em: <https://soubh.uai.com.br/noticias/economia/plantacao-de-lupulo-na-rmbh-impacta-cervejarias-artesanais-e-agita-mercado/>. Acesso em: 10 set. 2024.

NASU, E. G. C. **Composição química da manipueira e sua potencialidade no controle de *meloidogyne incognita* em tomateiro no Oeste do Paraná**. 2008. 74p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná, 2008.

NOELLI, F. S.; BROCHADO, J. P. O caium e as beberagens dos guaranis e tupinambás: Equipamentos, técnicas de preparação e consumo. **Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia**, São Paulo, v. 8, p. 117-128, 1998. DOI: 109531/108012. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revmae/article/view/109531/108012>. Acesso em: 9 set. 2024.

OLIVER, G.; MENDES, I. **O Guia Oxford da Cerveja**, São Paulo: Bulcher, 2020.

RODRIGUES, M. A.; et al. **Jornada de Lúpulo e Cerveja: Nova oportunidade de de negócios. Livro de atas.** Bragança: Instituto Politécnico de Bragança, 2015.

SILVA, J. C. **Avaliação do poder antioxidante em cerveja artesanal com mirtilo.** 2019. 71p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biológica) – Técnico Lisboa, Portugal, 2019.

SILVELLO, G. C. **Qualidade química e perfil sensorial da cerveja envelhecida em barris de diferentes madeiras.** 2019. 97p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

SILVEIRA, Darlan. Consumo de cerveja cresce no país mesmo com inflação e movimento ainda fraco nos bares. **Globo 1**, São Paulo, 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2022/06/11/consumo-de-cerveja-cresce-no-pais-mesmo-com-inflacao-e-movimento-ainda-fraco-nos-bares.ghtml>. Acesso em: 5 jul. 2024.

SIQUEIRA, P.; et al. O Processo de fabricação da cerveja e seus efeitos na presença de polifenóis. **Alim. Nutr**, Araranguá, vol.19, n.4, p. 491-498, out./dez. 2008. ISSN 0103-4235. Disponível em: file:///C:/Users/lilia/Downloads/556.pdf. Acesso em: 22 out. 2024.

STEWART, G. Graham; et al. **Handbook of Brewing**, New York: Taylor e Fancis group, 3º edition, 2015.

VENTURINI FILHO, Waldemar. **Bebidas Alcoólicas: Ciência e Tecnologia**, São Paulo: Bulcher, 2º edição, 2016.

VIEIRA, A. C. G.; et al. Atividade antioxidante em cerveja comercial de trigo: Antioxidant activity in commercial wheat beer. **Brazilian Journal of Development**, Rio de Janeiro, V.1, p. 1-6, fev. 2021. DOI:10.34117/bjdv7n2-239. Disponível em: file:///C:/Users/lilia/Downloads/admin,+art.+239.+BJD.pdf. Acesso em 2 nov. 2024.

WORLD BREWING CONGRESS. Impacto f hop pellet processing in Regard to flavour contribution in dry hopped beers. In: WORLD BREWING CONGRESS. 2016, Denver. Disponível em: https://www.asbcnet.org/events/archives/2016/proceedings/Documents/36_Schoenberger.pdf. Acesso em: 2 out. 2014.