

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

LAURA HOFF

**ELABORAÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL: EXPLORANDO OS
COMPOSTOS ANTIOXIDANTES DA *Clitoria ternatea***

**FRANCISCO BELTRÃO
2025**

LAURA HOFF

**ELABORAÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL: EXPLORANDO OS
COMPOSTOS ANTIOXIDANTES DA *Clitoria ternatea***

Preparation of craft beer: exploring the antioxidant compounds of *Clitoria ternatea*

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Prof.^a. Dra. Ellen Porto Pinto.

Coorientadora: Prof.^a. Dra. Claudia Eugênia Castro Bravo.

FRANCISCO BELTRÃO

2025



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

LAURA HOFF

**ELABORAÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL: EXPLORANDO OS
COMPOSTOS ANTIOXIDANTES DA *Clitoria ternatea***

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 24 de junho de 2025.

Claudia Eugênia Castro Bravo

Doutorado

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão

Ellen Cristina Perin

Doutorado

Universidade Federal de Santa Maria – *Campus* Santa Maria

Ronan Carlos Colombo

Doutorado

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão

FRANCISCO BELTRÃO

2025

Dedico este trabalho à minha família, que, com dedicação e amor, fizeram tudo o que estava ao alcance deles para que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus primeiramente, por me guiar e me dar forças em cada momento dessa jornada. Sem Ele, eu não teria conseguido chegar até aqui.

Agradeço imensamente aos meus pais, Pedro Germano Hoff e Rita Rupolo Hoff e toda minha família pelo apoio incondicional, amor e confiança. Sem vocês, essa conquista não seria possível.

A Delize Ires Gregory e Jaine Hoff que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando em cada momento. A presença de vocês fez toda a diferença.

Aos meus amigos Bianca Piva Andrade, Daiane Piva Andrade, Brendo Newton, Cristiane Carvalho, Gabriel B. Ferreira, Gabriel Luqueis, Pablo Hamasaki e Roberta Martins. Agradeço por compartilharmos juntos tanto os momentos alegres quanto os desafios. Vocês tornaram minha jornada mais leve e divertida, e essa amizade foi essencial para minha conquista. Sempre guardarei essa amizade com muito carinho.

À minha orientadora, Dra. Ellen Porto Pinto, por sempre me ensinar tanto e me apoiar em todas as minhas ideias. Sua presença constante e preocupação em me auxiliar foram fundamentais para o meu desenvolvimento e para a realização deste trabalho.

Quero agradecer de coração à Ellen Cristina Perin, que me ensinou tanto sobre ciência e escrita científica. Sua contribuição foi fundamental no desenvolvimento deste projeto, e sua presença constante fez toda a diferença.

Quero agradecer a todos que, de alguma forma, me ajudaram na realização deste projeto, incluindo as pessoas cujos nomes não citei, mas que sabem o quanto foram importantes. Agradeço aos técnicos de laboratório pelo suporte essencial e à banca avaliadora pelas contribuições que enriqueceram ao meu trabalho.

À PROREC/DIRAGI pela concessão de bolsa e incentivo no desenvolvimento de projeto com viés de inovação.

RESUMO

As plantas alimentícias não convencionais são todas as plantas que têm uma ou mais partes comestíveis. *Clitoria ternatea* é uma planta nativa da Ásia, também conhecida como ervilha-borboleta, feijão-borboleta, cunhã, fada azul e flor azul, e é muito usada em preparos de chás, como corante natural e tem grande aplicação na indústria de alimentos, a qual está enquadrada como uma planta alimentícia não convencional. Essa flor vem sendo foco de estudos por apresentar compostos antioxidantes e principalmente entre eles, as antocianinas. O setor de bebidas, área de possibilidade de aplicação de *C. ternatea*, vem crescendo bastante no país, sendo que o Brasil é o terceiro maior produtor e consumidor de cerveja do mundo. A legislação brasileira descreve a cerveja como sendo uma bebida composta por quatro principais ingredientes, sendo eles, a água, o malte, o lúpulo e a levedura. Ainda pode ser adicionada de outros insumos e adjuntos, como por exemplo, as flores. Nesse contexto, esse estudo desenvolveu uma cerveja estilo *Summer Ale* adicionada de *C. ternatea* e avaliou o potencial antioxidante das diferentes formulações. Primeiramente, foi realizado um estudo com a obtenção de extratos aquosos da flor, em diferentes concentrações e tempo de extração, avaliando seus compostos antioxidantes e análise de cor utilizando a escala CIELAB em um planejamento experimental, ainda, foi adicionado um extrato extra com maior concentração de flor. Após a seleção da melhor condição de extração, foram produzidas quatro formulações de cerveja artesanal, uma com adição do extrato ao final da fervura (F1 – 0,18% de flor), duas com adição durante a maturação, em diferentes concentrações (F2 – 0,18% e F3 – 3%), e uma formulação controle, sem adição do extrato (F4). A partir disso, foram realizadas análises físico-químicas, do potencial antioxidante, microbiológica e por fim análise estatística. Através deste estudo constatou-se que *C. ternatea* agregou positivamente na composição das cervejas desenvolvidas, apresentou atividade antioxidante, detectando a presença de compostos fenólicos totais, antioxidante pelos métodos de DPPH e ABTS e antocianinas. A formulação 3, com extrato extra (3 % de flor), apresentou os melhores resultados em termos de atividade antioxidante, especialmente no teor de antocianinas. Comparando os métodos de adição, observou-se que a formulação 1, com extrato adicionado ao final da fervura, proporcionou maior

extração de antocianinas do que a formulação 2, em que o extrato foi adicionado na maturação.

Palavras-chave: *Summer Ale*; fada azul; planta alimentícia não convencional.

ABSTRACT

Unconventional food plants are all plants that have one or more edible parts. *Clitoria ternatea* is a plant native to Asia, also known as butterfly pea, butterfly bean, cunhã, blue fairy and blue flower, and is widely used in tea preparations, as a natural dye and has a wide application in the food industry, which is classified as an unconventional food plant. This flower has been the focus of studies because it presents antioxidant compounds, especially anthocyanins. The beverage sector, an area where *C. ternatea* can be applied, has been growing significantly in the country, with Brazil being the third largest producer and consumer of beer in the world. Brazilian legislation describes beer as a beverage composed of four main ingredients, namely water, malt, hops and yeast. It can also be added with other inputs and adjuncts, such as flowers. In this context, this study developed a Summer Ale style beer with added *C. ternatea* and evaluated the antioxidant potential of the different formulations. First, a study was carried out to obtain aqueous extracts of the flower, at different concentrations and extraction times, evaluating their antioxidant compounds and color analysis using the CIELAB scale in an experimental design. In addition, an extra extract with a higher concentration of flower was added. After selecting the best extraction condition, four craft beer formulations were produced, one with the addition of the extract at the end of the boil (F1 - 0.18% flower), two with addition during maturation, at different concentrations (F2 - 0.18% and F3 - 3%), and a control formulation, without the addition of the extract (F4). From this, physicochemical, antioxidant potential, microbiological and finally statistical analyses were performed. This study showed that *C. ternatea* contributed positively to the composition of the beers developed, and showed antioxidant activity, detecting the presence of total phenolic compounds, antioxidants by the DPPH and ABTS methods, and anthocyanins. Formulation 3, with extra extract (3% flower), showed the best results in terms of antioxidant activity, especially in the anthocyanin content. Comparing the addition methods, it was observed that formulation 1, with extract added at the end of the boil, provided greater anthocyanin extraction than formulation 2, in which the extract was added during maturation.

Keywords: *Summer Ale*; blue fairy; unconventional food plant.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo geral.....	13
2.2 Objetivos específicos	13
3 REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1 Histórico da produção cervejeira	14
3.2 Processo produtivo de obtenção da cerveja	15
3.2.1 Matéria-prima.....	15
3.2.2 Processo de elaboração da cerveja artesanal.....	18
3.3 <i>Clitoria ternatea</i>	21
4 MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1 Produção de extrato de <i>Clitoria ternatea</i>	27
4.2 Elaboração da cerveja.....	27
4.3 Análises Físico-Químicas	29
4.3.1 Determinação do pH	29
4.3.2 Determinação do teor alcoólico	29
4.3.3 Determinação da cor	29
4.4 Análises do potencial antioxidante	30
4.4.1 Determinação dos compostos fenólicos totais.....	30
4.4.2 Determinação do teor total de antocianinas	30
4.4.3 Atividade antioxidante	31
4.4.4 Análise microbiológica.....	31
4.5 Análise estatística	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1 Análises físico-químicas	39
5.2 Análises de potencial antioxidante.....	42
5.3 Análise microbiológica	43
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
REFERÊNCIAS	46
APÊNDICE A – Resultado das análises de compostos fenólicos totais e antioxidantes pelos métodos de DPPH e ABTS, realizadas nos seis ensaios de extrato de <i>C. ternatea</i>.	51
APÊNDICE B – Resultado das análises de pH e teor alcoólico para as quatro formulações de cerveja.	52

APÊNDICE C – Resultado das análises de compostos fenólicos totais e antioxidantes pelos métodos de DPPH e ABTS, realizadas nas quatro formulações de <i>C. ternatea</i>.	53
---	-----------

1 INTRODUÇÃO

As Plantas alimentícias Não Convencionais (PANCs) estão ganhando cada vez mais espaço no Brasil, termo este criado por Valdely Kinupp que as apresenta como todas as plantas que têm uma ou mais partes que são comestíveis, como as raízes tuberosas, talos, bulbos, cormos, tubérculos, rizomas, brotos, sementes, frutos e as flores, podendo estar ou não inseridas de forma natural na alimentação cotidiana das pessoas. Diversos alimentos convencionais são desperdiçados diariamente e, ainda a sociedade não explora completamente as espécies nativas disponíveis como complementação nutricional (Kinupp, 2007).

A inserção de PANCs na alimentação se dá principalmente pela disponibilidade delas próxima a moradia de quem às consome ou em forma de suplemento para complementação nutricional (Barbosa *et al.*, 2022). A ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Miller) é muito popular e consumida principalmente por ser fonte de proteínas, fibras e compostos bioativos, assim como a acácia branca (*Moringa oleifera*) e outras, citando ainda a flor primavera (*Bougainvillea*) que além de possuir compostos antioxidantes, também é utilizada como corante natural, da mesma maneira que *Clitoria ternatea*, PANC esta de interesse neste estudo (Vidana Gamage; Lim; Choo, 2021; Milião *et al.*, 2022; Antunes, 2023).

Clitoria ternatea é uma planta nativa da Ásia, também conhecida como ervilha-borboleta, feijão-borboleta, cunhã, fada azul e flor azul, é uma flor usada principalmente para consumo humano, tal como em preparações de chás, mas também pode servir como fonte nutricional animal. Sobretudo, a espécie *C. ternatea* vem sendo foco de estudos por apresentar compostos antioxidantes (Marques *et al.*, 2021), ter propriedade antimicrobiana, anti-inflamatórias (Muhammad Ezzudin; Rabeta, 2018) e seu alto teor de antocianinas (Handayani *et al.*, 2024). Em receitas, é comum usá-la como corante natural, por possuir a coloração azul intenso, além disso, é aplicada em produção de alimentos e bebidas pelas suas propriedades funcionais (Marpaung; Lee; Kartawiria, 2020; Fu *et al.*, 2021).

Em relação ao setor de bebidas, setor este de possibilidade de aplicação da *C. ternatea*, vem crescendo bastante no país. Segundo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) o Brasil é o terceiro maior produtor e consumidor de cerveja do mundo, sendo que o primeiro lugar pertence a China e o segundo aos Estados Unidos

(Brasil, 2023). A cerveja é uma bebida de elevada popularidade em todo o mundo, devido as suas características sensoriais e pelos seus compostos antioxidantes, como os compostos fenólicos, vitaminas (B6, B12, C e E), selênio e também as melanoidinas que estão presentes no malte, sendo estas produto final da reação de *maillard* e agregam com características sensoriais para a cerveja, além de apresentarem diversos benefícios à saúde, como por exemplo, potencial antioxidante e prebióticas, por serem fonte de fibras. Portanto, o consumo moderado de cerveja traz efeitos benéficos para a saúde (Martinez-Gomez; Caballero; Blanco, 2020; Sharma *et al.*, 2021; Yang; Gao, 2021).

O Anuário da Cerveja de 2023, publicado pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), relata que há 1.847 cervejarias registradas no Brasil e que a região Sudeste é a detentora de maior número de cervejarias, com um percentual de 46,2%. O mercado de cervejeiro é muito importante para o Brasil, visto que agrega muito na economia e, conseqüentemente gera muitos empregos (Brasil, 2024).

A legislação brasileira descreve a cerveja como sendo uma bebida composta por quatro principais ingredientes, sendo eles, a água, o malte, o lúpulo e a levedura. Além dessas matérias-primas de composição básica, também pode ser adicionada de outros insumos e adjuntos, como por exemplo, flores, cascas de frutas, especiarias etc. (Brasil, 2019).

Existe uma alta procura por cervejas inovadoras e de qualidade, como as que são elaboradas com adição de frutas ou outros insumos, como flores, etc. (Villacreces; Blanco; Caballero, 2022). Estudos demonstram que grande parte das cervejas especiais estudadas, apresentaram atividade antioxidante superiores, em relação a cervejas convencionais (Nardini; Foddai, 2020).

O estilo conhecido como *Summer Ale* refere-se, de modo geral, a cervejas de alta fermentação, caracterizadas por apresentar corpo leve e refrescância. Esse estilo foi utilizado por Lima *et al.*, (2021) como base para o desenvolvimento de uma cerveja com adição de polpa de pitanga, demonstrando sua aplicabilidade em experimentações.

Nesse contexto, esse estudo tem por objetivo desenvolver uma cerveja estilo *Summer Ale* adicionada de *Clitoria ternatea* e verificar seu potencial antioxidante.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Produzir cerveja artesanal puro malte estilo *Summer Ale* adicionada de *Clitoria ternatea* e avaliar seu potencial antioxidante.

2.2 Objetivos específicos

- Elaborar extrato aquoso de *Clitoria ternatea* em diferentes concentrações e condições de extração;
- Avaliar os compostos antioxidantes dos extratos para selecionar a melhor condição de extração;
- Produzir cerveja artesanal *Summer Ale* com a adição de extrato aquoso de *Clitoria ternatea* em diferentes etapas do processo;
- Realizar análises físico-químicas nas cervejas desenvolvidas;
- Estimar os compostos bioativos e atividade antioxidante das cervejas;

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Histórico da produção cervejeira

A história da cerveja teve início por volta de 9000 a.C, onde a atividade de produção da cerveja iniciou na região da Mesopotâmia, pois nessa região havia os primeiros campos de cultivo da cevada e outros cereais. Acredita-se que a cerveja foi descoberta por acaso conforme indicações em evidências históricas. Relatos descrevem que após o cereal ter sido deixado acidentalmente exposto à chuva, e posteriormente seco naturalmente, os agricultores observaram que os grãos maltados apresentavam um sabor doce e bom para consumo. Contudo, até hoje não há relatos precisos sobre quem antecedeu o surgimento, se foi o pão ou a cerveja (Venturini Filho, 2016; Morado, 2017).

Morado (2017) ainda relata que na antiguidade a cerveja era usada como remédio, tendo nela a adição de outros ingredientes que se acreditava serem benéficos para a saúde. Outra forma de uso, era seu consumo ao invés de água, pois era um meio seguro para se hidratar, tendo em vista que não havia água potável naquela época.

Posteriormente, em 1516, foi estabelecida a lei da pureza da cerveja na Alemanha, a *Reinheitsgebot* e decretada em toda Baviera, com o objetivo de evitar a ocorrência de fraudes. Segundo essa lei, ficou proibido a produção de cerveja com outros ingredientes que não fossem: cevada, lúpulo e água, trazendo consigo a padronização da cerveja (Morado, 2017; Oliver, 2020).

Houve contratempos e prejuízos na produção e venda da cerveja, ocasionados pela lei seca em 1918 e pelas duas grandes guerras em meados de 1946. A lei seca aplicou a proibição do consumo de álcool na América, resultando em um grande impacto econômico, principalmente para os produtores de cerveja, em contrapartida, teve aumento de bares clandestinos e assim, venda de bebidas que não eram seguras para consumo. Posteriormente, com as duas grandes guerras houve a restrição de álcool e escassez da matéria-prima para a produção de cerveja. Somente após a guerra, em 1950, o comércio cervejeiro começou a se reerguer, porém voltou ao mercado com a padronização da cerveja (Morado, 2017).

Sobretudo, no Brasil, a produção de cerveja teve início em 1808, com a chegada da família real Portuguesa, que abriu portas para diversos comerciantes se

instalarem no país (Pinheiro, 2012). A produção de cerveja começou principalmente na região sul do Brasil, pois eram as principais áreas de cultivo da cevada (Embrapa, 2023).

Atualmente a produção de cerveja tem ganhado espaço no país, com 45.648 produtos em cervejaria registrados, de acordo com os dados apresentados pelo Anuário da cerveja de 2023. A maior produção por sua vez se encontra nos estados de São Paulo e Rio Grande do Sul, e o consumo médio per capita de cerveja no Brasil é de 34,7 g/dia (IBGE, 2020).

Um dos maiores benefícios de produzir cerveja artesanal está na oportunidade de obter cervejas com as mais diversas características sensoriais, proporcionando novas experiências. Através dessa exploração de diferentes formulações, foi que essa bebida evoluiu muito ao longo dos anos, elevando assim a sua qualidade e as possibilidades no mercado cervejeiro (Venturini Filho, 2016).

3.2 Processo produtivo de obtenção da cerveja

3.2.1 Matéria-prima

Segundo o Decreto nº 9.902 de julho de 2019, a cerveja é uma bebida fermentada, que contém quatro principais ingredientes: água, cevada malteada ou extrato de malte, lúpulo ou seu extrato e levedura. Podendo ter parte do malte substituída por adjunto cervejeiro. Sendo ainda, permitido a adição de ingredientes de origem vegetal (como, por exemplo, a *Clitoria ternatea* insumo este de enfoque nesse estudo), e ingredientes de origem animal (como por exemplo, o mel), coadjuvante de tecnologia e aditivos regulamentados (Brasil, 2019).

A água tem muita importância para a sociedade como um todo, é amplamente utilizada nas indústrias, está presente em diversos processos, seja como matéria-prima ou em etapas de higienização (Venturini Filho, 2022).

Na cerveja, a água constitui em torno de 90% da composição da bebida (Oliveira, 2015). Segundo o Decreto nº 6.871 de 2009, a água utilizada para a produção de bebidas deve atender ao padrão oficial de potabilidade, ou seja, não pode representar nenhum risco à saúde do consumidor. Além disso, a fonte de água implica diretamente no sabor da cerveja, se a água apresentar alto teor de sulfato de cálcio (água dura), então resultará em cervejas mais amargas. No entanto, se a água tiver

baixo teor de sulfato de cálcio e mais carbonato de cálcio em sua composição, poderá ser utilizada na produção de cervejas mais escuras e de sabor adocicado. Uma água rica em íons de cloreto, bicarbonato e sulfato proporciona à cerveja um sabor mais neutro e a água mole é ideal para a produção de uma cerveja *pilsen*, por exemplo (Aquarone; Borzani; Lima, 2001).

O malte é uma matéria-prima essencial para a produção de cerveja, pois contribui com várias características importantes, como o sabor, a coloração, o aroma e o corpo (Mallett, 2021; Nedyalkov *et al.*, 2022). Além disso, é a fonte de amido que será convertido em açúcar fermentável (maltose e glicose) pelas enzimas hidrolíticas (amilolíticas) (Martens, 2023). O malte é o produto obtido através da germinação de um cereal, em condições controladas de umidade, temperatura e tempo razoavelmente curto. A partir disso, ocorre a produção e liberação de enzimas que atuam na quebra do amido presente no malte e, dessa forma, disponibiliza substrato para as leveduras durante a fermentação alcoólica (Porto, 2011).

O principal tipo de malte utilizado na produção de cerveja é o de cevada, mas também pode ser acrescentado outros cereais, como de milho, arroz, trigo e aveia. A cevada se destaca por ser um cereal rico em amido e de uma enzima muito importante que auxilia na conversão do amido em açúcar, a amilase. Além disso, a cevada também possui proteínas que contribuem na formação de espuma da cerveja, apresenta baixo teor de lipídeos, o que é um fator positivo, pois isso traz estabilidade para a espuma e para o sabor (Morado, 2017).

O processo de malteação por sua vez, ocorre em três etapas: maceração, germinação e secagem. Inicia-se com a maceração, através da adição de água à cevada, o que propicia uma limpeza extra do cereal e tem por objetivo hidratar a cevada. Com a hidratação, a cevada pode aumentar em até 40% o seu volume. A temperatura da água é controlada em todo o processo, em condições para que ocorra a germinação, essa etapa necessita de oxigênio, para isso, realiza-se a aeração, para que o embrião possa respirar e manter seu metabolismo. Com a cevada ativada e bem hidratada, inicia-se a germinação, que pode ser observada com a formação de pequenas radículas na extremidade em que o grão se ligava à planta, o embrião produz as enzimas que são responsáveis pela quebra parcial do amido e das proteínas, interrompe-se a germinação com o aumento da temperatura. Por fim, realiza-se a secagem, fase de remoção das radículas e formação do aroma do malte.

A intensidade da secagem e torrefação, além do teor de açúcar disponível, é o que determina a coloração, o sabor e o aroma final do malte (Morado, 2017; Mallett, 2021).

O principal responsável pelas características de amargor, aroma e sabor da cerveja é o lúpulo (Silva, 2019). O que se conhece por lúpulo, são as flores do gênero *Humulus lupulus* L. que pertence à família *Cannabaceae*. Acredita-se que o gênero *Humulus* originou-se da Mongólia há seis milhões de anos atrás, sendo disseminado através de norte-americanos. É possível encontrar cinco variedades botânicas da espécie *lupulus*, sendo elas: *cordifolius*, *lupuldoides*, *lupulus*, *neomexicanus* e *pubescens*. Trata-se de plantas herbáceas perenes que podem viver até vinte anos e crescem até atingir 15 m de altura, porém, encontra-se em várias plantações lúpulos de 4 m a 9 m de altura (Hieronymus, 2020; Oliver, 2020).

Existem plantas femininas e masculinas do lúpulo, porém apenas as plantas que produzem flores femininas são de interesse para utilizar na produção de cerveja, pois apresentam flores maiores e com maior teor de resina. Nas flores femininas não fertilizadas é que são encontradas as glândulas de lupulina, as quais produzem um pó amarelado que contém as resinas (alfa-ácidos e beta-ácidos), óleos essenciais e polifenóis. Para obter o amargor da cerveja, adiciona-se o lúpulo durante a fervura do mosto, pois ocorre a conversão dos α -ácidos em iso-alfa-ácidos, que são os responsáveis por essa característica. Porém, os beta-ácidos, óleos essenciais que são responsáveis pelo aroma e sabor, são voláteis e se perdem durante a fervura, portanto, é interessante adicionar o lúpulo ao fim do processo. Além das características citadas, o lúpulo também possui efeito bacteriostático e auxilia na produção de uma espuma mais equilibrada (Durello; Silva; Bogusz, 2019; Hieronymus, 2020; Oliver, 2020).

As principais leveduras que realizam a fermentação da cerveja pertencem ao gênero *Saccharomyces*. Essas leveduras consomem o açúcar presente na cerveja e dessa forma realizam a fermentação alcoólica. As leveduras contribuem com características de sabor e aromas. Para a produção de cerveja, utiliza-se espécie e cepa de leveduras de acordo com as características que se deseja obter, porém, as principais são: *Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces pastorianus* (Morado, 2017; Silva, 2019; Martens, 2023).

Saccharomyces cerevisiae são leveduras de alta fermentação, essas realizam a fermentação em temperaturas superiores (15 a 24 °C), são do estilo *Ale*. Já as

leveduras *Saccharomyces pastorianus*, são leveduras que realizam a fermentação em menores temperaturas (9 a 15 °C), conhecidas como estilo *Lager*. Elas se diferenciam principalmente na temperatura ideal de crescimento, na capacidade de floculação e de consumir certos carboidratos (Silva, 2019).

Por fim, o uso de adjuntos pode contribuir com novas fontes de carboidratos para a produção de cerveja, agregando mais características de aroma, sabor e cor. Dependendo das características do adjunto utilizado, ele também pode contribuir na conservação da cerveja e aumentar os compostos bioativos presentes nela (Lima, 2022). Os adjuntos cervejeiros (ingredientes de origem animal, vegetal ou ingredientes aptos para consumo humano) podem substituir em até 45% em peso do malte ou o extrato de malte no mosto cervejeiro. Porém, se tratando do uso do mel e outros ingredientes de origem vegetal, fontes de amido e açúcares permitidos para consumo humano, o seu conjunto deve ser menor ou igual a 25% em peso ou em relação ao extrato primitivo (Brasil, 2019).

3.2.2 Processo de elaboração da cerveja artesanal

As *Summer Ales* são produzidas exclusivamente com leveduras de alta fermentação, em temperaturas mais elevadas. Sua coloração pode variar desde tons dourados claros, próximos aos das lagers do tipo *pilsner*, até matizes mais escuros, como o mogno. O teor alcoólico dessas cervejas costuma situar-se entre 3,0% e 5,5% de volume alcoólico. Tradicionalmente, este estilo integra a família das pale ales britânicas, abrangendo exemplares que vão desde versões leves, com aspecto semelhante ao das *golden lagers* mas com maior complexidade de sabores, até variações mais robustas, como as India Pale Ales (IPAs). Quanto ao consumo, recomenda-se que as *Summer Ales* sejam degustadas em temperaturas moderadas, entre 9 °C e 11 °C, a fim de preservar suas características sensoriais (Oliver, 2020a).

O processo de produção propriamente dito é iniciado pela obtenção e separação das matérias-primas. O fluxograma abaixo (Figura 1) demonstra todas as etapas essenciais para a obtenção da cerveja.

Figura 1 - Fluxograma de produção da cerveja artesanal

Fonte: Autoria própria, 2023.

A produção da cerveja inicia-se com a moagem do malte, com o objetivo de quebrar os grãos de cevada em um tamanho adequado para obter a separação do endosperma das cascas. Visto que o tamanho da quebra possui grande importância, pois se a moagem for fina interfere negativamente na etapa de filtragem e se for muito grosseira dificulta a atividade enzimática. Geralmente utiliza-se moinho de rolos para realizar a moagem do malte (Tavares, 2021).

A mosturação é a etapa em que se adiciona a água ao malte moído, aplicando diferentes temperaturas em determinados períodos para proporcionar temperaturas adequadas para cada tipo de enzima que se encontra no malte. A ativação das enzimas (betaglucanases e celulases) inicia-se em temperaturas de 40 °C a 45 °C, pois o amido é solubilizado. Em temperaturas de 50 °C a 55 °C ocorre a quebra de algumas proteínas, tendo então a formação de peptídeos e aminoácidos pelas enzimas proteolíticas, com essa temperatura é possível controlar a espuma desejada

na cerveja. Quando o mosto chega em temperatura de 60 °C a 70 °C, as enzimas alfa-amilase e beta-amilase são ativadas, com diferentes ações no amido, são enzimas de sacarificação. E por fim, a inativação das enzimas ocorre quando é atingida a temperatura de 76 °C a 78 °C. A obtenção do mosto é o resultado de uma solução levemente doce (Morado, 2017).

Em seguida, realiza-se a filtração com o objetivo de separar o mosto líquido do bagaço de malte. Finalizando a filtração, o bagaço é submetido a uma lavagem, com o intuito de retirar as substâncias ainda contidas no bagaço de malte, sendo necessário mais de uma passagem de água para a extração de todo o resíduo desejado, aplicando tempo de descanso com água para melhores resultados (Tavares, 2021).

Com o mosto já filtrado, inicia-se a fervura, na qual ocorre a inativação de enzimas, coagulação proteica e esterilização do mosto. É nessa etapa que se faz a adição do lúpulo, pois proporciona as características de amargor e aroma da cerveja. Caso seja desejável uma cerveja de amargor mais intenso, realiza-se a adição do lúpulo no início da fervura, é o momento em que ocorre a conversão dos alfa-ácidos em iso-alfa-ácidos, reação conhecida como isomerização. Para se obter um amargor mais suave, adiciona-se o lúpulo ao final da fervura. Geralmente faz-se adição parcial do lúpulo, ao início da fervura para dar características de amargor e o restante no final para obter aroma característico e evitar perda dos óleos essenciais (Venturini Filho, 2016). Além disso, a etapa de fervura é ideal para adicionar adjuntos, pois tem melhor extração dos compostos fenólicos e bioativos (Paiva; Mutz; Conte-Junior, 2021).

Após a fervura o mosto passa pelo processo de *whirpool*, que consiste na agitação circular do mosto com o auxílio de uma colher, por determinado tempo até a formação do *trub*, que são as proteínas precipitadas, esse processo ajuda na clarificação. Após isso, realiza-se o resfriamento, que pode ser feito com o auxílio de uma serpentina de alumínio, na qual tem a passagem de água para que ocorra troca de calor com o mosto e o resfriamento seja mais rápido (Ribeiro, 2022).

Por seguinte, o mosto resfriado é transferido para o tanque de fermentação e realiza-se a inoculação da levedura *Saccharomyces* (Marin *et al.*, 2023). A principal função da levedura é converter os açúcares disponíveis no mosto em etanol e gás carbônico. Caso a adição de levedura no mosto seja *S. cerevisiae* tipo *Ale* (alta fermentação), então o mosto deve estar em temperatura de 10 °C a 25 °C, pois se

trata da temperatura ideal de multiplicação, essas leveduras encontram-se no topo do fermentador, sendo possível observar uma camada espessa de células na superfície do mosto fermentado. Outras leveduras que podem ser adicionadas são do tipo *Lager* (baixa fermentação), para ocorrer a fermentação delas o mosto deve-se encontrar em temperaturas de 7 a 15 °C, essas leveduras têm um crescimento mais lento e ao fim da fermentação costumam se sedimentar ao fundo do fermentador. A temperatura do mosto a ser fermentado deve estar de acordo com a multiplicação ideal de cada levedura. Para realizar a fermentação pode-se utilizar de fermentos secos, líquidos ou culturas puras (Silva, 2019).

O produto da fermentação primária é conhecido como "cerveja verde", pois ainda não possui suas características de aroma e sabor formados, além de conter baixo teor de dióxido de carbono. Nesse contexto, temos a fermentação secundária, que é a própria maturação, na qual ocorre a formação e estabilização de aromas, sabores e ainda ocorre a metabolização de compostos que se encontram na solução pelas leveduras. Em se tratando de cervejas artesanais, a maturação pode durar até 10 dias ou meses. Ainda, nessa etapa pode-se fazer a adição de outros ingredientes, bem como as flores, que é de interesse neste estudo (Venturini Filho, 2016).

Por fim, realiza-se o envase, no caso de cervejas artesanais o acondicionamento da cerveja pode ser em garrafas de vidro, previamente sanitizadas. A carbonatação é feita nessa etapa e pode ser realizada por meio de adição de açúcar, gerando a segunda fermentação na garrafa que produz o CO₂ requerido (Ribeiro, 2022).

3.3 *Clitoria ternatea*

Clitoria ternatea pertence à família Fabaceae, é uma planta perene com flores de jardim de cor azul intenso (Gollen, 2018), possui caule fino e as folhas grandes. O crescimento da planta é rápido pois se adapta bem a climas extremos (Kalamani, 2003). Seu aproveitamento é notável, visto que não apresenta toxicidade e as partes como as raízes, folhas e flores possuem valor nutricional e podem ser aplicadas tanto para a farmacologia quanto como fonte nutricional para humanos e animais, como o gado (Muhammad Ezzudin; Rabeta, 2018).

Frequentemente, *C. ternatea* era usada como nootrópico, antidepressivo, tranquilizante, dentre outros usos medicinais. Destaca-se ainda, as propriedades

antimicrobiana, anti-inflamatória e principalmente antioxidante, devido aos compostos fenólicos e as antocianinas presentes nela (Mukherjee *et al.*, 2008). A seguir é possível observar as características de *Clitoria ternatea* (Figura 2).

Figura 2 – Imagem de *Clitoria ternatea*.



**A – Flor individual em detalhe; B – Flores coletadas; C – Flor ainda na planta.
Fonte: Autoria própria (2025).**

Nas flores de *Clitoria ternatea* encontram-se as antocianinas poliaciladas, popularmente conhecidas como ternatinas. As antocianinas pertencem ao subgrupo flavonoide e seus pigmentos vão do azul, roxo, violeta, magenta, vermelho ao laranja. Verifica-se que as antocianinas apresentam cor azul intensa em pH 3,2 e pH 5,2 (Damodaran, Srinivasan; Parkin, 2019; Vidana Gamage; Lim; Choo, 2021). No entanto, as antocianinas responsáveis por essa coloração são mais instáveis e degradam-se facilmente quando expostas a altas temperaturas e a luz (Tuan Putra *et al.*, 2021). Portanto, recomenda-se que sejam aplicadas em condições de temperaturas baixas, como em alimentos que sejam frios (Vidana Gamage; Lim; Choo, 2021).

Joy Turnos (2021) realizou análises e encontrou grande teor de N, P, K, Ca, Mg, teor de cinzas e matéria seca na flor de *Clitoria ternatea*. Nas sementes os resultados obtidos foram de 36,69% de carboidratos, 40,59% de proteína bruta, 4,92% de açúcares totais, 12,26% de gordura bruta, e 76,29 µg/ g de sódio.

A flor conta com aproximadamente 18 compostos em sua composição, bem como os flavonoides, triterpenoides pentacíclicos, taninos, lignanas, tendo atividade

bactericida e inseticida (Ravindran et al., 2020; Zhang; Cheng; Huang, 2021). A inserção de flores de *C. ternatea* em alimentos contribui com propriedades potencialmente funcionais nos alimentos, visto que as antocianinas possuem atividade antioxidante e antimicrobiana (Vidana Gamage; Lim; Choo, 2021).

A Tabela 1 apresenta os resultados da composição aproximada e do teor de minerais e metais pesados das flores de *C. ternatea*, utilizadas sob forma de extratos aquosos e metanólicos para análises laboratoriais, conforme determinado por Neda; Rabeta; Ong. (2013). Os dados incluem umidade, cinzas, gordura, proteína e fibra, além de destacar os elevados níveis de cálcio e magnésio, com concentrações notáveis de potássio, zinco, sódio e ferro.

Tabela 1 - Análise aproximada, teor de minerais e metais pesados das flores de *C. ternatea*.

Nutrientes	(%)	Minerais	(mg/g)	Metais pesados	(mg/g)
Umidade	92.4 ± 0.1	Boro	0.0150 ± 0.002	Cádmio	< 0.0001
Cinzas	0.45 ± 0.15	Cálcio	3.0953 ± 0.09	Arsênio	< 0.0001
Gordura	2.5 ± 0.1	Cobalto	< 0.0001	Chumbo	0.002333 ± 0.0002
Proteína	0.32 ± 0.03	Crômio	0.0007 ± 0.0	Níquel	0.001267 ± 0.0001
Fibra	2.1 ± 0.2	Cobre	0.0103 ± 0.0004		
Carboidrato	2.23 ± 0.3	Ferro	0.1441 ± 0.007		
		Potássio	1.2506 ± 0.235		
		Magnésio	2.2306 ± 0.134		
		Manganês	0.0249 ± 0.003		
		Molibidênio	0.0001 ± 10 ⁻⁴ x 5.7		
		Sódio	0.1413 ± 0.003		
		Selênio	< 0.0001		
		Zinco	0.5980 ± 0.006		

Os dados são valores médios ± desvio padrão (DP) de resultados triplicados; para análise aproximada, base seca e são expressos em porcentagem (%) e resultados para minerais e metais pesados (mg/g).

Fonte: Neda; Rabeta; Ong. (2013).

Um dos principais usos de *C. ternatea* é como corante natural. Fu et al. (2021) realizaram um estudo referente a cor, espectro, estabilidade de armazenamento e as propriedades antioxidantes do extrato de *C. ternatea* e verificaram que as antocianinas da flor têm uma estabilidade forte se comparada com outras plantas. A maior estabilidade térmica foi observada em pH 7, e em pH 4 ao 7 foi observada maior atividade antioxidante. Com isso, os autores indicam que as flores de *C. ternatea* são boas fontes de matéria-prima para obtenção de corante natural azul.

Pasukamonset et al. (2018) elaboraram pão de ló com a adição da *C. ternatea* e analisaram as características físico-químicas dos pães, bem como, as propriedades

antioxidantes e também a textura. A adição da flor teve como função manter a qualidade nutricional do produto e evitar a peroxidação lipídica em virtude dos compostos antioxidantes presentes na *C. ternatea*. Para isso, parcela da farinha foi substituída por extratos da *C. ternatea* em diferentes concentrações. Através deste estudo, constatou-se que os pães obtiveram boa aceitabilidade e que o uso de *C. ternatea* contribui com aumento de polifenóis e atividade antioxidante, ocasionando a redução da oxidação lipídica no pão de ló, o que evidencia o potencial da flor para ser usada em formulações de alimentos.

Outros estudos demonstraram que o consumo de bebidas contendo *C. ternatea* é benéfico para a saúde, visto que tem propriedades antioxidantes e diminui a peroxidação lipídica instigada pela sacarose em humanos saudáveis (Adisakwattana; Pasukamonset; Chusak, 2020). A flor de *C. ternatea* vêm sendo empregada em bebidas como kombuchas, chás etc. No entanto, deve-se ficar atento quanto ao processo de secagem das flores para fazer chá, pois ocorre grande perda dos compostos antioxidantes (Adisakwattana; Pasukamonset; Chusak, 2020; Majid et al., 2023; Supriatno et al., 2021).

4 MATERIAL E MÉTODOS

As matérias-primas necessárias para a produção de cerveja estilo *Summer Ale* são extrato de malte, lúpulo, fermento, água e extratos de *Clitoria ternatea*. Os insumos foram obtidos em loja física, em Francisco Beltrão – PR. As flores foram cultivadas pela autora e colhidas manualmente, sendo congeladas imediatamente após a coleta, para manter a integridade das flores, até o momento de seu processamento.

A produção das cervejas foi realizada na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) *campus* Francisco Beltrão no laboratório de Frutas, Hortaliças e Bebidas, bem como as análises físico-químicas. Além desse laboratório, também foi utilizado o laboratório de físico-química para realizar as análises do potencial antioxidante.

Para a realização da adição de *Clitoria ternatea* na cerveja foram elaborados os extratos aquosos da flor. Primeiramente as flores foram devidamente sanitizadas com hipoclorito de sódio, em seguida maceradas e diluídas em água estéril à temperatura ambiente, contendo diferentes concentrações. As adições ocorreram em duas etapas de processamento da cerveja para obtenção do resultado de melhor momento de adição, visando as propriedades de potencial antioxidantes, sendo que uma foi ao final da fervura e outra na maturação. Além dessas duas condições, foi incluído um tratamento com maior concentração do extrato e uma cerveja controle (padrão), sem adição, totalizando quatro tratamentos: cerveja com adição de extrato na fervura, cerveja com adição de extrato na maturação, cerveja com extrato extra e cerveja padrão.

Para obter a melhor concentração de extrato de *Clitoria ternatea* foi aplicado um delineamento fatorial 2 X 2 para testar diferentes concentrações e tempos de extração e avaliar qual tem maior potencial antioxidante (compostos fenólicos totais e atividade antioxidante), as concentrações foram estimadas a partir de valores máximos e mínimos dentro da quantidade de flor obtida durante a colheita. Portanto, o ensaio que apresentou o melhor desempenho foi inserido na produção de cerveja. A Tabela 2 apresenta as formulações dos extratos analisados.

Tabela 2 – Formulações dos extratos de *Clitoria ternatea* a partir do delineamento fatorial 2²

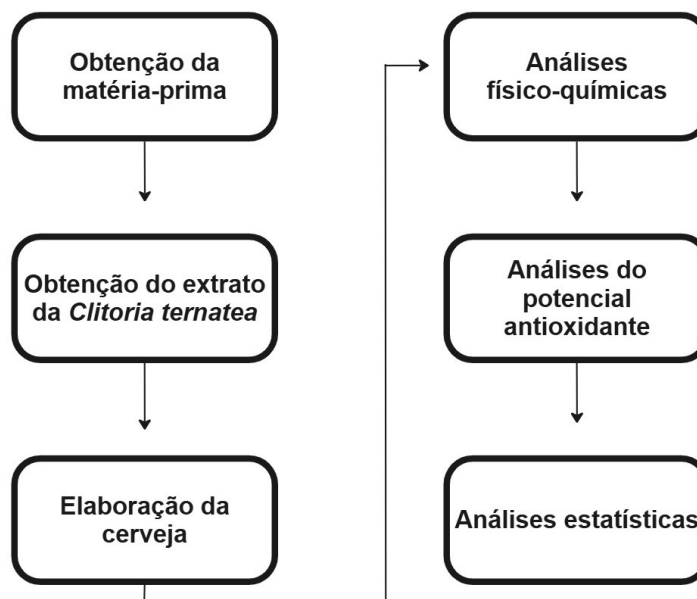
Ensaios	Concentração da flor em base úmida (%)	Tempo de extração (min)
1	0,05	20
2	0,30	20
3	0,05	60
4	0,30	60
5 ©	0,18	40
6 ©	0,18	40

Fonte: Autoria própria (2024)

As cervejas foram produzidas de forma artesanal, utilizando duas panelas tipo caldeirão de aço inoxidável com capacidade de 25 litros, um filtro *bazooka* de aço inoxidável 304, um fermentador tipo bombona (60 L) e mais três fermentadores de balde (25 L), que contém *airlock*, vedana e torneir. Além desses materiais, foi utilizado um *chiller* de imersão para o resfriamento do mosto e utensílios como colheres, termômetro, densímetro e pHmetro.

O fluxograma abaixo descreve as etapas de processamento que foram desenvolvidas (Figura 3).

Figura 3 – Fluxograma das etapas do processamento



Fonte: Autoria própria (2023).

O Quadro 1 apresenta as variáveis dependentes e independentes realizadas no estudo. Portanto, foram desenvolvidas formulações de cerveja controle (sem

adição de adjunto), com adição do melhor extrato de flor e a formulação do extrato extra, também adicionado na maturação, que contou com 130 g de flor em uma produção de cerveja de 4 L, com o objetivo de atribuir a coloração azul, visto que a concentração do extrato do delineamento é muito baixa para agregar com coloração e ainda avaliar qual agregaria com maior teor de antocianinas na bebida.

Quadro 1 – Variáveis dependentes e independentes do estudo

Variáveis dependentes	Variáveis independentes
Compostos fenólicos totais	Cerveja controle
Antocianinas totais	Cerveja com adição de extrato na fervura
Atividade Antioxidante - DPPH	Cerveja com adição de extrato na maturação
Atividade Antioxidante - ABTS	Cerveja com extrato extra
pH	
Teor alcoólico	

Fonte: Autoria própria (2023).

4.1 Produção de extrato de *Clitoria ternatea*

Foi realizado extrato aquoso da flor *C. ternatea* seguindo as metodologias de Vidana Gamage; Lim; Choo, (2021); Rana *et al.*, (2020) e Santos; Martins, (2023) com adaptações.

Inicialmente, as sépalas das flores foram removidas e as amostras higienizadas. Posteriormente, as flores foram maceradas com o auxílio de um pistilo e transferidas para tubos Falcon de 15 mL. As amostras foram homogeneizadas em vortex por 30 segundos e submetidas ao banho ultrassônico com uma tempera de 40 °C, pelo tempo estabelecido no delineamento experimental.

Em seguida, realizou-se centrifugação a 5000 rpm por 5 minutos, coletando-se o sobrenadante em tubos Falcon de 50 mL. O resíduo sólido foi submetido a uma segunda lavagem com 10 mL de água destilada, seguido novamente de ultrassonicação e centrifugação sob as mesmas condições. Por fim, o sobrenadante obtido da segunda extração foi adicionado ao tubo Falcon de 50 mL contendo o extrato previamente coletado.

4.2 Elaboração da cerveja

Para a elaboração de cerveja artesanal estilo *Summer Ale* foram adicionados 23 L de água na panela cervejeira e será aquecida até atingir 60 °C, em seguida,

adicionou-se 4 kg de extrato de malte, com agitação constante para se obter uma boa diluição.

No início da fervura, foi adicionado 30 g de lúpulo, para dar as características de amargor, e faltando 5 minutos para o fim da fervura, adicionou-se os 10 g restantes (responsáveis pelo aroma), essa etapa teve duração de 30 minutos. Na formulação 1 de cerveja, houve a adição do extrato da *C. ternatea* nos últimos 5 minutos da fervura.

Ao fim da fervura, foi feito o *whirlpool*, um importante processo para gerar a sedimentação das partículas presente no mosto.

O mosto foi resfriado com o auxílio de um *chiller* de imersão, inserido na própria panela de fermentação, dessa forma, teve a circulação de água por dentro e ao lado de fora, com a panela parcialmente mergulhada em água com gelo, acelerando a etapa de resfriamento, até atingir 25 °C.

Ao atingir a temperatura ideal para o desenvolvimento das leveduras, houve a transferência do mosto para o fermentador e por seguinte adicionou-se de 10 g de fermento seco e então realizada a agitação, agregando oxigênio ao mosto. Feito isso, o fermentador foi devidamente fechado, com álcool no *airlock* para impedir a entrada todo tipo de organismo no mosto.

A fermentação ocorreu em temperatura de 22 °C por aproximadamente 7 dias. Durante a fermentação, houve a verificação da densidade até atingir 1,010, sendo essa a densidade final da cerveja.

O período de maturação foi de aproximadamente 10 dias à 2 °C, com a temperatura controlada em uma geladeira. No início dessa etapa, adicionou-se os extratos de *C. ternatea*, um com 0,18 % de flor (formulação 2) e o extrato extra, com 3 % de flor (formulação 3).

Completado o tempo de maturação, as cervejas foram envasadas e a segunda fermentação nas garrafas. O preparo do *priming* consistiu em 150 g de açúcar branco diluído em 150 mL de água, levando ao fogo até a ebulição por 1 minuto, após isso, foi resfriado em banho maria até que a diferença de temperatura em relação ao mosto encontrou-se igual ou menor que 6 °C. O *priming* já resfriado, foi adicionado nas garrafas de vidro âmbar de 600 mL (6 mL por garrafa) e em seguida a cerveja verde foi envasada e lacrada. Essa etapa é importante para que ocorra a carbonatação da cerveja.

A tabela 3 abaixo apresenta as formulações de cerveja realizadas no presente estudo.

Tabela 3 – Formulações experimentais de cerveja com variações na adição do adjunto cervejeiro (extrato de *C. ternatea*)

Formulações	Água (L)	Extrato de malte (Kg)	Lúpulo (g)	Levedura (g)	Adição do adjunto	% de extrato (m/v)
F1	23	4	40	10	Fervura	0,18
F2	23	4	40	10	Maturação	0,18
F3	4	0,696	5,22	1,74	Maturação	3
F4	23	4	40	10	-	-

Fonte: Autoria própria, 2025.

4.3 Análises Físico-Químicas

4.3.1 Determinação do pH

A medição ocorreu por meio de um pHmetro, com calibragem que segue os padrões de pH 4 e 7 conforme descrito em Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

4.3.2 Determinação do teor alcoólico

O teor alcoólico da cerveja foi determinado a partir da sua densidade, para isso, utilizou-se um densímetro, em uma alíquota de 250 mL de mosto. A diferença entre a densidade (ρ) final e inicial foi multiplicada por 131,25 obtendo o resultado em porcentagem de álcool por volume (% ABV) (Thesseling *et al.*, 2019).

4.3.3 Determinação da cor

A análise de cor foi realizada nos ensaios de extrato de *C. ternatea* (*L*, *b* e *h*) e nas cervejas (*L*, *a*^{*}, *b*^{*}, *c* e *h*), em triplicata, por meio da leitura direta da refletância, utilizando a escala CIELAB em um colorímetro (CR-400 da Konica Minolta) (Constant *et al.*, 2023).

4.4 Análises do potencial antioxidante

4.4.1 Determinação dos compostos fenólicos totais

Para determinar os compostos fenólicos totais das amostras de extrato de *C. ternatea* e de cerveja, em triplicatas, foi construída uma curva padrão com ácido gálico, em seguida foi adicionada a solução Folin Ciocalteau 2N a 10% e uma solução de carbonato de sódio a 4% de concentração. O branco era composto de água destilada e os tubos de ensaio foram encapados com 'papel' alumínio para não serem expostos à luz. Com isso, foi realizada a leitura a 740 nm no espectrofotômetro, os resultados foram obtidos em miligramas de ácido gálico por grama (mg GAE g^{-1}) (Singleton; Orthofer; Lamuelaraventós, 1999).

4.4.2 Determinação do teor total de antocianinas

As antocianinas totais foram determinadas através do método de pH diferencial descrito por Lee; Durst; Wrolstad, (2005) com adaptações. Inicialmente foram preparadas soluções tampão com pH 1,0 (cloreto de potássio 0,025M) e pH 4,5 (acetato de sódio 0,4M). Para preparar a solução tampão pH 1,0 foi pesado 1,86 g de cloreto de potássio (KCl) e dissolvido em 980 mL de água destilada, foi feita a leitura de pH realizando os ajustes necessários até atingir o pH 1,0 ($\pm 0,05$) de aproximadamente 6,3 mL de ácido clorídrico (P.A.). Para preparar a solução tampão pH 4,5 foi pesado 54,43 g de acetato de sódio ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na}$) e dissolvido em 960 mL de água destilada, será realizada leitura de pH fazendo os ajustes necessários até atingir o pH 4,5 ($\pm 0,05$). Com o auxílio de uma pipeta volumétrica, adicionou-se 2 mL de amostra, das quatro formulações de cerveja em triplicata, e 1 mL de ácido, fazendo o mesmo procedimento para cada pH. Esta adaptação no método se deu por possuir uma amostra muito diluída e a absorbância deve-se encontrar entre 0,2 e 1,4 nm. Ainda, foi feita a leitura da absorbância da amostra diluída com tampão pH 1 e tampão pH 4,5, a 520 e 700 nm após 20 minutos da preparação, o branco foi a água destilada. O valor de antocianinas totais foi obtido através da equação 1: Antocianina (cianidina – 3 – glicosídeo mg.L^{-1}) = $(A \times \text{MW} \times \text{DF} \times 10^3) / (\epsilon \times l)$ (Eq. 1)

Onde:

$A = (A_{520\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH } 1} - (A_{520\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH } 4,5}$;

$\text{MW} = 449,2 \text{ g.mol}^{-1}$ por cianidina-3-glicosídeo;

DF = fator de diluição;

l = caminho ótico em cm;

ϵ = 26.900 coeficiente de extinção molar ($L \times mol^{-1} \times cm^{-1}$).

10^3 = fator de conversão de gramas para miligramas.

4.4.3 Atividade antioxidante

Atividade antioxidante dos ensaios de extrato de *C. ternatea*, em triplicatas, foi estimada através do método DPPH, a partir da metodologia descrita por Musa *et al.*, (2013) realizando as adaptações necessárias. Foi realizada uma curva padrão com Trolox 1000 μM e outra de 2000 μM , e então feita a solubilização do DPPH com etanol. Com isso, foi usada a absorvância de 517 nm no espectrofotômetro e o branco era o etanol. Os resultados apresentam-se em mM TEAC (atividade antioxidante proporcional a Trolox) g^{-1} amostra.

Outra análise antioxidante realizada nos ensaios de extrato e nas formulações de cerveja, em triplicatas, foi o método ABTS, que se baseia na redução do radical catiônico pré-formado de ácido 2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolino-6-sulfônico) (ABTS) na presença de antioxidantes doadores de hidrogênio, conforme descrito por (Re *et al.*, 1999).

4.4.4 Análise microbiológica

A análise microbiológica foi realizada segundo a Instrução normativa nº 65 de 2019, a qual estabelece que a cerveja deve atender aos padrões microbiológicos estabelecidos para as bebidas não alcoólicas, pois até o momento não há legislação microbiológica para bebida alcoólica. O parâmetro exigido é a ausência de *Coliformes* a 35 °C/50 mL de amostra de cerveja. A metodologia utilizada foi (Silva *et al.*, 2017).

4.5 Análise estatística

Os resultados das análises físico-químicas e de potencial antioxidante foram submetidos a análise de variância (ANOVA), teste de Tukey e por fim, foi feita a elaboração dos gráficos e tabelas. Para isso, foi utilizado utilizando o programa computacional STATISTICA 7.0 (StatSoft, 2008).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Extrato de *Clitoria ternatea*

5.1.1 Análises físico-químicas

A Tabela 4 apresenta os resultados da análise de cor dos seis extratos avaliados, com base na luminosidade (L), cromaticidade (b*), ângulo de tonalidade (h) (Hunterlab, 1996). Esses dados, associados ao potencial antioxidante previamente determinado, são essenciais para a seleção do extrato mais adequado à formulação da cerveja.

Tabela 4 - Médias e desvios-padrão referente à análise de cor do extrato de *Clitoria ternatea*.

Ensaio	L	b	h
1	67,63 ± 0,16 A	-10,07 ± 0,49 B	282,46 ± 1,35 AB
2	54,63 ± 0,93 B	-23,22 ± 2,29 A	287,58 ± 0,49 AB
3	68,14 ± 0,17 A	-11,42 ± 1,75 B	290,04 ± 2,04 A
4	54,13 ± 0,44 B	-20,99 ± 3,53 A	285,61 ± 1,94 AB
5	55,61 ± 2,28 B	-23,01 ± 2,98 A	278,85 ± 7,23 B
6	53,76 ± 1,98 B	-20,62 ± 1,63 A	283,53 ± 0,00 AB

A, B,...: Letras distintas na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0.05$); Letras iguais não apresentam diferença entre si.

Fonte: Autoria própria, 2025.

As variáveis de cor dos seis extratos foram avaliados por colorimetria e submetidos à análise de variância (ANOVA), seguida pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Houve diferenças estatísticas significativas entre os extratos para todas as variáveis analisadas.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 3, pode-se observar que a coloração dos ensaios variou de acordo com a concentração do extrato. Os ensaios 1 e 3, com as menores concentrações, apresentaram maior luminosidade (L*), resultando em tonalidades mais claras. Já os ensaios 2, 4, 5 e 6, com concentrações mais elevadas, apresentaram menores valores de L*, indicando coloração mais intensa.

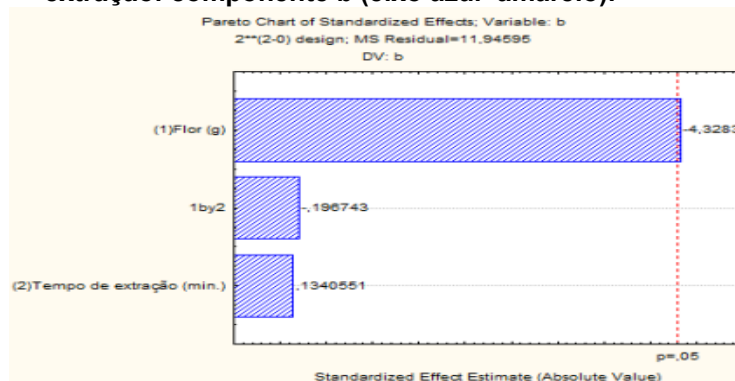
Em relação a variável b*, os ensaios 2, 4, 5 e 6 não apresentaram diferenças significativas entre si, apresentando valores voltados para o espectro azul (entre -20 e -23), o que indica uma predominância mais intensa dessa tonalidade. Já os ensaios 1 e 3 (com valores próximos de -10), mostraram menor intensidade do azul, condizente com seus maiores valores de luminosidade.

Considerando o ângulo hue (h), todos os ensaios apresentaram valores em torno de 280° , com exceção do ensaio 3, que teve valor mais alto ($290,04^\circ$) indicando tonalidade mais violácea), e o ensaio 5, com o menor valor ($278,85^\circ$), mais próximo do azul puro. Apesar das variações estatísticas sutis, o valor de h do ensaio 5 contribuiu para diferenciá-lo, indicando uma coloração azul mais definida e menos tendente ao violeta.

De forma geral, os extratos 2, 4, 5 e 6 apresentaram desempenho semelhante nas variáveis avaliadas. Mostraram menor luminosidade (L^*), valores negativos de b^* mais acentuados, indicando maior predominância do azul, e ângulos de matiz (h) próximos, característicos de tonalidades azuladas. As variações observadas entre esses extratos foram sutis, não sendo possível apontar um destaque claro com base apenas nas variáveis de cor analisados.

A Figura 4 abaixo apresenta os gráficos de Pareto da análise de cor, mostrando a influência da concentração da flor e do tempo de extração em cada ensaio realizado para o croma b.

Figura 4 – Gráfico de Pareto da análise de cor (sistema CIELAB) para os ensaios de extração: componente b (eixo azul-amarelo).



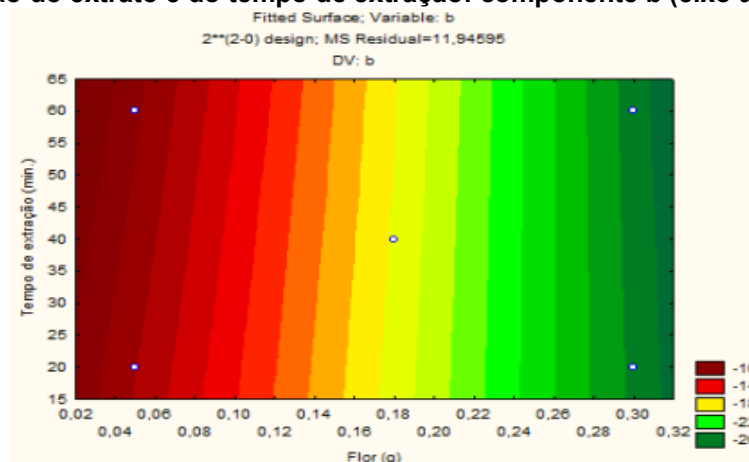
Fonte: Autoria própria, 2025.

No caso do croma b^* , que representa a variação na escala amarelo-azul, observou-se que apenas a concentração da flor apresentou efeito estatisticamente significativo, com coeficiente negativo. Esse resultado indica que o aumento na concentração está associado à redução dos valores de b, o que corresponde a uma intensificação da tonalidade azul no extrato.

Em contrapartida, tanto o tempo de extração quanto a razão entre tempo e concentração (1by2) não demonstraram significância estatística, sugerindo que não

exercem influência relevante sobre essa variável nas condições avaliadas no delineamento fatorial 2².

Figura 5 – Gráfico de contorno da análise de cor (sistema CIELAB) em função da concentração do extrato e do tempo de extração: componente b (eixo azul–amarelo).



Fonte: Autoria própria, 2025.

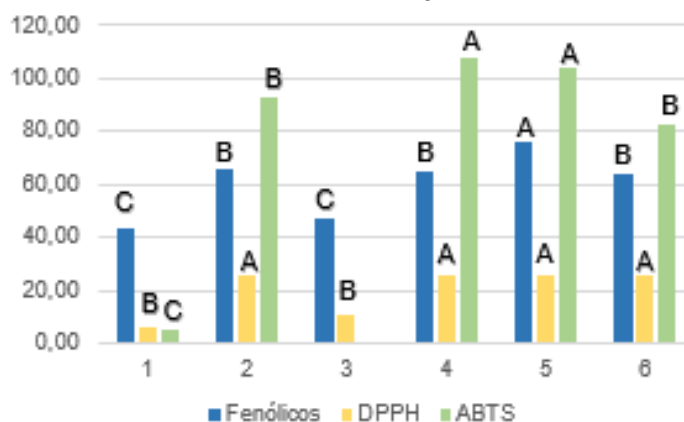
A análise do gráfico de contorno (Figura 5) para o componente b (eixo azul–amarelo, sistema CIELAB) mostra que os pontos experimentais estão distribuídos por toda a área do gráfico. Observou-se que as variáveis de cor foram influenciadas de forma distinta pela concentração da flor e pelo tempo de extração. O ensaio com maior concentração de flor (0,30 %) está localizado em uma região vermelha, indicando a significância da concentração do extrato. Os ensaios com 0,18% de flor no extrato localizam-se em uma zona de transição entre o amarelo e o verde claro, enquanto o de menor concentração (0,05%) está em uma área predominantemente verde. Esses padrões sugerem que maiores concentrações do extrato podem estar associadas à otimização da resposta cromática b*, dentro das condições avaliadas.

5.1.2 Análises de Potencial Antioxidante

A Figura 6 apresenta os resultados da quantificação de compostos fenólicos totais e da atividade antioxidante dos seis extratos de *C. ternatea*, determinada pelos métodos DPPH e ABTS. Um estudo feito por Platzer *et al.*, (2021) destacou a importância de utilizar os dois métodos ao identificar diferenças na resposta da atividade antioxidante explorada por cada um. Os dados foram submetidos à análise

de variância (ANOVA), seguida pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), revelando diferenças estatísticas significativas entre os extratos para todos as variáveis.

Figura 6 - Média - Compostos Bioativos presentes nos ensaios de extrato de *Clitoria ternatea*: Compostos fenólicos totais e antioxidantes pelos métodos de DPPH e ABTS.



Fonte: autoria própria, 2025.

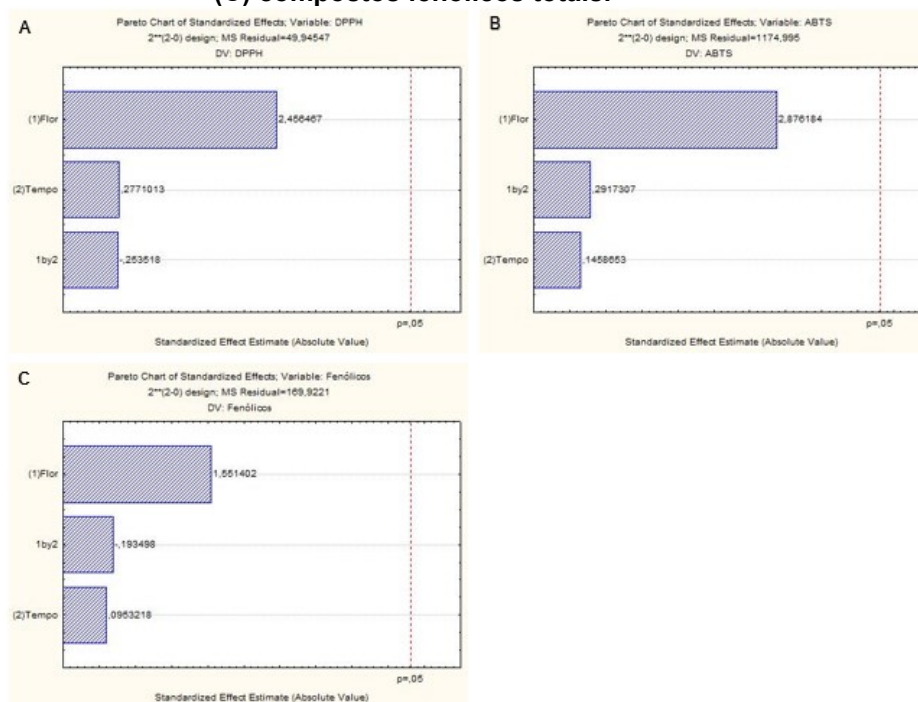
O ensaio 5 apresentou os maiores teores de compostos fenólicos totais e elevada atividade antioxidante em ambos os métodos, com resultados estatisticamente semelhantes aos dos ensaios 2, 4 e 6 para DPPH, e aos ensaios 4 e 2 para ABTS. Esses dados indicam que o ensaio 5 se destaca não apenas pela coloração favorável, mas também pelo alto potencial antioxidante, sendo o mais promissor para aplicação na cerveja.

A partir dos gráficos de Pareto (Figura 7) gerados para os compostos fenólicos totais e para a capacidade antioxidante pelos métodos de DPPH e ABTS, observou-se que a concentração de flor foi o fator que apresentou os maiores efeitos estimados em todas as respostas analisadas. No entanto, nenhum dos fatores avaliados ultrapassou a linha de significância estatística, indicando ausência de efeito significativo ao nível de confiança adotado.

Os fatores tempo de extração e a interação (1by2) exibiram valores bastante reduzidos, reforçando sua baixa contribuição estatística na variação dos compostos bioativos nas condições experimentais.

Esses resultados sugerem que, apesar de haver uma tendência de aumento nos teores de compostos fenólicos e na atividade antioxidante com o aumento da concentração de flor, essa relação não pôde ser confirmada estatisticamente dentro do intervalo estudado.

Figura 7 - Gráficos de Pareto indicando a relação entre tempo de extração e concentração de *Clitoria ternatea* para os diferentes métodos de análise: (A) DPPH, (B) ABTS e (C) compostos fenólicos totais.

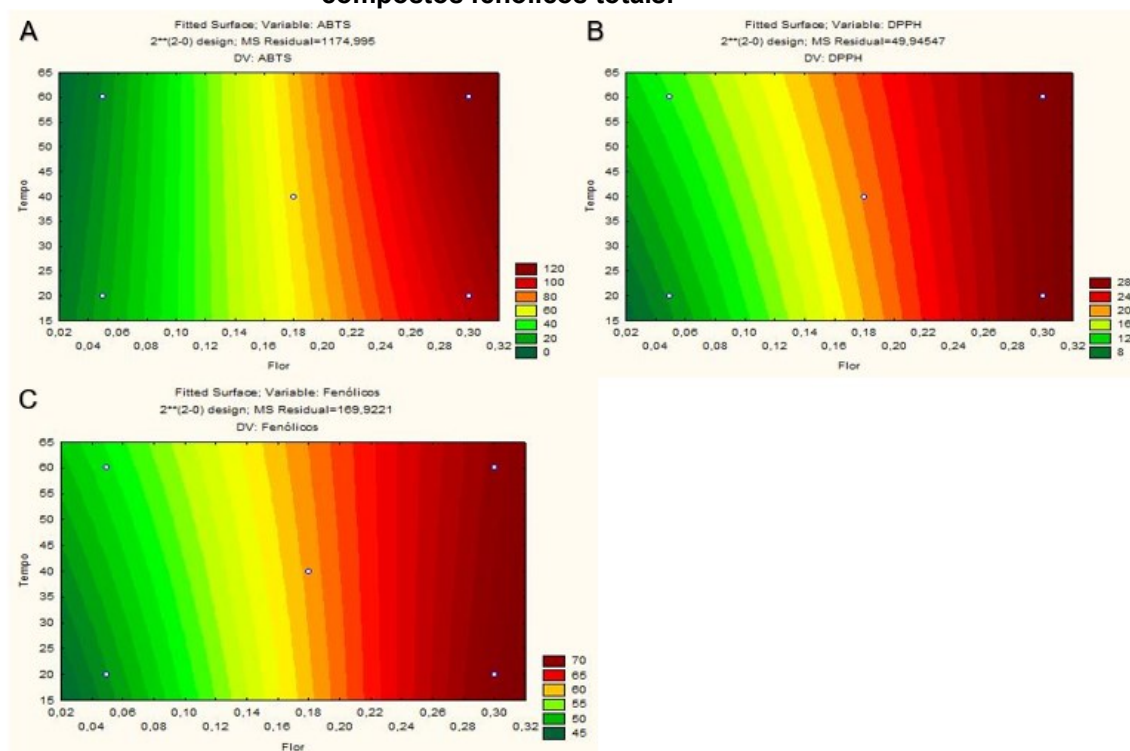


Fonte: Autoria própria, 2025.

Nos gráficos de contorno abaixo (Figura 8), para os compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante pelos métodos DPPH e ABTS, observou-se um padrão claro em relação à distribuição dos dados. As maiores respostas foram obtidas nas condições com maior tempo de extração e maior concentração de flor, localizadas na região vermelha do gráfico, indicando áreas mais otimizadas.

O ponto (ensaio 5) selecionado para continuidade do estudo está na faixa laranja, com tempo e concentração intermediários. Apesar de não representar o valor máximo, apresentou bons resultados.

Figura 8 - Gráficos de calor indicando a relação entre tempo de extração e concentração de *C. ternatea* para os diferentes métodos de análise: (A) DPPH, (B) ABTS e (C) compostos fenólicos totais.



Fonte: Autoria própria, 2025.

Diante dos resultados obtidos, o ensaio escolhido para continuidade do estudo foi o Ensaio 5, com tempo de extração de 40 minutos e concentração de 0,18 % de flor. Resultados parecidos foram observados por Jeyaraj; Lim; Choo, (2021), que destacaram a boa eficiência da extração com maceração seguida de ultrassom em meio aquoso para flores de *C. ternatea*. Essa condição apresentou bons resultados nos teores de compostos fenólicos e na atividade antioxidante, mesmo sem alcançar os valores máximos observados nos gráficos de calor. Ainda assim, se mostrou uma opção promissora e equilibrada, sendo um extrato adequado para aplicação na cerveja *Summer Ale* em estudo.

Além deste extrato, foi adicionado outro extrato de *C. ternatea* com concentração de 3 % de flor em 4 L de cerveja, definida a partir de testes visuais de cor na cerveja, durante a maturação. Essa concentração foi escolhida por proporcionar a tonalidade desejada, destacando a cor natural da flor. A Figura 9 abaixo, apresenta a coloração da cerveja com extrato extra na maturação.

Figura 9 - Imagem de teste de coloração do extrato de *C. ternatea* na cerveja durante a maturação.



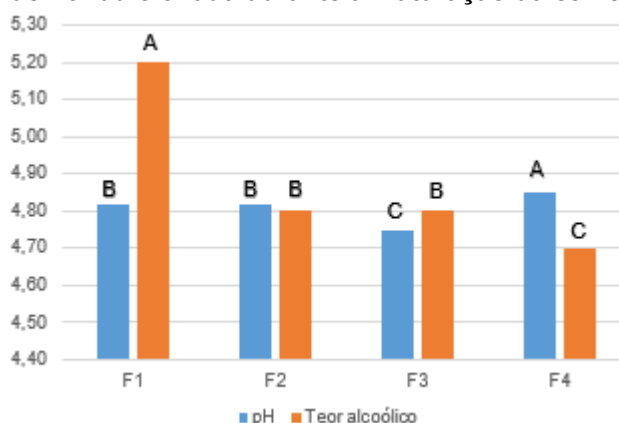
Fonte: Autoria própria, 2024.

5.2 ANÁLISES DAS CERVEJAS

5.1 Análises físico-químicas

A Figura 10 abaixo apresenta os resultados das análises físico-químicas de pH e teor alcoólico das formulações avaliadas. Observou-se diferença significativa entre as amostras para ambas as variáveis ($p < 0,05$), conforme indicado pelo teste de Tukey.

Figura 10 – Médias referente as análises de pH e teor alcoólico das quatro formulações da cerveja *Summer Ale*: F1 (0,18 % de extrato de flor adicionada ao final da fervura do mosto cervejeiro), F2 (0,18 % de extrato de flor adicionado durante a maturação da cerveja), F3 (3 % extrato de flor adicionada durante a maturação da cerveja) e F4 (padrão).



A, B,...: Letras distintas na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); Letras iguais não apresentam diferença entre si.

Fonte: Autoria própria, 2025.

Em relação ao pH, F4 apresentou o valor mais elevado, enquanto F3 registrou o menor valor entre as amostras. As formulações F1 e F2 apresentaram valores intermediários, sem diferença estatística entre si.

Quanto ao teor alcoólico, houve diferença significativa entre as formulações, exceto entre F2 e F3, que receberam os extratos durante a maturação, apresentando valores próximos ao da cerveja padrão (F4). O teor alcoólico obtido para essas formulações está dentro do esperado para cervejas do estilo *Summer Ale*, relatou-se valores parecidos no estudo de (Lima *et al.*, 2021).

O valor mais elevado de teor alcoólico foi observado na formulação que recebeu o extrato na fervura (F1), resultado que pode estar associado ao processo produtivo. Como as cervejas foram elaboradas em panelas diferentes, sendo que a F1 foi feita separadamente devido à adição do extrato na fervura, verificou-se uma leve perda de água por ebulição, o que elevou a concentração de açúcares disponíveis

no mosto e, conseqüentemente, o teor alcoólico final. Resultado semelhante foi encontrado por Zhuang; Smart; Powell, (2019), que identificaram uma relação direta entre a concentração de açúcares no mosto e o teor alcoólico obtido após a fermentação.

A cor é um parâmetro que interfere diretamente no sensorial de cada indivíduo (Widyasanti; Septianti; Nurjanah, 2018). Considerando sua relevância na percepção inicial do consumidor, foi realizada a análise de cor das quatro amostras com o objetivo de descrever visualmente cada uma delas e identificar possíveis diferenças entre as formulações. Essa caracterização auxilia na compreensão da aparência das amostras e na comparação entre os perfis visuais obtidos.

A Figura 11 apresenta as quatro formulações de cervejas artesanais estilo *Summer Ale* elaboradas no presente estudo.

Figura 11 – Formulações das cervejas artesanais *Summer Ale*. As cervejas estão dispostas na seguinte ordem: F4 (padrão), F3 (3 % extrato de flor adicionada durante a maturação da cerveja), F1 (0,18 % de extrato flor adicionada ao final da fervura do mosto cervejeiro) e F2 (0,18 % de extrato de flor adicionado durante a maturação da cerveja).



Fonte: Autoria própria, 2025.

A tabela 7 abaixo apresenta as médias e desvios-padrão referentes à análise de cor realizada nas quatro formulações de cerveja *Summer Ale*.

Tabela 7 - Médias e desvios-padrão referente à análise de cor das quatro formulações da cerveja *Summer Ale*: F1 (0,18 % de extrato flor adicionada ao final da fervura do mosto cervejeiro), F2 (0,18 % de extrato de flor adicionado durante a maturação da cerveja), F3 (3 % extrato de flor adicionada e F4 (padrão).

Amostras	L	a	b	c	h
F1	75,56 ± 0,92 B	2,36 ± 0,04 C	14,55 ± 0,50 C	108,71 ± 7,32 C	80,79 ± 0,35 A
F2	62,74 ± 1,61 C	2,63 ± 0,24 C	18,83 ± 0,54 B	180,87 ± 10,68 B	82,04 ± 0,49 A
F3	40,63 ± 0,41 D	13,59 ± 0,38 A	-13,70 ± 0,19 D	186,20 ± 7,68 B	15,35 ± 52,12 A
F4	78,52 ± 0,22 A	3,24 ± 0,12 B	22,93 ± 0,47 A	268,30 ± 10,41 A	81,95 ± 0,44 A

A, B,...: Letras distintas na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0.05$); Letras iguais não apresentam diferença entre si.

Fonte: Autoria própria, 2025.

A análise de cor das cervejas apresentou variações significativas entre cada amostra, demonstrando a diversidade de cores presentes nas formulações de cervejas.

A análise estatística indicou diferenças significativas entre as formulações nas variáveis de cor ($p < 0,05$), conforme demonstrado pela ANOVA e confirmado pelo teste de Tukey, que separou as amostras em grupos distintos.

A F1 destacou-se por exibir a tonalidade levemente amarronzada, com tonalidade próxima da F2. Porém, F2 manteve a tendência amarronzada, mas com luminosidade e saturação moderadas, apresentando coloração mais intensa em relação às demais.

Em contraste, a F3 apresentou o perfil mais diferente, com coloração azulada e menor luminosidade, evidenciada pelo valor negativo da variável b^* , que indicou o predomínio dessa tonalidade. A formulação F4 apresentou coloração mais clara, com maior luminosidade e predominância de tons amarelados.

Esses resultados mostram que as quatro formulações apresentaram perfis de cor distintos, resultado das diferenças na composição, o que reforça a importância da análise instrumental na avaliação da aparência das amostras. A caracterização colorimétrica é fundamental nesse contexto, pois a percepção visual humana não é suficientemente precisa para quantificar, de forma confiável, a intensidade e as nuances das cores (Dutta; Nath, 2024).

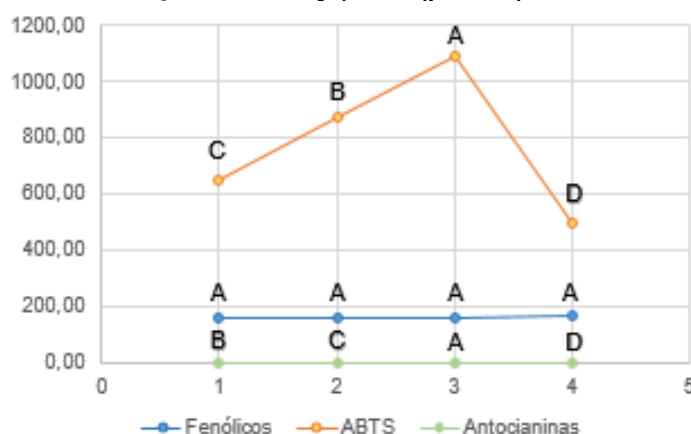
Um estudo conduzido por Koren *et al.*, (2020) analisou 39 cervejas comerciais, incluindo versões com frutas, e comparou os métodos tradicionais de cor, a Convenção Europeia de Cervejeiros (EBC) e o Método de Referência Padrão (SRM)

com a aplicação do sistema CIELAB. Os autores concluíram que bebidas com espectros cromáticos atípicos, como as cervejas de frutas, podem não ser captadas com eficiência pelos métodos convencionais, enquanto o CIELAB é capaz de identificar com mais precisão essas nuances. Isso reforça a relevância do uso do sistema CIELAB na caracterização de bebidas com coloração diferenciada, como as produzidas no presente estudo, com a *Clitoria ternatea*, que pode gerar tons azulados, arroxeados ou intensificar a cor da cerveja para tons terrosos, muitas vezes negligenciados em análises tradicionais.

5.2 Análises de potencial antioxidante

A Figura 12 abaixo apresenta os resultados dos compostos fenólicos totais, capacidade antioxidante (ABTS) e teor de antocianinas das amostras de cerveja avaliadas.

Figura 12 - Médias do potencial antioxidante detectado nas cervejas: F1 (0,18 % de extrato de flor adicionada ao final da fervura do mosto cervejeiro), F2 (0,18 % de extrato de flor adicionado durante a maturação da cerveja), F3 (3 % extrato de flor adicionada durante a maturação da cerveja) e F4 (padrão).



A, B,....: Letras distintas na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0.05$); Letras iguais não apresentam diferença entre si.

Fonte: Autoria própria, 2025.

Não foram observadas diferenças significativas no teor de compostos fenólicos totais entre as formulações, indicando uniformidade entre elas. Em contraste, a capacidade antioxidante variou significativamente ($p < 0,05$), com F3 apresentando o maior valor, seguida de F2, F1 e, por fim, F4, que apresentou a menor atividade antioxidante.

Quanto às antocianinas, F3 destacou-se com o maior teor, enquanto F4 não apresentou detecção desses compostos. Resultados semelhantes foram relatados em um estudo conduzido por Nedyalkov *et al.*, (2022), no qual cervejas elaboradas com adição de mirtilo apresentaram antocianinas detectáveis, enquanto na amostra padrão, sem a fruta, tais compostos não foram identificados.

Com base nos dados obtidos na análise de antocianinas, foi possível observar que as formulações de cerveja F1 e F2 exibiram concentrações intermediárias, com valores estatisticamente distintos entre si. O extrato (1), adicionado durante a fervura, apresentou maior extração desses compostos em comparação ao extrato (2), adicionado na maturação. Um estudo de Oancea, (2021) mostra que as antocianinas podem ser degradadas pelo calor, dependendo da temperatura e do tempo de exposição. Além disso, o pH também influencia sua estabilidade, sendo que valores mais ácidos favorecem sua preservação. No presente estudo, a maior extração na fervura pode estar relacionada ao tempo curto de aquecimento (5 minutos), enquanto a menor extração na maturação pode ter sido influenciada pelo pH do meio, que estava em torno de 4,5. O estudo também destaca que extratos brutos tendem a apresentar maior estabilidade térmica em comparação aos purificados, possivelmente devido a interações como a copigmentação, que ajudam a proteger as antocianinas do estresse térmico.

Esses resultados indicam que, embora o teor de fenólicos totais tenha se mantido estável, a capacidade antioxidante e o conteúdo de antocianinas diferenciaram-se entre as formulações, evidenciando a influência da composição específica de cada amostra nestas variáveis.

5.3 Análise microbiológica

Foi realizada análise de *Coliformes* a 35 °C/50 mL, conforme a legislação vigente (Brasil, 2019). O teste apresentou-se negativo para coliformes, confirmando que as formulações de cerveja estavam seguras para consumo. A Figura 13 apresenta, abaixo, os tubos utilizados na análise microbiológica, devidamente limpos.

Figura 13 - Imagem dos tubos limpos da análise microbiológica, indicando ausência de contaminação.



Fonte: Autoria própria, 2024.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da cerveja artesanal do estilo *Summer Ale* com adição de *C. ternatea* se mostrou inovador. A flor contribuiu com antocianinas, compostos fenólicos totais e antioxidantes, enriquecendo a bebida. Dentre as formulações testadas, a formulação 3 (extrato com 3% de flor), apresentou os melhores resultados em termos de atividade antioxidante, com destaque para o alto teor de antocianinas. Em relação ao método de adição, observou-se que a formulação 1, na qual o extrato foi incorporado ao final da fervura, proporcionou maior extração de antocianinas em comparação com a formulação 2, onde o extrato foi adicionado na maturação.

Além disso, verificou-se que variações na concentração da flor influenciam diretamente na coloração da bebida, enquanto concentrações maiores conferem tom azul característico da *C. ternatea*, concentrações muito baixas podem resultar em colorações amarronzadas. Essa flexibilidade permite ajustes visuais sem comprometer os compostos bioativos da cerveja, conforme visto na pesquisa, até mesmo quantidades baixas de *C. ternatea*, como 0,18 % de flor, contribui com atividade antioxidante.

Para o aprimoramento do produto, recomenda-se a realização de análises sensoriais e explorar mais adjuntos que possam contribuir com o sabor. Adicionalmente, sugere-se a inclusão de uma etapa de clarificação no processo, com o objetivo de reduzir a turbidez e obter uma cerveja mais límpida.

REFERÊNCIAS

- ADISAKWATTANA, S.; PASUKAMONSET, P.; CHUSAK, C. ***Clitoria ternatea* beverages and antioxidant usage**. In: PREEDY, V. R. (Ed.). Pathology: oxidative stress and dietary antioxidants. London: Academic Press, 2020. cap. 18, p. 189–196. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815972-9.00018-4>. Acesso em: 9 jun. 2025.
- ANTUNES, L. A. **Cinética de secagem e qualidade do pó rosa obtido das brácteas de *bougainvillea glabra* para aplicação como corante natural em alimentos**. 2023. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – PPGCTA, Rio de Janeiro, 2023.
- AQUARONE, E.; BORZANI, W.; LIMA, U. DE A. **Biotecnologia Industrial: Biotecnologia na Produção de Alimentos**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2001.
- BRASIL. **Instrução normativa nº 65, de 10 de dezembro de 2019**. Altera o Anexo ao Decreto nº 6.871, de 4 jun. 2009, que regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 jul. 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Brasília, DF. Diário Oficial da União. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/d9902.htm. Acesso em: 10 jan. 2025.
- BRASIL. Ministério da agricultura e da pecuária. **Setor cervejeiro segue crescendo a cada ano, aponta anuário**. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/setor-cervejeiro-segue-crescendo-a-cada-ano-aponta-anuario>>. Acesso em: 7 fev. 2025.
- BRASIL. Ministério da agricultura e pecuária. **Anuário da cerveja**, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/anuarios-de-produtos-de-origem-vegetal-pasta/anuario-da-cerveja-2024-ano-referencia-2023/view>. Acesso em: 20 nov. 2024.
- CONSTANT, P. B. L. et al. Aplicação do corante de açaí (*Euterpe oleracea* M) em sistemas alimentícios. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, Curitiba, v. 20, n. 11, p. 18571–18593, 2023.
- DURELLO, R. S.; SILVA, L. M.; BOGUSZ, S. Química do lúpulo. **Química Nova**, São Paulo, v. 42, n. 8, p. 900–919, 2019.
- DUTTA, K.; NATH, R. Application of Colorimetry in Food Industries. In: **Avanços em Colorimetria**. [S.l.] IntechOpen, 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/375566936_Application_of_Colorimetry_in_Food_Industries. Acesso em: 12 jan. 2025.
- EMBRAPA; MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. **Brasil em 50 alimentos**. Brasília, DF, 2023.
- FU, X. et al. Spectral characteristic, storage stability and antioxidant properties of anthocyanin extracts from flowers of butterfly pea (*Clitoria ternatea* L.). **Molecules**, v. 26, n. 22, 2021.

- GOLLEN B.; MEHLA, J.; GUPTA, P. *Clitoria ternatea* linn: a herb with potential pharmacological activities: future prospects as therapeutic herbal medicine. **Journal of Pharmacological Reports**, v. 3, n. 141, p. 1–8, 2018.
- HANDAYANI, L. et al. Identification of the anthocyanin profile from butterfly pea (*Clitoria ternatea* L.) flowers under varying extraction conditions: Evaluating its potential as a natural blue food colorant and its application as a colorimetric indicator. **South African Journal of Chemical Engineering**, v. 49, p. 151–161, 2024.
- HIERONYMUS, S. **Lúpulo guia prático para o aroma, amargos e cultivo de lúpulos**. Belo Horizonte: Krater, 2020.
- HUNTERLAB. Applications note: CIE L* a* b* color scale. v. 8, n. 7, p. 1–4, 1996.
- IAL, I. A. L. Métodos físico químicos para análise de alimentos. **Métodos físicos-químicos para análise de Alimentos**, v. 9, p. 453–460, 2008.
- IBGE, I. B. DE G. E E. **Pesquisa de orçamentos familiares 2017-2018: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil**, 2020.
- JEYARAJ, E. J.; LIM, Y. Y.; CHOO, W. S. Extraction methods of butterfly pea (*Clitoria ternatea*) flower and biological activities of its phytochemicals. **Journal of Food Science and Technology**, v. 58, n. 6, p. 2054–2067, 2021.
- KINUPP, V. F. Plantas alimentícias não-convencionais da região metropolitana de Porto Alegre, RS. **Tese** (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. 590 f.
- KOREN, D.; HEGYESNÉ VECSEI, B.; KUN-FARKAS, G.; URBIN, Á.; NYITRAI, Á.; SIPOS, L. How to objectively determine the color of beer?, **Journal of Food Science and Technology**. v. 57, n. March, p. 1183–1189, 2020.
- LEE, J.; DURST, R. W.; WROLSTAD, R. E. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 88, n. 5, p. 1269–1278, 2005.
- LIMA, B. de; PINTO, E. P.; BRAVO, C. E. C.; MARCHI, J. F. Caracterização físico-química de cerveja *Summer Ale* adicionada de polpa de pitanga (*Eugenia uniflora*). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 3, p. 25337–25343, 2021.
- LIMA, L. G. C. **Avaliação da composição biotiva e aromática de cerveja artesanal elaborada com adição de casca de beterraba (*Beta vulgaris*)**. 2022. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2022.
- MAJID, A. A.; SUROTO, D. A.; UTAMI, T.; RAHAYU, E. S. Probiotic potential of kombucha drink from butterfly pea (*Clitoria ternatea* L.) flower with the addition of *Lactiplantibacillus plantarum* subsp. *plantarum* Dad-13. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 51, n. June, 2023.
- MALLETT, J. **Malte um guia prático do campo à cervejaria**. 1. ed. Porto Alegre, RS: Editora Krater, 2021.
- MARIN, A. T.; FRONZA, E. C. P.; SANTOS, L. dos; PASTRE, S.; HEY, A.;

- PEREIRA, R. A. Evaluation of physicochemical parameters and phenolic compounds of craft beer subjected to forced aging. **Food Science Today**, v. 2, n. 1, p. 1–7, 2023.
- MARPAUNG, A. M.; LEE, M.; KARTAWIRIA, I. S. The Development of Butterfly pea (*Clitoria ternatea*) Flower Powder Drink by Co-crystallization. **Indonesian Food Science & Technology Journal**, v. 3, n. 2, p. 34–37, 2020.
- MARQUES, B. et al. Extração assistida por ultrassom de compostos Fenólicos da casca de bocaiuva (*Acrocomia aculeata*). **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 11, n. 2, p. 995–999, 2021.
- MARTENS, I. S. **Fermentação: como obter alimentos diversificados e saudáveis**. Santana de Parnaíba - SP: Manoele, 2023.
- MARTINEZ-GOMEZ, A.; CABALLERO, I.; BLANCO, C. A. Phenols and Melanoidins as Natural Antioxidants in. **Biomolecules**, v. 10, p. 400, 2020.
- MILIÃO, G. L.; OLIVEIRA, A. P. H. de; SOARES, L. de S.; ARRUDA, T. R.; VIEIRA, É. N. R.; LEITE JUNIOR, B. R. de C. Unconventional food plants: Nutritional aspects and perspectives for industrial applications. **Future Foods**. v. 5, p. 100124, 2022.
- MORADO, R. **Larousse da Cerveja**. São Paulo: Alaúde Editorial, 2017.
- MUHAMMAD EZZUDIN, R.; RABETA, M. S. A potential of telang tree (*Clitoria ternatea*) in human health. **Food Research**, v. 2, n. 5, p. 415–420, 2018.
- MUKHERJEE, P. K. et al. The ayurvedic medicine *clitoria ternatea*-from traditional use to scientific assessment. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 120, n. 3, p. 291–301, 2008.
- MUSA, K. H. et al. A novel high throughput method based on the DPPH dry reagent array for determination of antioxidant activity. **Food Chemistry**, v. 141, n. 4, p. 4102–4106, 2013.
- NARDINI, M.; FODDAI, M. S. Phenolics profile and antioxidant activity of special beers. **Molecules**, v. 25, n. 11, 2020.
- NEDA, G. D.; RABETA, M. S.; ONG, M. T. Chemical composition and anti-proliferative properties of flowers of *Clitoria Ternatea*. **International Food Research Journal**, v. 20, n. 3, p. 1229–1234, 2013.
- NEDYALKOV, P.; BAKARDZHIYSKI, I.; DINKOVA, R.; SHOPSKA, V.; KANEVA, M. Influence of the time of bilberry (*vaccinium myrtillus l.*) addition on the phenolic and protein profile of beer. **Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria**, v. 21, n. 1, p. 5–16, 2022.
- OANCEA, S. A review of the current knowledge of thermal stability of anthocyanins and approaches to their stabilization to heat. **Antioxidants**, v. 10, p. 1337, 2021.
- OLIVER, G. **O Guia Oxford da Cerveja**. São Paulo: Blucher, 2020a. E-book. p. 4. ISBN 9786555060010. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786555060010/>. Acesso em: 4 nov. 2024.
- OLIVER, G. **O Guia Oxford da Cerveja**. São Paulo: Editora Blucher, 2020b. E-book.

p. 4. ISBN 9786555060010. Disponível em:

<https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786555060010/>. Acesso em: 20 nov. 2024.

PAIVA, R. A. M.; MUTZ, Y. S.; CONTE-JUNIOR, C. A. A review on the obtaining of functional beers by addition of non-cereal adjuncts rich in antioxidant compounds. **Antioxidants**, v. 10, n. 9, p. 1332, 2021.

PASUKAMONSET, P. et al. Physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of sponge cakes fortified with *Clitoria ternatea* extract. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 8, p. 2881–2889, 2018.

PINHEIRO, B. H. O. **Processo Cervejeiro E a Comercialização Da Cerveja**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

PLATZER, M. et al. Common trends and differences in antioxidant activity analysis of phenolic substances using single electron transfer based assays. **Molecules**, Basel, v. 26, p. 1244, 2021.

PORTO, P. D. **Tecnologia De Fabricação De Malte : Uma Revisão**. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

RANA, P. et al. Butter fly pea (*Clitoria ternatea*) extract as a green analytical tool for selective colorimetric detection of bisulphate (HSO⁻⁴) ion in aqueous medium. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, v. 237, p. 118376, 2020.

RAVINDRAN, D. R. et al. Chemical composition and larvicidal activity of flower extracts from *Clitoria ternatea* against *aedes* (Diptera: Culicidae). **Journal of Chemistry**, v. 2020, Art. 3837207, 2020. 9 p.

RE, R. et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 26, n. 9, p. 1231–1237, 1999.

RIBEIRO, P. V. L. **Elaboração de cerveja artesanal estilo fruit beer adicionada de taperebá (*spondias mombin* L.)**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) — Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2022.

SANTOS, L. G.; MARTINS, V. G. Optimization of the green extraction of polyphenols from the edible flower *Clitoria ternatea* by high-power ultrasound: a comparative study with conventional extraction techniques. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 34, 2023.

SHARMA, J. K. et al. Barley melanoidins: key dietary compounds with potential health benefits. **Frontiers in Nutrition**, v. 8, n. September, p. 1–10, 2021.

SELVARAJ, M. G.; KALAMANI, A. Butterfly pea a nutritive multipurpose forage legume for the tropics - an overview. **Pakistan Journal of Nutrition**, v.2, n. 6, p. 374-379, 2003.

SILVA, C. H. P. DE M. E. **Microbiologia da Cerveja**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2019.

SILVA, N. DA et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 5. ed. [s.l.] São Paulo: Blucher, 2017.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELARAVENTÓS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, v. 299, p. 152–178, 1999.

SUPRIATNO et al. Effect of drying and composition ratio of herbal tea prepared from *Clitoria ternatea* L. And *Ocimum sanctum* L. And its antioxidant capacity. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1940, n. 1, p. 012060, 2021.

TAVARES, R. **Processo produtivo de cerveja artesanal e desenvolvimento de cerveja com medronho**. Escola Superior Agrária de Coimbra. Tese Mestrado Engenharia Alimentar, 2021.

THESELING, F. A. et al. A hands-on guide to brewing and analyzing beer in the laboratory. **Current Protocols in Microbiology**, v. 54, p. e91, 2019.

TUAN PUTRA, T. N. M. et al. Chemical characterization of ethanolic extract of butterfly pea flower (*Clitoria ternatea*). **Food Research**, v. 5, n. 4, p. 127–134, 2021.

TURNOS, L. N. Blue ternate (*clitoria ternatea* l.): nutritive analysis of flowers and seeds. **Asian Journal of Fundamental and Applied Sciences**, v. 2, n. 2, p. 103–112, 2021.

VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas Alcoólicas: ciência e tecnologia**, 2. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2016. *E-book*. p. 1. ISBN 9788521209577. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521209577/>. Acesso em: 09 nov. 2024.

VIDANA GAMAGE, G. C.; LIM, Y. Y.; CHOO, W. S. Anthocyanins from *Clitoria ternatea* flower: biosynthesis, extraction, stability, antioxidant activity, and applications. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, 792303, 2021.

VILLACRECES, S.; BLANCO, C. A.; CABALLERO, I. Developments and characteristics of craft beer production processes. **Food Bioscience**, v. 45, 101495, 2022.

WIDYASANTI, A.; SEPTIANTI, N. A.; NURJANAH, DAN S. Pengaruh penambahan maltodekstrin terhadap karakteristik fisikokimia bubuk tomat hasil pengeringan pembusaan (foam mat drying). **Agrin: Jurnal Teknologi Industri Pertanian**, v. 22, n. 1, p. 22–38, 2018.

YANG, D.; GAO, X. Research progress on the antioxidant biological activity of beer and strategy for applications. **Trends in Food Science and Technology**, v. 110, p. 754–764, 2021.

ZHANG, D.; CHENG, Z.; HUANG, X. A review of phytochemistry and pharmacology perspectives of *Clitoria ternatea* L. **Asian Journal of Traditional Medicines**, v. 2021, n. 3, p. 1-16, 2021.

ZHUANG, S.; SMART, K.; POWELL, C. D. The Relationship Between Wort Sugar Concentration and Yeast Carbon Partitioning During Brewing Fermentations. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, v. 77, p. 225–234, 2019.

APÊNDICE A – Resultado das análises de compostos fenólicos totais e antioxidantes pelos métodos de DPPH e ABTS, realizadas nos seis ensaios de extrato de *C. ternatea*.

Tabela 5 – Médias e desvios-padrão do potencial antioxidante dos ensaios de extrato de *C. ternatea*

Ensaio	Compostos fenólicos totais (µg/L)	DPPH (µg/L)	ABTS (µg/L)
1	43,46 ± 1,03 C	6,48 ± 2,25 B	5,00 ± 8,66 C
2	65,83 ± 3,40 B	25,39 ± 0,88 A	92,50 ± 0,00 B
3	47,23 ± 2,60 C	10,23 ± 0,25 B	0,00 ± 0,00 C
4	64,55 ± 3,00 B	25,56 ± 2,01 A	107,50 ± 0,00 A
5	75,92 ± 3,84 A	25,85 ± 1,88 A	103,75 ± 3,75 A
6	63,48 ± 2,86 B	25,98 ± 1,00 A	82,50 ± 0,00 B

A, B,...: Letras distintas na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0.05$); Letras iguais não apresentam diferença entre si.

Fonte: Autoria própria, 2025.

APÊNDICE B – Resultado das análises de pH e teor alcoólico para as quatro formulações de cerveja.

Tabela 6 - Médias e desvios-padrão referente as análises de pH e teor alcoólico das quatro formulações da cerveja *Summer Ale*: F1 (0,18 % de extrato de flor adicionada ao final da fervura do mosto cervejeiro), F2 (0,18 % de extrato de flor adicionado durante a maturação da cerveja), F3 (3 % extrato de flor adicionada durante a maturação da cerveja) e F4 (padrão).

Amostras	pH	Teor Alcoólico
F1	4,82 ± 0,00 B	5,2 ± 0,00 A
F2	4,82 ± 0,00 B	4,8 ± 0,00 B
F3	4,75 ± 0,00 C	4,8 ± 0,00 B
F4	4,85 ± 0,00 A	4,7 ± 0,00 C

A, B,...: Letras distintas na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0.05$); Letras iguais não apresentam diferença entre si.

Fonte: Autoria própria, 2025.

APÊNDICE C – Resultado das análises de compostos fenólicos totais e antioxidantes pelos métodos de DPPH e ABTS, realizadas nas quatro formulações de *C. ternatea*.

Tabela 8 – Médias e desvios-padrão do Potencial Antioxidante detectado nas cervejas: F1 (0,18 % de extrato de flor adicionada ao final da fervura do mosto cervejeiro), F2 (0,18 % de extrato de flor adicionado durante a maturação da cerveja), F3 (3 % extrato de flor adicionada durante a maturação da cerveja) e F4 (padrão).

Amostras	Compostos fenólicos totais (mg/L)	ABTS (mg/L)	Antocianinas (mg/L)
F1	161,26 ± 0,42 A	646,50 ± 33,75 C	0,56 ± 0,05 B
F2	159,52 ± 1,05 A	876,08 ± 66,25 B	0,30 ± 0,08 C
F3	160,46 ± 0,52 A	1089,42 ± 36,26 A	1,11 ± 0,01 A
F4	169,25 ± 46,31 A	500,50 ± 40,00 D	0,00 ± 0,00 D

A, B,...: Letras distintas na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0.05$); Letras iguais não apresentam diferença entre si.

Fonte: Autoria própria, 2025.