

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

RAFAELA CUNHA GONÇALVES

**AVALIAÇÃO DE EXTRATO DE RESÍDUO DE LUPULO COMO
CLARIFICANTE DE CERVEJA**

**CAMPO MOURÃO
2023**

RAFAELA CUNHA GONÇALVES

**AVALIAÇÃO DE EXTRATO DE RESÍDUOS DE LÚPULOS COMO
CLARIFICANTE DE CERVEJA**

Evaluation of Hop Residue Extract as Beer Clarifier.

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).

Orientador: Prof. Dr. Manuel Salvador Vicente
Plata Oviedo.

CAMPO MOURÃO

2023



[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.

RAFAELA CUNHA GONÇALVES

**AVALIAÇÃO DE EXTRATO DE RESÍDUOS DE LÚPULOS COMO
CLARIFICANTE DE CERVEJA**

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).

Orientador: Prof. Dr. Manuel Salvador Vicente
Plata Oviedo.

Data da aprovação: 19 de junho de 2023

Manuel Salvador Vicente Plata Oviedo
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Stephani Caroline Beneti
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Miguel Angel Aparicio Rodriguez
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CAMPO MOURÃO

2023

AGRADECIMENTOS

Quando eu comecei a minha jornada acadêmica, eu sabia que não iria ser fácil, mas nunca imaginei que seria tão gratificante. Hoje, finalmente concluí meu TCC, e gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos que me ajudaram a chegar até aqui.

Primeiramente, quero agradecer a Deus por me conceder saúde, força, sabedoria e perseverança durante todo o período de elaboração do meu TCC. Sem Ele, nada seria possível, e por isso agradeço por cada etapa vencida.

Aos meus pais, que sempre me incentivaram a estudar e me apoiaram em todas as fases da minha vida. Sem o amor, o suporte e o investimento que vocês fizeram em minha educação, eu não teria chegado tão longe.

Aos meus amigos, em especial Mylena, que estiveram ao meu lado em todos os momentos, me dando forças e me ajudando a superar as dificuldades. Foram muitas horas de estudo em grupo, discussões sobre temas acadêmicos e apoio mútuo durante essa jornada. Agradeço a Deus por ter colocado pessoas tão maravilhosas em minha vida.

Ao meu namorado, Lucas, que me deu suporte em tudo, não só durante a elaboração do TCC, mas também em todos os aspectos da minha vida, que me deu todo o amor e carinho durante todo esse tempo e me motivou a nunca desistir dos meus objetivos. Seu apoio e incentivo foram fundamentais para que eu conseguisse superar os obstáculos e chegar até aqui.

Ao meu professor orientador do TCC, que me guiou com sabedoria, paciência e dedicação. Sua orientação foi fundamental para que eu pudesse concluir meu trabalho e alcançar meus objetivos acadêmicos.

Por fim, mas não menos importante, a todos os professores do curso, que contribuíram com seus conhecimentos e experiências, me ajudando a crescer e aprimorar minha capacidade intelectual. Obrigado por compartilharem seu tempo e conhecimento comigo.

Todos vocês têm um papel importante na minha vida e na minha conquista de hoje. Agradeço do fundo do meu coração por tudo o que vocês fizeram por mim, e espero que esta conquista seja um reflexo do quanto sou grato por tê-los em minha vida.

RESUMO

Os clarificantes são substâncias utilizadas no processo de fabricação de cerveja para ajudar a remover partículas indesejáveis, como sedimentos, proteínas e leveduras, tornando a cerveja mais límpida e transparente. O objetivo deste trabalho de conclusão de curso foi investigar a eficácia do resíduo de lúpulo como um clarificante alternativo para cerveja, visando reduzir os impactos negativos associados aos clarificantes comerciais, tanto em termos de saúde quanto do meio ambiente. Foi realizada uma análise comparativa entre os clarificantes comerciais tradicionalmente utilizados: gelatina e polivinilpolipirrolidona (PVPP) na produção de cerveja e o extrato de lúpulo, buscando uma alternativa eficiente que pudesse oferecer resultados semelhantes, além de utilizar um auxiliar de processamento de origem orgânica. No estudo, foram analisadas as composições dos clarificantes comerciais e o extrato de resíduos de lúpulo, a fim de realizar uma comparação entre eles. O foco principal foi a aplicação desses clarificantes na cerveja durante a fase final da fermentação. Foram realizadas avaliações para quantificar as proteínas, os compostos fenólicos e a claridade da cerveja. Com base nos resultados obtidos, foi possível concluir que o uso do extrato do resíduo de lúpulo se mostra uma alternativa viável para clarificar a cerveja. O extrato de lúpulo apresentou resultados favoráveis na obtenção de uma cerveja mais clara, contribuindo para a clarificação do produto final.

Palavras-chave: clarificantes; cerveja artesanal; lúpulo; proantocianidinas.

ABSTRACT

Clarifiers are substances used in the beer manufacturing process to help remove undesirable particles such as sediments, proteins, and yeast, making the beer clearer and more transparent. The aim of this undergraduate thesis was to investigate the effectiveness of hop residue as an alternative beer clarifier, with the goal of reducing the negative impacts associated with commercial clarifiers, both in terms of health and the environment. A comparative analysis was conducted between traditionally used commercial clarifiers, gelatin and polyvinylpolypyrrolidone (PVPP), and hop extract, seeking an efficient alternative that could offer similar results while using an organically sourced processing aid. The study analyzed the compositions of the commercial clarifiers and hop residue extract to make a comparison between them. The main focus was on the application of these clarifiers in beer during the final stage of fermentation. Evaluations were conducted to quantify proteins, phenolic compounds, and beer clarity. Based on the results obtained, it was possible to conclude that the use of hop residue extract proves to be a viable alternative for beer clarification. The hop extract showed favorable results in achieving a clearer beer, contributing to the clarification of the final product.

Keywords: clarifiers; craft beer; hops; proanthocyanidins.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Teor de proteínas (g/L) do mosto ao final da maturação.	33
Tabela 2 - Teor de compostos fenólicos (g/L) do mosto ao final da maturação.	35
Tabela 3 - Quantificação de proantocianidinas do mosto ao final da maturação	36
Tabela 4 - Valor de Absorbância (600nm) do mosto ao final da maturação.....	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.2 Objetivos.....	12
1.2.1 Objetivos específicos	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA.....	13
2.1 Definição da Cerveja	13
2.2 O mercado Cervejeiro	13
2.3 Estilos de Cerveja	14
2.4 Matérias-primas	15
2.4.1 Água	15
2.4.2 Malte.....	16
2.4.3 Lúpulo.....	17
2.4.4 Levedura	18
2.5 Processo de produção de cerveja.....	18
2.5.1 Moagem.....	18
2.5.2 mosturação.....	19
2.5.3 Filtração	19
2.5.4 Fervura.....	20
2.5.5 Resfriamento.....	20
2.5.6 Fermentação.....	21
2.5.7 Maturação	21
2.6 Clarificação do mosto.....	22
2.6.1 Carragena.....	23
2.6.2 Sílica gel	23

2.6.3 Gelatina.....	24
2.6.4 Polivinilpolipirrolidona (PVPP)	24
3 METODOLOGIA.....	25
3.1 Materiais.....	25
3.2 Métodos	26
3.2.1 Obtenção do extrato do lúpulo	26
3.2.2 Microencapsulação do extrato do lúpulo para a obtenção do extrato seco – ESD.....	26
3.2.3 Ruptura dos microencapsulados (extrato ESD) para a quantificação dos das proantocianidinas	27
3.2.4 Fabricação da cerveja e aplicação do extrato selecionado	27
3.2.5 Métodos para avaliar a clarificação	28
3.2.5.1 Quantificação do teor de proteínas	28
3.2.5.2 Quantificação dos compostos fenólicos totais.....	29
3.2.5.3 Quantificação das proantocianidinas	29
3.2.5.4 Determinação da claridade	30
3.2.5.5 Análise estatística	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 Avaliação de parâmetros relacionados com claridade da cerveja	31
4.1.1 Determinação de proteínas	31
4.1.2 Determinação do teor de compostos fenólicos totais	33
4.1.3 Quantificação de proantocianidinas	34
4.1.3 determinação da claridade	35
5 CONCLUSÃO.....	38
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

A cerveja é uma das bebidas mais consumidas no mundo, estudos apontam que na antiguidade esteve lado a lado com as culturas de centeio e cevada entre as populações da Suméria, Babilônia e Egito. No Brasil, surgiu com a vinda da família real portuguesa em 1808 (MEGA, 2011). Atualmente o Brasil é o terceiro maior produtor de cerveja do mundo, perdendo apenas para a China e os Estados Unidos (SEBRAE, 2014).

Na elaboração das cervejas são usados os seguintes ingredientes: água, malte, lúpulo e leveduras. A água é o principal componente e influencia na qualidade do produto final. Com as tecnologias de filtração e adição de sais é possível utilizar e obter águas com teores de purezas e sais minerais adequados para cada estilo de cerveja. A partir da cevada se obtém o malte por meio de processos controlados de germinação do grão e secagem. O malte é a fonte de amido e de amilases que durante a etapa de mosturação agem sobre o amido produzindo açúcares. O lúpulo usado em forma de pellets são as flores trituradas e prensadas, sendo considerado o “tempero da cerveja”. A levedura, na fermentação, é a responsável pela transformação dos açúcares fermentáveis em etanol e dióxido de carbono, havendo diferentes tipos dependendo de fatores como as características genéticas, a fisiologia celular, a disponibilidade nutricional e condições físicas que imprimem características únicas à cerveja (MEGA, 2011).

De todos os ingredientes utilizados na fabricação de cerveja, o lúpulo tem uma ampla aceitação e é uma matéria prima essencial na indústria cervejeira (HUI-JING, 2009). O lúpulo que tem por nome científico *Humulus Lupulus* Linnaeus pertence à ordem das Rosales e a família Cannabaceae. É uma trepadeira perene, que produz flores ricas em resinas que conferem amargor, polifenóis contendo propriedades antioxidantes e óleos essenciais que são responsáveis pelo aroma (DURELLO, 2019). O lúpulo é consumido em sua maior parte pela indústria cervejeira, atingindo cerca de 97% da sua produção para a fabricação de cerveja. No processo ele atribui amargor, aroma e estabilidade coloidal à espuma, podendo também contribuir como antimicrobiano e antioxidante (DURELLO, 2019).

Dentre os componentes do lúpulo, as proantocianidinas vem ganhando destaque e são apontadas como os polifenóis mais reativos do lúpulo. Chamadas de taninos condensados são oligômeros e polímeros favan-3-ol, existentes em todo reino vegetal e considerada a segunda classe mais numerosa de compostos fenólicos naturais. Eles apresentam atividade contra fungos, leveduras e bactérias, sendo agentes adstringentes de frutas e de bebidas, que podem ser resultantes das interações com as proteínas salivares. Apresentam atividade biológica

através da ação antioxidante protegendo contra doenças cardiovasculares, distúrbios imunológicos e doenças neurodegenerativas (HUI-JING, 2009).

A característica poli-hidroxifenólicas das proantocianidinas e sua configuração eletrônica garante uma liberação fácil de prótons, como resultado tem sua característica antioxidante. As principais contribuições para esta atividade é a presença de um grupo catecol (hidroxilas) no anel B e sua estabilidade nos produtos de redução, semiquinonas e quinonas (GARY, 2004).

Cerca de 30% das proantocianidinas na cerveja são provenientes do lúpulo e o restante é oriundo do malte. O lúpulo em base seca contém de 0,5% a 5% de proantocianidinas, podendo variar de acordo com a variedade, origem geográfica, frescor e até mesmo o procedimento de colheita. Os efeitos na cerveja decorrem da afinidade que tem com as proteínas presentes (HUI-JING, 2009).

Distribuídas pelo reino vegetal as moléculas polifenólicas são importantes para a dieta humana, há impactos positivos na saúde, sendo benéficas para infecções no trato urinário e cistite. Dentre as moléculas as proantocianidinas estão associadas a esses benefícios (GADON, 2019).

A cerveja para consumo geralmente é servida de forma límpida, brilhante e sem turbidez. Sendo importante o alcance esses parâmetros, mantendo a cerveja fresca dentro do prazo de validade. A falta de claridade é proveniente de pequenas partículas insolúveis, que mesmo em tamanhos ínfimos espalham luz deixando com aspecto de turvo. As fontes de turbidez na cerveja podem ser precipitados de sais insolúveis, como oxalato de cálcio e materiais coloidais como proteínas e polímeros de carboidratos (LINFORTH, 2015).

Controlar a estabilidade da cerveja depende de vários fatores desde a seleção da matéria-prima até o produto final, sendo o período de maturação e pós fermentação etapas significativas. A cerveja verde contém células residuais de levedura em suspensão podendo levar a turvação do produto. Processos de separação como centrifugação e filtração são usados para remover essas partículas (LINFORTH, 2015). No entanto antes da filtração é necessário a redução dos precursores ou das partículas coloidais já formadas, para tal são usados agentes clarificantes.

Compostos polifenólicos extraídos do lúpulo tem a capacidade de flocular proteínas e leveduras em cerveja verde, sendo utilizada na clarificação da cerveja. A atividade floculante está ligada às proantocianidinas, consequentemente extratos ricos em proantocianidinas tem um grande potencial em clarificar a cerveja verde. As evidências indicam que proantocianidinas de maior grau de polimerização, são as de maior atividade floculante de proteínas. Conforme o

grau de polimerização dos polímeros de proantocianidina cresce, torna-se mais hidrofílicos (GADON, 2019).

O aproveitamento de resíduos de lúpulo para a obtenção de extratos voltados para a avaliação com clarificantes de cerveja apresenta-se como uma abordagem promissora na indústria cervejeira. Os resíduos de lúpulo contêm compostos bioativos que podem desempenhar um papel relevante na clarificação da cerveja, contribuindo para a remoção de partículas indesejadas e a estabilidade do produto final.

A utilização desses extratos de lúpulo como alternativa aos clarificantes convencionais pode trazer benefícios ambientais, pois reduz a dependência de produtos químicos sintéticos e aproveita de forma mais sustentável os resíduos gerados durante o processo de fabricação da cerveja.

1.2 Objetivos

Usar resíduo de lúpulo para obtenção de extratos contendo proantocianidinas e avaliar a capacidade de clarificante na etapa de maturação da cerveja

1.2.1 Objetivos específicos

- Obter extratos hidroalcolicos, aquoso e seco por spray drying a partir de resíduos de lúpulos e quantificar as proantocianidinas;
- Verificar as propriedades clarificantes de cerveja dos extratos obtidos.
- Comparar os clarificantes comerciais com o extrato.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

Acredita-se que a cerveja tenha sido criada no Oriente médio ou Egito. Há registro com cerca de 9.000 a.C que podem ser de cerveja entre alguns povos babilônicos, assírios e sumerianos, que descreviam o uso de cereais em suas alimentações (SANTOS, 1985).

No momento em que o ser humano deixou de ser nômade para dar início à agricultura houve o cultivo de espécies de cevada das quais não eram utilizadas apenas para fazer o pão mas passou a ser utilizada para fazer a cerveja (MORADO, 2017). Em torno de 6.000 a.C realizavam-se processos de produção de bebida fermentada a base de trigo e cevada no Oriente Médio (BAMFORTH, 2008). Mas apenas a partir do século XIII que os cervejeiros começaram a incluir o lúpulo na fabricação de cerveja, firmando uma das características básicas da bebida que consumimos hoje (SANTOS, 2003).

Na região da Babilônia foi descoberto o primeiro registro de uma receita de cerveja que foi transcorrida em tabuletas de argila em torno de 4.300 a.C onde estava detalhado uma bebida alcoólica de grãos usada como oferenda a deuses (HAMPSON, 2014).

A chegada no Brasil foi em torno de 1808 com a vinda de estrangeiros trazendo-a da Europa. Até meados dos anos 70 era predominante a cerveja inglesa, até que começou a ser produzida a cerveja nacional (SANTOS, 2003).

2.1 Definição da Cerveja

A Instrução Normativa nº 65, de 10 de dezembro de 2019, estabelece os padrões de identidade e qualidade para os produtos de cervejaria, como:

Conforme definido no art. 36, do Decreto nº 6.871, de 2009, cerveja é a bebida resultante da fermentação, a partir da levedura cervejeira, do mosto de cevada malteada ou de extrato de malte, submetido previamente a um processo de cocção adicionado de lúpulo ou extrato de lúpulo, hipótese em que uma parte da cevada malteada ou do extrato de malte poderá ser substituída parcialmente por adjunto cervejeiro. (BRASIL, 1991).

2.2 O mercado Cervejeiro

O anuário da cerveja de 2021 mostra como o setor cervejeiro vem crescendo no Brasil de forma constante, o país apresenta um crescimento de 12% de cervejarias abertas em

comparação ao ano passado, sendo uma iniciativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) e do Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja (Sindicerv) (FORBES, 2022).

Em 2021 a produção no Brasil foi de 14,3 bilhões de litros de cerveja, movimentando cerca de R\$ 77 bilhões por ano. As regiões sul e sudeste são as regiões em maiores atividades, com cerca de 85% de fabricas em funcionamento, o que equivale a 1.383 estabelecimentos. São Paulo é o estado no topo da lista com 51 estabelecimentos de cervejarias, sendo em sua maioria produção artesanal (FORBES, 2022).

O crescimento de cervejarias no norte do país tem sido destaque, tendo um aumento de percentual no número de cervejarias em 2021, de 20,8 %. O setor cervejeiro mesmo em meio às crises internas e externas se manteve resistente e em evolução, gerando 2 milhões de empregos, sendo R\$ 27 bilhões em salários e R\$ 77 bilhões em faturamento, tendo 2% no PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro com produções de 14,3 bilhões de litros de cerveja, tendo um total de 672 municípios do Brasil com pelo menos uma cervejaria já registrada (FORBES, 2022).

Observando o histórico dos últimos 20 anos é possível observar que o mercado cervejeiro teve um aumento de 3.678%. Sendo números excelentes para o setor, considerando que a cerveja é a bebida alcoólica em maior consumo no Brasil, e o terceiro maior produtor de cerveja no mundo, perdendo apenas para China e Estados Unidos (FORBES, 2022).

2.3 Estilos de Cerveja

Atualmente existem muitos tipos de cervejas ao redor do mundo, mudanças como o processo de fabricação, diferentes tempos e temperaturas de cozimento, maturação ou fermentação, ingredientes adicionados à formulação original além dos quatro ingredientes básicos é responsável por essa variedade de tipos de cervejas.

Há cinco características básicas que podem diferenciar os tipos de cerveja colocando-as em categorias de acordo com o SINDCERV e pela lei federal nº 8.918/94 e Decreto 2.314/978 11, sendo elas a cor que pode variar de acordo com a torra do malte, clara ou escura, teor alcoólico sendo não alcoólicas as de teor abaixo de 0,5% e alcoólicas as de teor acima de 0,5%, proporção de malte de cevada e trigo, teor do extrato primitivo que é a densidade original do mosto cervejeiro, antes de ser fermentado e os tipos de fermentação (AQUARONE ET AL. 2001; SINDICERV, 2017).

Em 1977 o jornalista inglês Michael Jackson, no livro *World Guide To Beer* definiu a primeira classificação de cerveja dividindo a cerveja em três grandes famílias segundo o seu tipo de fermentação, sendo as ale (alta fermentação), Lager (baixa fermentação) e as Lambic (fermentação espontânea), sendo que cada uma dessas famílias pode se expandir em estilos de sub-estilos. No Brasil, o consumo de cerveja Pilsen, representa 98% do mercado, em razão ao clima favorável. (CERVBRASIL, 2019; MORADO, 2009).

2.4 Matérias-primas

A cerveja é uma bebida fermentada tendo como ingredientes básicos água, cevada maltada, lúpulo e levedura, entretanto a legislação brasileira aprova que uma parte do malte seja substituída adjuntos, considerando os cereais maltados ou não e carboidratos de origem vegetal transformados ou não (VENTURINI FILHO, 2010).

2.4.1 Água

A água é o principal componente utilizado para a fabricação da cerveja, representando cerca de 90% do volume final, tendo uma grande influência no produto final e nas características que a cerveja pode apresentar. Os íons que a água possui em concentrações adequadas é fundamental na formação do mosto, ajudando na nutrição das leveduras, influenciando no pH para sedimentar proteínas e também no aroma da cerveja, porem caso tenha concentrações elevadas pode causar o oposto das características desejadas (MACHADO, 2017).

Para o preparo da cerveja a água deve ser filtrada, limpa de impurezas, sem cloro e livre de contaminações. O controle do pH é essencial, sendo o ideal em torno de 5,3 e 5,5 no mosto, o que faz com que obtenha maiores rendimentos e teor alcoólico (TOZETTO, 2017)

Durante o processo de fabricação da cerveja, aproximadamente 12 litros de água são utilizados por litro de cerveja produzida. Essa água é dividida em dois tipos: água cervejeira e água de serviço. A água cervejeira desempenha um papel fundamental na produção da cerveja, sendo utilizada em todas as etapas e em todas as áreas que entram em contato direto com o produto. Por outro lado, a água de serviço é empregada em métodos e equipamentos que não terão contato direto com o produto final. Em outras palavras, a água cervejeira é aquela que

está diretamente envolvida na criação da cerveja, enquanto a água de serviço é utilizada para fins auxiliares no processo de fabricação (SILVA, 2010).

Hoje com as tecnologias é possível usar a água com teores de pureza desejável de modo a ser ajustável na produção de cerveja e modificar de acordo com as características desejadas no estilo da cerveja (ANDRADE; MEGA; NEVES, 2011). É possível ajustar a composição da água de acordo com a formulação desejada, de forma a enfatizar os sabores maltados e o amargor da cerveja por meio da concentração de sais de cálcio, sulfato e magnésio. A água pode ser "calibrada" para incorporar essas propriedades específicas, permitindo realçar as características desejadas na cerveja, como os sabores provenientes dos maltes e o amargor proveniente do lúpulo. Isso significa que os teores desses sais podem ser ajustados na água de modo a influenciar diretamente o perfil sensorial da cerveja, proporcionando uma experiência gustativa mais equilibrada e de acordo com a intenção do cervejeiro (MORADO, 2009).

2.4.2 Malte

O malte é uma matéria-prima essencial para a produção de cerveja, pois é a fonte primária de carboidratos, proteínas, lipídios e substâncias polifenólicas necessárias para a produção da bebida. Para obtê-lo, é necessário submeter cereais a um processo conhecido como malteação, que consiste em embeber, germinar e secar os grãos em condições controladas para ativar o metabolismo do cereal e gerar enzimas capazes de converter o amido do endosperma em açúcares fermentescíveis. Esse processo enzimático é fundamental para a produção do mosto cervejeiro, que será fermentado para gerar o álcool da cerveja. Nas maltarias, a malteação é feita em condições controladas para garantir a produção das enzimas específicas necessárias para a produção da bebida (BELETI, 2012).

Embora a malteação possa ser feita com vários tipos de cereais, a cevada é o grão mais utilizado na produção de malte para cerveja devido à sua capacidade de produzir enzimas de forma equilibrada e ao seu alto teor de proteínas, que favorece o crescimento da levedura durante a fermentação. Além disso, a cevada contém substâncias nitrogenadas que são importantes para a formação da espuma e a sua casca é altamente eficiente no processo de filtração do mosto. Essas características da cevada são fundamentais para garantir a qualidade e as características desejadas da cerveja produzida (HOSENEY, 1994).

De acordo com Porto (2011), as características de aroma, sabor e quantidade de polifenóis extraídos do malte variam de acordo com a fase em que o malte é submetido à

secagem, bem como a temperatura e o tempo aplicados no processo. A composição do malte, por sua vez, influencia diretamente na cor e no sabor da cerveja, além de afetar a espuma e o corpo da bebida. Durante o processo de fermentação, a levedura converte os açúcares fermentáveis presentes no malte em álcool e dióxido de carbono, resultando na formação da cerveja. (SPIESS, 2020).

2.4.3 Lúpulo

O lúpulo, também conhecido como *Humulus lupulus*, é uma planta trepadeira que pertence à família Cannabinacea. Essa planta é utilizada predominantemente na produção de cerveja (SANTOS, 2019). Apenas as flores do lúpulo de natureza feminina são empregadas, devido à sua abundância em resinas amargas e óleos essenciais que adicionam sabor e aroma à bebida (REBELLO, 2009).

Segundo Rodrigues, Moraes e Castro (2015), os principais produtores de lúpulo são os Estados Unidos e a Alemanha, que lideram a lista, seguidos pela Etiópia, China e República Tcheca. No Brasil, a produção de lúpulo está em constante crescimento, acompanhando a expansão do mercado cervejeiro, com maior ênfase na região sul do país.

O lúpulo é vendido em sua forma natural, como folhas e cones secos, quanto na forma de extrato de pellets. Ao comercializar as folhas e cones, é necessário embalá-los a vácuo para eliminar o oxigênio e prevenir reações químicas resultantes da oxidação. Em seguida, é crucial refrigerá-los o mais rápido possível e empregá-los durante o processo de fermentação. (SANTOS, 2019).

Inicialmente, o lúpulo foi introduzido na produção de cerveja devido às suas propriedades conservantes. No entanto, sua utilização persiste até hoje devido à influência sensorial que exerce na bebida, principalmente em termos de aroma e amargor. Os atributos aromáticos são atribuídos aos óleos essenciais, enquanto o amargor deriva das resinas amargas presentes nas glândulas de lupulina, encontradas nas flores femininas e nos frutos do lúpulo. É importante destacar que o amargor da cerveja não é resultado de um único composto químico, mas sim de uma combinação de diversos ácidos e resinas, que se alteram em resposta a fatores como oxigênio, calor e umidade. Para mensurar o nível de amargor proporcionado pelo lúpulo, utiliza-se a Unidade Internacional de Amargor (IBU). Cada IBU corresponde aproximadamente a 1 miligrama de iso- α ácidos por litro de cerveja. (ARAÚJO, 2016).

2.4.4 Levedura

As leveduras são organismos unicelulares classificados como fungos, e sua principal forma de reprodução é por brotamento. Nas cervejarias, utiliza-se principalmente a espécie *Saccharomyces cerevisiae*, que é classificada de acordo com seu papel no processo de fermentação. Durante a fermentação, se a levedura permanece na parte superior do mosto, ela é chamada de "fermentação alta". No entanto, se a levedura se deposita no fundo do recipiente ao final do processo, é denominada de "fermentação baixa" (VENTURINI, 2010).

As leveduras se alimentam de glicose, que é obtida a partir do malte, em duas diferentes condições: na presença ou ausência de oxigênio. A presença de oxigênio é relevante apenas no início da fermentação, pois nesse estágio as leveduras têm um melhor desempenho reprodutivo devido à maior quantidade de energia produzida quando digerem a glicose em presença de oxigênio, resultando em uma maior quantidade de calorías. No entanto, quando a levedura consome glicose na ausência de oxigênio, ocorre o processo de fermentação, no qual ela produz dióxido de carbono e álcool (ROSENTHAL, 2018).

Durante o processo de fermentação, a cerveja se divide em dois tipos principais: ale e lager, cada um com suas características distintas (EVANGELISTA, 2012). A distinção entre cervejas de alta fermentação (ale) e baixa fermentação (lager) é determinada pela seleção da levedura utilizada (COLE, 2011).

2.5 Processo de produção de cerveja

A produção industrial de cerveja envolve várias etapas essenciais, como a moagem do malte, a mosturação, a filtração, a fervura, a clarificação, a fermentação, a maturação, a carbonatação e o envase, além de outros processos auxiliares. Cada uma dessas etapas é crítica e requer um cuidadoso monitoramento, pois há diversas reações químicas e bioquímicas ocorrendo ao longo do processo (MORADO, 2009).

No estudo de Szwajgier e Bancarzewska (2011), é descrita uma metodologia para a produção de cerveja, que envolve uma sequência de etapas, a saber:

2.5.1 Moagem

Durante a etapa de moagem do malte, o objetivo é quebrar os grãos mecanicamente para expor o endosperma e permitir que as enzimas presentes ajam sobre o amido. É importante que essa fragmentação seja feita de forma suave, a fim de preservar a casca do grão. A integridade dessa casca é crucial para facilitar a clarificação do líquido resultante do processo, conhecido como mosto (HOMINI LÚPULO, 2021)

Quando o tamanho das partículas de malte é reduzido durante a moagem, a superfície disponível para as enzimas atuarem aumenta significativamente. Isso acelera a decomposição dos componentes do malte e favorece a hidratação durante a mosturação, o que pode contribuir para uma maior eficiência do processo. Além disso, as substâncias solúveis pré-formadas são liberadas mais rapidamente, o que ajuda a melhorar o rendimento da filtração do mosto (COSTA, 2014).

2.5.2 mosturação

Durante a etapa de mosturação, o malte é combinado com água em um processo que exige um controle rigoroso da temperatura, a fim de otimizar a atividade enzimática presente no malte. O objetivo dessa etapa é dissolver as substâncias presentes no malte e promover a hidrólise do amido em açúcares utilizáveis pela levedura (VENTURINI FILHO, 2010).

A etapa de mosturação é extremamente importante na produção de cerveja, pois é nessa fase que as principais características da bebida são definidas, tais como cor, corpo e teor alcoólico. Essas características são influenciadas diretamente pela escolha e quantidade de malte utilizado no processo de produção. Por essa razão, a mosturação exige um cuidadoso controle de temperatura e tempo para garantir a solubilização adequada das substâncias presentes no malte e uma hidrólise eficiente do amido em açúcares fermentáveis (SANTOS, 2018).

2.5.3 Filtração

Durante a etapa de filtração do mosto, o objetivo é separar a parte sólida, também conhecida como bagaço de malte, da parte líquida do mosto cervejeiro. Esse processo de separação é fundamental para remover os resíduos sólidos e impurezas presentes no mosto, garantindo que a bebida final tenha uma aparência límpida e cristalina (TOZETTO, 2017).

A filtração da cerveja tem diversas vantagens, incluindo a melhora de sua estabilidade físico-química e microbiológica ao remover as leveduras em suspensão. Isso aumenta a segurança alimentar e a vida útil da cerveja. Além disso, a filtração contribui para um padrão consistente de qualidade em cada garrafa. No entanto, a retirada das leveduras pode empobrecer nutricionalmente a cerveja, já que elas são ricas em vitaminas e outros nutrientes (REITENBACH, 2010).

2.5.4 Fervura

Durante a fervura do mosto cervejeiro, ocorrem várias reações químicas e físicas que têm impacto significativo na qualidade e sabor final da cerveja. Uma das principais funções da fervura é a eliminação de compostos indesejados e a concentração do mosto. Além disso, a fervura também é responsável pela adição de lúpulo, que confere o amargor e aroma característicos da cerveja. O processo de fervura geralmente leva cerca de 60 a 90 minutos e é seguido por um período de resfriamento. A fervura é uma etapa importante para a obtenção de uma cerveja de qualidade e sabor equilibrado (TOZETTO, 2017).

2.5.5 Resfriamento

A etapa de resfriamento é crucial para a fermentação da cerveja, pois é necessário reduzir a temperatura do mosto para a faixa ideal de inoculação do fermento, que varia de acordo com o tipo de cerveja desejado. Para cervejas de baixa fermentação, a temperatura deve ficar entre 8°C e 15°C, enquanto para cervejas de alta fermentação, a temperatura ideal varia entre 15°C e 23°C. O resfriamento é realizado em um equipamento específico, como um trocador de calor, que garante a eficiência do processo e evita a contaminação da cerveja (SCHAEFFER, 2002).

O resfriamento rápido do mosto após a fervura é importante para prevenir o crescimento de microrganismos indesejados que podem contaminar a cerveja e causar alterações no sabor e aroma. Além disso, esse processo ajuda a evitar a formação de sedimentos indesejáveis (chamados de "cold break"), que podem deixar a cerveja turva e com aspecto desagradável (ARAUJO, 2019).

2.5.6 Fermentação

Durante a fermentação, as leveduras consomem os açúcares presentes no mosto e os convertem em etanol e dióxido de carbono. Além disso, é nessa fase que são produzidos outros compostos que contribuem para o sabor final da cerveja, como ésteres e álcoois superiores. A duração da fermentação varia de acordo com a temperatura utilizada, que pode variar de 6 a 15°C, e com o tipo de cerveja a ser produzida, se é de alta ou baixa fermentação, podendo levar até 10 dias (CARVALHO, 2009; JUNIOR, 2009).

É possível identificar duas fases diferentes na fermentação do mosto: a primeira fase é conhecida como fase aeróbica, onde as leveduras se multiplicam e aumentam em quantidade, podendo chegar a um aumento de 2 a 6 vezes. Já a segunda fase é a fase anaeróbica, na qual as leveduras convertem os açúcares do mosto em etanol e dióxido de carbono através da fermentação (SANTOS, 2006).

Durante a fermentação, é possível monitorar o progresso do processo pela redução dos açúcares fermentáveis e pelo aumento da produção de gás carbônico. Quando a produção de gás carbônico diminui, isso indica que a fermentação está chegando ao fim (SOUZA, 2018).

Além da produção de álcool e gás carbônico, a fermentação também leva à diminuição do nível de oxigênio dissolvido no mosto e à formação de compostos aromáticos que contribuem para o sabor característico de cada tipo de cerveja (SILVA, 2018).

2.5.7 Maturação

Durante a maturação, também conhecida como segunda fermentação, a cerveja "verde" é deixada em repouso a uma temperatura baixa, permitindo a clarificação e o amadurecimento da bebida. Nessa etapa, reações importantes ocorrem, incluindo a geração de compostos aromáticos essenciais e a prevenção da oxidação da cerveja (SILVA, 2018).

Durante a maturação, também conhecida como fermentação secundária, a cerveja verde repousa em baixas temperaturas por um período que varia de 6 a 30 dias, dependendo da cervejaria. Nessa fase, pequenas e sutis transformações começam a ocorrer, refinando o sabor da bebida. As leveduras presentes na cerveja consomem os açúcares restantes e metabolizam compostos indesejáveis que podem ter se formado durante a fermentação. Além disso, a cerveja é resfriada para separar a maior parte das leveduras por sedimentação (ROSA, 2015).

2.6 Clarificação do mosto

Durante a etapa de clarificação, a cerveja é submetida a um processo de filtração que tem como objetivo remover as partículas em suspensão, como as leveduras e os complexos de taninos e proteínas. Esse processo ocorre em temperaturas baixas, geralmente entre 0 e 5°C, e é importante para garantir a transparência e a aparência visual da cerveja. Além disso, essa etapa também é responsável pela remoção do diacetil, um composto que pode causar um sabor indesejado na cerveja (BORTOLI, 2013).

O objetivo da clarificação é remover partículas suspensas, como células de fermento, bactérias e substâncias coloidais, resultando em uma cerveja de cor mais clara, maior estabilidade físico-química e um brilho atraente. Essa etapa não altera a composição nem o sabor da cerveja, porém desempenha um papel crucial ao garantir uma aparência visualmente agradável para a bebida final (CURI, 2006).

A clarificação do mosto cervejeiro é essencial para obter um produto final com aspecto limpo e brilhante. Durante o processo de maturação, a cerveja pode conter compostos insolúveis, como resíduos de lúpulo e coágulos formados pela interação de proteínas com polifenóis, além de outras partículas indesejáveis. Essas impurezas podem interferir nas características desejadas da cerveja, prejudicando sua aparência e qualidade. Portanto, a clarificação é necessária para remover essas partículas e obter uma cerveja com aspecto visualmente atraente (VENTURINI FILHO, 2010).

Os agentes clarificantes usados tradicionalmente para clarificar o mosto são adicionados com o objetivo de auxiliar nessa etapa. Esses agentes possuem uma estrutura química que os torna carregados positivamente, o que permite interagir com as células de levedura e proteínas, que possuem cargas negativas. Essa interação elétrica facilita a remoção das partículas indesejadas, promovendo a clarificação do mosto de forma eficiente (ESSLINGER, 2009). Dentre os agentes clarificantes mais comumente utilizados, destacam-se a gelatina, a carragena, a polivinilpolipirrolidona (PVPP) e as sílicas géis. Essas substâncias são amplamente empregadas devido às suas propriedades clarificantes. Esses agentes são essenciais para obter uma cerveja límpida e brilhante, garantindo assim a qualidade visual do produto final.

2.6.1 Carragena

A carragena é um tipo de hidrocolóide derivado de algas vermelhas, sendo um nome genérico aplicado a essa categoria de substâncias. Existem diferentes tipos de carragenas, como iota, kappa e lambda, que se distinguem pela distribuição e quantidade de grupos de ésteres sulfatados em sua estrutura. Essas carragenas possuem propriedades versáteis, podendo atuar como emulsificantes, geleificantes, estabilizantes e capazes de manter partículas em suspensão. Essa goma é valorizada por sua capacidade de fornecer textura, estabilidade e funcionalidade em uma variedade de aplicações industriais, incluindo a indústria de alimentos e bebidas (PASQUEL, 1999).

A carragena é empregada na produção de cerveja para auxiliar na clarificação do caldo de lúpulo e promover a floculação seletiva das proteínas insolúveis. Isso tem como resultado a obtenção de uma cerveja com maior transparência e brilho. A carragena atua aglutinando e sedimentando as partículas indesejadas, permitindo sua remoção durante o processo de clarificação. Com a utilização desse agente clarificante, é possível obter uma cerveja mais cristalina e visualmente atraente (PEREIRA, 2004).

2.6.2 Sílica gel

A sílica gel é um material sintético produzido a partir da reação entre silicato de sódio (Na_2SiO_3) e ácido sulfúrico (H_2SO_4). Essa combinação química resulta na formação da sílica gel, uma substância sólida que possui uma estrutura porosa. A sílica gel é amplamente utilizada em diversas aplicações, incluindo a indústria cervejeira, devido à sua capacidade de adsorver impurezas e partículas indesejadas. Sua estrutura porosa permite que ela atue como um agente clarificante eficaz na remoção de substâncias que podem afetar a qualidade e a aparência da cerveja (MCMURROUGH, 1995).

A sílica gel é uma forma granulada de sílica hidratada que possui mecanismos de adsorção. Cada partícula de sílica gel contém poros de tamanho adequado para permitir a entrada de proteínas, que são uma das principais responsáveis pela formação de névoa na cerveja. Geralmente, a sílica gel é adicionada durante a etapa de maturação ou durante o processo de filtração da cerveja (MCMURROUGH, 1995).

2.6.3 Gelatina

A gelatina é uma proteína composta por cadeias peptídicas, formada pela ligação de aminoácidos. É amplamente utilizada como agente clarificante na indústria de bebidas, devido às suas vantagens, como longa vida útil, fácil manipulação, baixo custo e capacidade de melhorar a cor, sabor e odor do líquido. Além disso, a gelatina contribui para uma clarificação mais brilhante, sendo eficaz na precipitação de agentes como o tanino. Isso ocorre devido à sua capacidade de formar complexos insolúveis com proteínas, auxiliando na remoção de impurezas e proporcionando uma bebida mais limpa e atrativa (COURI, 2002).

2.6.4 Polivinilpirrolidona (PVPP)

A polivinilpirrolidona (PVPP), usada como agente clarificante em cervejas, é um composto sintético insolúvel que tem a capacidade de adsorver polifenóis específicos encontrados na cerveja. Além de sua ação clarificante, a PVPP também desempenha um papel importante na prevenção da oxidação de flavonoides que podem alterar o sabor da cerveja. Essa substância reage formando pontes de hidrogênio entre o grupo carbonila e o grupo fenólico, resultando na adsorção dos polifenóis indesejados. Dessa forma, a PVPP contribui para uma cerveja mais límpida e protege os sabores desejados, garantindo a qualidade do produto final (DOMINGUES, 2019).

A aplicação de PVPP na cerveja possibilita a remoção dos polifenóis provenientes do malte e do lúpulo. Esses polifenóis podem causar sabores indesejáveis, como adstringência e amargor. Além disso, a PVPP desempenha um papel importante na prevenção da oxidação dos flavonoides, que são responsáveis por provocar sabores desagradáveis na cerveja. Ao adsorver os polifenóis e proteger os flavonoides da oxidação, a PVPP contribui para melhorar a qualidade sensorial da cerveja, proporcionando uma bebida mais equilibrada e agradável ao paladar (MASTANJEVIĆ, 2018).

O PVPP, como um polímero estabilizante coloidal, desempenha a função de remover polifenóis específicos presentes na cerveja. Isso ocorre através da formação de pontes de hidrogênio entre o grupo carboxila do PVPP e os grupos hidroxila dos polifenóis. Essa interação permite a adsorção seletiva dos polifenóis indesejados, ajudando a melhorar a estabilidade e a qualidade da cerveja. Posteriormente, durante o processo de filtração, o PVPP é removido

juntamente com os polifenóis adsorvidos, resultando em uma cerveja mais clara e com características sensoriais aprimoradas (FRATIANNI, 2016; PROZYN, 2018).

A utilização de PVPP traz consigo diversas vantagens, tais como: prevenir a formação de complexos entre proteínas e polifenóis, por meio da remoção dos polifenóis; ser insolúvel na cerveja e ser eliminado durante o processo de filtração; estender a vida útil da cerveja por até um ano; possibilitar a estabilização coloidal da cerveja em condições extremas; eliminar a adstringência provocada pelos polifenóis; e permitir a dosagem durante a etapa de maturação. Essas características tornam o PVPP um agente eficaz na clarificação e estabilização da cerveja, garantindo sua qualidade ao longo do tempo e melhorando a experiência do consumidor (PROZYN, 2018).

3 METODOLOGIA

Para a fabricação da cerveja foram utilizados resíduos de lúpulos das variedades americanas Ekuanot e Citra. Esses materiais foram gerados no processo de fabricação de cerveja artesanal, na etapa conhecida como dry hopping, seco em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 45°C por 24 horas.

3.1 Materiais

Os insumos para a produção da cerveja lager utilizados foram: malte pilsen agrária; levedura de baixa fermentação, cepa *Saccharomyces pastorianus*, marca comercial Fermentis - SafLager W-34/70; lúpulo Magnum e extrato seco de malte (Liotécnica), comprados em uma loja especializada em insumos cervejeiros, localizada em Toledo – PR.

Os agentes clarificantes comerciais selecionados para fins de comparação foram a polivinilpirrolidona (PVPP) pura, de alta massa molecular, comercializada sob a marca Poligel Plus e fabricada pelo grupo AEB; e a gelatina em pó incolor, da marca Dr. Oetker. Esses produtos foram adquiridos de um fornecedor de ingredientes para cerveja, bem como em supermercados localizados na cidade de Campo Mourão.

Para a obtenção dos extratos foi usado uma mistura de resíduos secos (8,5% de umidade) dos lúpulos Ekuanot e Citra.

Todos os reagentes usados foram de pureza analítica: etanol 96% (v/v); ácido gálico 99,8%; reagente Folin-Ciocalteu; carbonato de sódio (Na_2CO_3); albumina soro bovina, reagente Bradford e ácido láctico 85%.

3.2 Métodos

3.2.1 Obtenção do extrato do lúpulo

Para a obtenção dos extratos, 40,00 g do resíduo de lúpulo (mistura de Ekuanot e Citra) foram pesados em frasco reagente de 1000 mL e adicionado 500 mL de etanol 50% v/v. Os frascos foram tampados, agitados manualmente e deixados em repouso por 48 horas. O extrato (líquido) foi recuperado por filtração a vácuo. O resíduo sólido retornado ao frasco reagente e adicionado 400mL de etanol 50% v/v, agitado manualmente e deixado em repouso por mais 48 horas. O segundo extrato foi recuperado por filtração à vácuo (-700 mm Hg) e misturado com o primeiro extrato. Este extrato foi concentrado em rotaevaporador até que o seu volume foi reduzido para 50 mL e a seguir foi depositado em frasco de vidro de cor âmbar e armazenado a uma temperatura de 2 a 5 °C.

Para a obtenção do extrato aquoso dos resíduos de lupulos foi utilizado o mesmo procedimento acima citado usando como solvente água filtrada por osmose reversa, sendo que o frasco reagente foi colocado em estufa à temperatura de 50°C.

3.2.2 Microencapsulação do extrato do lúpulo para a obtenção do extrato seco - ESD

Para a encapsulação foi utilizado como agente encapsulante uma dextrina citrato obtida do amido de mandioca, por processo de dextrinização com 5% de ácido cítrico em relação ao amido de acordo com metodologia descrita por XIE & LIU (2004). O material encapsulante (35 g) foi disperso em 70 mL de água a 70°C sob agitação mecânica. A seguir foram acrescentados 100 mL de extrato hidroalcolico de lúpulo (item 3.2.1) e a mistura foi agitada a 4000rpm por 5 minutos. A microencapsulação foi realizada em spray dryer utilizando bico atomizador de 1,0 mm de diâmetro, temperatura do ar de entrada de 150 °C, fluxo do ar de secagem de 3,60 m³/min e vazão da alimentação da amostra de 0,60 L/h.

3.2.3 Ruptura dos microencapsulados (extrato ESD) para a quantificação dos das proantocianidinas

Segundo metodologia descrita por NORI et al. (2011), 0,2 g das amostras de microencapsulados foram adicionadas em 2,0 mL de citrato de sódio 10% (m/v). Em seguida, o pH elevado para 8,0 com solução de NaOH 0,1 mol.L⁻¹. Esta mistura foi agitada num misturador vórtex por dois minutos. Em seguida, 5,0 mL de etanol 99,5% (v/v) foram adicionados à mistura, mantendo em agitação durante mais dois minutos. A mistura foi centrifugada a 4000 xg durante 20 minutos. A extração foi realizada em triplicata. A quantificação do teor proantocianidinas foi realizada conforme o item 3.2.2.

3.2.4 Fabricação da cerveja e aplicação do extrato selecionado

A fabricação da cerveja foi realizada com base na metodologia de Szwajgier e Bancarzewska (2011) e ocorreu no Laboratório de Tecnologia de Amidos e Cereais da UTFPR–Campus Campo Mourão.

A elaboração do mosto foi feita na panela cervejeira Beermax, iniciando com a pesagem de 5 kg de malte moído (4,85 kg do malte pilsen e 0,15 kg de malte especial, tipo caramelo) e 30 litros de água potável (isenta de cloro). A panela foi programada para uma temperatura de 35°C por 10 minutos com o intuito de homogeneizar a mistura e determinar o pH que deve ficar entre 5,1 a 5,3.

Posteriormente a mosturação ocorreu na panela cervejeira Beermax com temperaturas e tempos pré-determinados, denominados de rampas. As rampas foram 10 min à 50°C, 60 min à 65°C, 30 min à 70°C e 10 min à 78°C. Após essa etapa o mosto primário foi drenado e disposto na panela de fervura. O bagaço de malte foi lavado com água quente (70 a 78°C), o mosto secundário obtido foi recolhido na panela de fervura e a lavagem acabou quando o mesmo atingir teor de sólidos solúveis à 5°Brix.

O mosto foi aquecido na panela e após 20 min adicionado 25 g de lúpulo amargor Magnum. O momento do acréscimo do lúpulo foi estimado como tempo zero (0) de fervura e interrompido aos 60 minutos. Ao término da fervura o teor de sólidos solúveis foi de 12°Brix. A seguir, o mosto foi submetido à turbilhonamento por 1 minuto (whirlpooling), agitação circular do mosto com a ajuda de uma colher comprida (70 cm) para formar um redemoinho

com o intuito de facilitar a sedimentação de sólidos insolúveis (trub), constituídos por proteínas, compostos fenólicos e resíduo de lúpulo.

Decorridos 40 minutos de repouso o mosto foi retirado pelo registro localizado na parte inferior da panela e resfriado em trocador de calor, em seguida posto no recipiente fermentador (previamente sanitizado com etanol 70% v/v). A seguir, o mosto foi oxigenado por borbulhamento com ar sanitizado oriundo de um mini compressor de ar (10 minutos, vazão de 4 L.m^{-1}).

O mosto oxigenado foi inoculado com 11,5 g de levedura de baixa fermentação Fermentis-SafLager W-34/70 (*Saccharomyces pastorianus*). O recipiente fermentador fechado, colocando o sistema para a liberação do CO_2 sem permitir a entrada de ar do exterior e acondicionado em ambiente com temperatura controlada de $11 \text{ }^\circ\text{C}$ para fermentação por 14 dias.

Após a fermentação ocorreu a transferência e fracionamento da cerveja verde (CV) para 7 fermentadores secundários (recipientes de 3 L) e depositado em cada 2,2 L de CV. Quatro fermentadores foram destinados para avaliar os extratos (hidroalcoólico, aquoso e seco por spray dryer) nas concentrações de 5, 10 e 15 mg de proantocianidinas por litro, avaliado três clarificantes comerciais, gelatina (170 mg/L), polivinilpolipirrolidona (100 mg/L) e um fermentador livre de clarificantes que funcionou como controle. Todos os fermentadores foram colocados em geladeira regulada à 1 a $2 \text{ }^\circ\text{C}$ por 20 dias para a maturação das cervejas. O tempo total de processo foi de 34 dias.

3.2.5 Métodos para avaliar a clarificação

A estabilidade físico-química da cerveja, também conhecida como estabilidade coloidal, é avaliada pela presença ou ausência de turvação a frio. Uma cerveja com ausência de turvação é considerada coloidalmente estável. Para avaliar o impacto do extrato e dos clarificantes comerciais na clarificação da cerveja, foram conduzidas quatro análises que estão diretamente relacionadas à turbidez. Essas análises têm como objetivo determinar o teor de compostos fenólicos, a concentração de proteínas, a claridade e a turbidez da cerveja.

3.2.5.1 Quantificação do teor de proteínas

As proteínas foram quantificadas através do método de Bradford, uma técnica para a determinação de proteínas totais que utiliza o reagente de Bradford formando um complexo entre o corante Brilliant Blue G e as proteínas em solução. As amostras adicionadas do reagente foram analisadas através da leitura espectrofotométrica a 595 nm. A proteína padrão para a realização desse experimento foi albumina bovina (PEDROL, 2001).

3.2.5.2 Quantificação dos compostos fenólicos totais

A determinação do teor de compostos fenólicos totais foi realizada utilizando a metodologia de Singleton e Rossi (1965), baseada no método desenvolvido por Folin-Ciocalteu. O procedimento envolveu a pipetagem de 100 μL da amostra, 1700 μL de água destilada e 250 μL de solução de Folin-Ciocalteu em uma cubeta de análise espectrofotométrica. Após um período de repouso de 3 minutos, adicionou-se 1500 μL de solução de carbonato de sódio (Na_2CO_3). As cubetas foram incubadas protegidas da luz por 30 minutos a uma temperatura de 37°C.

Em seguida, a absorbância das amostras foi medida em um espectrofotômetro calibrado previamente com o branco a uma leitura de 765 nm. Os teores de compostos fenólicos totais foram determinados por meio da interpolação das absorbâncias das amostras em relação a uma curva de calibração construída com padrões de ácido gálico, e expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico por litro (mg EAG/L).

3.2.5.3 Quantificação das proantocianidinas

Os teores das proantocianidinas (taninos condensados) nos extratos foram determinados pelo método da vanilina, de acordo com a metodologia de Sun, Ricardo-da-Silva e Spranger (1998). Em tubos de ensaios foram colocados na seguinte sequência: 0,6 mL de cada extrato, 1,5 mL de solução de vanilina a 1% (m/v) em metanol e 1,5 mL solução de ácido sulfúrico a 25% em metanol (1 volume H_2SO_4 , 98% + 3 volumes de metanol anidro). As misturas foram postas em banho de água à 30 °C por um período de 15 minutos e a seguir feitas as leituras das absorbâncias à 500 nm. Para cada extrato, as análises foram feitas em triplicata. Foi elaborada uma curva padrão construída nas mesmas condições, onde os extratos foram substituídos por soluções diluídas de catequina de concentrações conhecidas. Os resultados expressos em mg de equivalente de catequina por litro de extrato (mg EC/L).

3.2.5.4 Determinação da claridade

Para a determinação da claridade a metodologia empregada foi a descrita por Dale, Tran e Lyddiatt (1995) com análise espectrofotométrica. Alíquotas da região superficial de cada um dos mostos foram coletadas, a fim de se determinar a claridade, através da medição da absorvância no comprimento de onda de 600 nm a 20°C. Como branco foi utilizado água destilada. Os resultados foram expressos em média e desvio padrão.

3.2.5.5 Análise estatística

Através dos dados obtidos pela determinação de compostos fenólicos totais, proteínas, absorvância e turbidez, foi realizada uma análise estatística com o auxílio do software Bioestat. Neste, foi aplicado o método de Skott-Knott, obtendo as diferenças significativas a um nível de 5%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação de parâmetros relacionados com claridade da cerveja

Com o objetivo de investigar a capacidade de clarificação do extrato de lúpulo em comparação com clarificantes comerciais, foram conduzidas análises de proteínas, compostos fenólicos e claridade da cerveja. Essas análises foram realizadas ao final do período de maturação. O experimento foi replicado em triplicata.

Essa abordagem permitiu avaliar diversos aspectos da clarificação da cerveja, incluindo a redução de proteínas, a presença de compostos fenólicos, bem como a medição da claridade. Ao comparar o extrato de lúpulo com os clarificantes comerciais, buscou-se determinar a eficácia do extrato de lúpulo como um potencial agente clarificante.

Essas análises forneceram informações importantes para entender o impacto do extrato de resíduo de lúpulo (ekuanot/citra) na clarificação da cerveja e compará-lo com os clarificantes tradicionais disponíveis comercialmente. Os resultados obtidos auxiliam na seleção e no desenvolvimento de estratégias de clarificação mais eficazes, contribuindo para a obtenção de cervejas visualmente atraentes.

Os extratos de lúpulos usados como clarificantes nomeados, extrato hidroalcoólico (EHA), extrato aquoso (EAQ) e extrato hidroalcoólico seco por spray drying (ESD) apresentaram, respectivamente as seguintes concentrações de proantocianidinas: 2,86 mg/L, 2,27 mg/mL e 25,2 mg/g. Baseado nessas concentrações foram usadas as quantidades necessárias dos extratos para obter as dosagem de 5, 10 e 15 mg de proantocidinidas por litro de cerveja.

4.1.1 Determinação de proteínas

As proteínas na cerveja desempenham vários papéis, incluindo a formação e estabilidade da espuma, bem como a influência na aparência e no sabor da cerveja. No entanto, altos níveis de proteínas na cerveja é considerado indesejável podem causar turvação e afetar negativamente suas características sensoriais. Além disso, a presença excessiva de proteínas pode afetar negativamente a estabilidade da espuma da cerveja e dificultar o processo de filtração (OLIVEIRA, 2015).

O controle dos teores proteicos na cerveja é uma parte importante do processo de produção, e técnicas como o uso de agentes clarificantes podem ser empregadas para remover as proteínas em excesso. Dessa forma, busca-se alcançar uma cerveja visualmente atrativa, com uma espuma estável e uma aparência límpida, proporcionando uma experiência de consumo mais agradável aos apreciadores de cerveja (OLIVEIRA, 2015).

Foram realizadas análises estatísticas comparativas utilizando o teste de Scott-Knott, com um nível de significância de 5%, para avaliar as concentrações médias de proteínas em diferentes amostras. A Tabela 1 apresenta essas médias e inclui uma amostra controle, bem como amostras contendo os clarificantes comerciais gelatina e polivinilpolipirrolidona (PVPP). As amostras foram divididas em três grupos: extratos aquosos, hidroalcoólicos e encapsulados, com níveis de concentração de 5, 10 e 15mg de proantocianidinas por litro de cerveja.

Tabela 1 - Teor de proteínas (mg/L) do mosto ao final da maturação.

TRATAMENTO	MÉDIA	SK 5%
Controle	639,76	f
Gelatina	652,78	f
PVPP	726,56	d
EHA 5	572,05	g
EHA 10	629,34	f
EHA 15	594,62	g
EAQ 5	947,05	b
EAQ 10	895,83	c
EAQ 15	986,11	a
ESD 5	711,81	d
ESD 10	723,09	d
ESD 15	693,58	e

As médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si (Scott-Knott; $p \geq 0,05$).
 PVPP: polivinilpolipirrolidona; EHA: extrato hidroalcoólico; EAQ: extrato aquosos; ESD: extrato EHA seco por spray drying. 5,10,15 respectivamente mg de proantocianidinas/L.
 Fonte: Autoria própria (2023)

Ao término do período de maturação, observou-se que a cerveja com menor teor de proteína foi aquela contendo o extrato hidroalcoólico com concentração de 5 mg/L, registrando uma quantidade de (572,05 mg/L). Em seguida, as cervejas com os extratos hidroalcoólicos de 15 mg/L (594,62 mg/L) e 10 mg/L (629,34 mg/L) apresentaram teores mais baixos de proteína. O grupo controle registrou uma concentração de (639,76 mg/L), enquanto a cerveja tratada com gelatina teve maior teor de proteína, atingindo (652,78 mg/L) que não diferiu ($p > 0,05$) da

cerveja tratada com gelatina (652,78 mg/L), que não diferiu ($p > 0,05$) da cerveja tratada com gelatina (652,78 mg/L)

Observou-se que os extratos hidroalcoólicos, em concentrações de 5 mg/L e 15 mg/L, mostraram uma eficácia superior na diminuição do teor proteico em comparação com os demais grupos. No entanto, é importante ressaltar que os resultados obtidos podem variar de acordo com os diferentes processos de fabricação da cerveja e as características específicas dos clarificantes utilizados.

4.1.2 Determinação do teor de compostos fenólicos totais

A presença de compostos fenólicos na cerveja pode afetar o processo de clarificação. Esses compostos podem causar turbidez ou precipitação indesejada, o que pode comprometer a aparência e a estabilidade da cerveja. Existem diferentes compostos fenólicos que podem estar presentes na cerveja, como flavonoides, flavonóis, antocianinas, taninos (lignanais), polifenóis hidrolisáveis e ácidos fenólicos. Os taninos e as proantocianidinas presentes na cerveja podem interagir com as proteínas formando complexos insolúveis, resultando em precipitação e formação de sedimentos.

Além disso, os flavonoides e antocianinas podem contribuir para a formação de turvação na cerveja, especialmente quando expostos à luz. Esses compostos podem sofrer reações de oxidação e polimerização, resultando em mudanças de cor e formação de sedimentos. Para minimizar a interferência dos compostos fenólicos na clarificação da cerveja, são utilizados agentes clarificantes, como a gelatina e a polivinilpolipirrolidona (PVPP). Esses clarificantes têm a capacidade de adsorver e remover os compostos fenólicos indesejados, melhorando a clareza da cerveja.

Na Tabela 2, são apresentadas as médias das concentrações de compostos fenólicos totais em diferentes amostras, incluindo a amostra controle, bem como os clarificantes comerciais (gelatina e polivinilpolipirrolidona - PVPP) e os extratos aquosos, hidroalcoólicos e encapsulados, com níveis de concentração de 5, 10 e 15mg. A partir desses dados, foi realizada uma análise estatística comparativa utilizando o teste de Scott-Knott, considerando um nível de significância de 5% de variância.

De acordo com os resultados obtidos, o polivinilpolipirrolidona (PVPP) demonstrou eficácia na remoção de compostos fenólicos na cerveja, apresentando uma média de

concentração de 167,69 mg/L. A aplicação do PVPP resultou em uma redução significativa dos compostos fenólicos indesejados.

Tabela 2 - Teor de compostos fenólicos (mg/L) do mosto ao final da maturação.

TRATAMENTO	MÉDIA	SK 5%
Controle	201,71	b
Gelatina	205,80	b
PVPP	167,69	c
EHA 5	231,43	a
EHA 10	218,67	a
EHA 15	228,09	a
EAQ 5	206,91	b
EAQ 10	219,17	a
EAQ 15	236,63	a
ESD 5	229,57	a
ESD 10	223,63	a
ESD 15	232,91	a

As médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si (Scott-Knott; $p \geq 0,05$).

PVPP: polivinilpirrolidona; EHA: extrato hidroalcoólico; EAQ: extrato aquosos; ESD: extrato EHA seco por spray drying. 5,10,15 respectivamente mg de proantocianidinas/L.

Fonte: Autoria própria (2023)

Em comparação com o controle, tanto a gelatina quanto o extrato aquoso EAQ 5 não apresentaram diferenças significativas na remoção de compostos fenólicos. Nas amostras de cervejas contendo os extratos EHA (5, 10, 15 mg/L), EAQ (10, 15 mg/L) e ESD (5, 10, 15 mg/L) observou-se um ligeiro aumento no teor de compostos fenólicos em relação a cerveja controle.

4.1.3 Quantificação de proantocianidinas

A Tabela 3 apresenta às médias das análises da amostra controle, bem como das amostras contendo clarificantes comerciais (gelatina e polivinilpirrolidona - PVPP) e os extratos aquosos (EAQ), hidroalcoólicos (EHA) e encapsulados (ESD), com níveis de concentração de 5, 10 e 15 mg. Utilizando o teste de Scott-Knott, considerando um nível de significância de 5% de variância.

Tabela 3 - Quantificação proantocianidinas do mosto ao final da maturação.

TRATAMENTO	MÉDIA	SK 5%
Controle	56,76	b
Gelatina	62,69	b
PVPP	47,17	b
EHA 5	71,55	a
EHA 10	71,45	a
EHA 15	85,19	a
EAQ 5	59,24	b
EAQ 10	62,11	b
EAQ 15	71,91	a
ESD 5	58,28	b
ESD 10	58,99	b
ESD 15	56,76	b

As médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si (Scott-Knott; $p \geq 0,05$).
 PVPP: polivinilpirrolidona; EHA: extrato hidroalcoólico; EAQ: extrato aquosos; ESD: extrato EHA seco por spray drying. 5,10,15 respectivamente mg de proantocianidinas/L.
 Fonte: Autoria própria (2023)

De acordo com a análise realizada utilizando o método de Scott-Knott para comparar os níveis de proantocianidinas (PA), apenas as amostras de cervejas contendo extrato hidroalcoólico nas concentrações de 5, 10 e 15 mg, juntamente com o extrato aquoso na concentração de 15 mg, apresentaram maiores teores de PA ($p < 0,05$) em relação à amostra controle. Não foram observadas diferenças estatisticamente significantes para as demais amostras testadas.

4.1.3 determinação da claridade

A Tabela 4 apresenta as médias das análises de claridade realizadas a temperatura de 20 °C referentes à amostra controle, bem como os clarificantes comerciais (gelatina e polivinilpirrolidona - PVPP) e os extratos aquosos, hidroalcoólicos e encapsulados, com níveis de concentração de 5, 10 e 15 mg. Utilizando o teste de Scott-Knott, considerando um nível de significância de 5% de variância.

Tabela 4 - Valor de Absorbância (600nm) do mosto ao final da maturação.

TRATAMENTO	MÉDIA	SK 5%
Controle	0,230	a
Gelatina	0,091	c
PVPP	0,219	b
EHA 5	0,047	g
EHA 10	0,046	g
EHA 15	0,052	f
EAQ 5	0,056	f
EAQ 10	0,057	f
EAQ 15	0,079	d
ESD 5	0,064	e
ESD 10	0,069	e
ESD 15	0,092	c

As médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si (Scott-Knott; $p \geq 0,05$).
 PVPP: polivinilpirrolidona; EHA: extrato hidroalcoólico; EAQ: extrato aquosos; ESD: extrato EHA seco por spray drying. 5,10,15 respectivamente mg de proantocianidinas/L.
 Fonte: Autoria própria (2023)

Em relação ao controle, todas os clarificantes apresentaram um efeito positivo na clarificação do mosto. No entanto, os resultados mais favoráveis foram observados nas amostras contendo extrato hidroalcoólico nas concentrações de 5mg e 10mg, com médias de clarificação de 0,047 mg/L e 0,046 mg/L, respectivamente. Esses valores não apresentaram diferenças significativas entre si. Em seguida, o extrato hidroalcoólico na concentração de 15mg, juntamente com o extrato aquoso de 5 mg e 10 mg, também apresentaram resultados satisfatórios, com valores de clarificação de 0,052 mg/L, 0,053 mg/L e 0,057 mg/L, respectivamente. Todos os extratos, exceto o ESD 15, mostraram melhor desempenho clarificador que a gelatina, e notadamente superiores em relação a PVPP.

A diminuição dos teores de proteínas, compostos fenólicos e de proantocianidinas são indicadores apontam a obtenção de cerveja mais clara pelo uso de agentes auxiliares de clarificação. No entanto, a diminuição da absorbância em 600 nm é o indicador mais relevante que com a capacidade clarificante de um determinado agente clarificante. Foi observado que os extratos da mistura dos resíduos dos lúpulos ekuanot e citra, nas três versões (EHA, EAQ e ESD) foram superiores à polivinilpirrolidona e gelatina, resultado que sugere que os referidos extratos são promissores agentes clarificantes.

Jelinek e colaboradores (2014) e Linforth e colaboradores (2015) conduziram estudos sobre o uso de extratos de resíduos de lúpulo ou lúpulo in natura como agentes clarificantes de cerveja durante a etapa de maturação. Esses estudos demonstraram que a adição desses extratos resultou em cervejas com uma aparência límpida e transparente. Os extratos, ricos em proantocianidinas, desempenharam um papel importante na remoção de partículas em suspensão e na sedimentação dos sólidos presentes na cerveja, contribuindo para a sua clarificação.

5 CONCLUSÃO

O objetivo deste estudo foi avaliar a eficácia de extratos hidroalcoólicos, aquosos e microencapsulados, em diferentes concentrações, como agentes clarificantes em comparação com os clarificantes comerciais gelatina e polivinilpropileno PVPP.

Os resultados da análise mostraram que as amostras com extrato hidroalcoólico nas concentrações de 5 mg e 15 mg apresentaram redução no teor de proteína em comparação com a amostra controle, gelatina e polivinilpolipirrolidona. Por outro lado, as demais amostras apresentaram concentrações de proteína maiores que as cervejas controle, gelatina e polivinilpolipirrolidona.

Os extratos de resíduos de lúpulos nas três versões (EHA, EAQ, ESD) não apresentaram efeito redutor dos compostos fenólicos totais ao contrário provocaram um ligeiro incremento; por outro lado apenas os extratos hidroalcoólicos (5, 10, 15) e o extrato aquoso EAQ 15 provocaram aumento no teor de proantocianidinas, enquanto que os extratos secos por spray dryer (5, 10, 15) e os aquosos (5, 10) não se diferenciaram das amostras de cervejas controle, gelatina e polivinilpolipirrolidona.

Os resultados da análise de absorvância indicaram que todos os tratamentos testados apresentaram menores valores absorvância em comparação com a amostra controle, gelatina e polivinilpolipirrolidona indicando que os tratamentos testados contribuíram para a melhoria da clarificação da cerveja.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, G.S. **Elaboração de uma cerveja ale utilizando melão de caroá [sicana odorífera (vell) naudim] como adjunto do malte**. 2016. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.
- ARAÚJO, P.H.R. **Produção e análise sensorial de cerveja artesanal de caju**. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.
- AQUARONE, E. et al. **Biotecnologia Industrial: Engenharia Bioquímica**. v.5. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.
- BAMFORTH, C. **Vinhos versus Cervejas: uma comparação histórica, tecnológica e social**. São Paulo: Senac, 2008.
- BEECHER, G. R. Proanthocyanidins: Biological Activities **Associated with Human Health**. *Pharmaceutical Biology*, v. 42, p. 2-20, 2004.
- BELETI, M. A.; DUARTE, F.; KRHEMER, J. E. A temperatura no desenvolvimento da atividade das enzimas (1-3, 1-4)- β -glucanases e degradação de β -glucanos durante a malteação. **Ciência Rural**, v. 42, n. 3, p. 467-473, 2012.
- BENINCA, C. et al. The thermal, rheological and structural properties of cassava starch granules modified with hydrochloric acid at different temperatures. **Thermochimica Acta**, v. 552, p. 65–69, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040603112005151>. Acesso em: 17 maio 2023.
- BORTOLI, D. A. S.; SANTOS, F.; STOCCO, N. M. **Leveduras e produção de cervejas - Revisão**. *Bioenergia em revista: diálogos*, p. 45–58, 2013.
- CARVALHO, L. G. Dossiê Técnico. **Produção de cerveja**. Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, mar. 2007. Disponível em: <http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NTc=>. Acesso em: 21 maio. 2023.
- CERVBRASIL. Associação Brasileira da Indústria da Cerveja. **Anuário, 2014**. Disponível em: http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/anuariodacerveja2019. Acesso em: 23 maio 2023.
- COLE, M. **Let me tell you about beers**. Reino Unido: Pavilion Books, 2011.
- COSTA, M. I. C. R. **Implementação e Validação da nova sala de brasagem**. Dissertação Mestrado – Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2014.
- COURI, Sonia et al. Comparação entre os tratamentos com tanase e com gelatina para clarificação do suco de caju (*Anacardium occidentale L.*). **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 20, n. 1, 2002.
- CURI, R.A. **Produção de cerveja utilizando cevada como adjunto de malte**. Tese Doutorado - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

DALE, C. J.; TRAN, H. T. N; LYDDIATT, A. **Studies on the mechanism of action of copper fining agents (k carrageenan). Copyright - Journal of the Institute of Brewing.** Vol. 102. pp. 285-289, Great Britain, 1995.

DELIBERALLI, C. C. **Cervejas Artesanais no Brasil: Análise da comunicação Integrada de Marketing da Cervejaria Bodebrown. 2015.** Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Comunicação Social, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

DOMINGUES, S. F. L. **Avaliação da eficácia da utilização de estabilizantes na diminuição da turvação da cerveja.** Tese Mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar - Curso de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova Lisboa, Lisboa, 2019.

DURELLO, R. S.; SILVA, L. M.; BOGUSZ JR, S. QUÍMICA DO LÚPULO. **Química Nova**, v. 42, n. 8, p. 900–919, 2019.

DRAGONE, G.; ALMEIDA E SILVA, J. B. **Cerveja.** In: VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia.** São Paulo: Edgard Blücher, 2010.

EVANGELISTA, R. R. **Análise do processo de fabricação industrial de cerveja.** Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Tecnologia em Biocombustíveis. Faculdade de Tecnologia de Araçatuba, Araçatuba, 2012.

ESSLINGER, H. M. **Handbook of brewing: Processes, Technology e Markets.** Weinheim: WILEY-VCH, 2009.

FRATIANNI, A. Commonly Used Finings and Their Application for Settling and Stability. **Master Brewers Association of the Americas**, v. 53, n. 2, p. 82-88, 2016.

FORBES BRASIL. Brasil mostra que é um país cada vez mais cervejeiro. **Forbes**, São Paulo, 2022.

GADON, A. et al. Characterisation of high molecular weight hop proanthocyanidins using Analytical Ultracentrifugation. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, 2019.

GOMES, L.S.; FURTADO, A. C. R.; SOUZA, M.C. A sílica e suas particularidades. **Revista Virtual de Química.**, v. 10, 2018.

HAMPSON, Tim. **O grande livro da cerveja: informações atualizadas sobre cervejas e as grandes cervejarias em todo mundo.** (tradução Celso Nogueira, Rose Marie Ziegelmaier). – São Paulo: Publifolha, 2014.

HOMINI LUPULO. **Fazer cerveja artesanal em casa: aprenda sobre as etapas da produção.** 2021.

HOSENEY, R.C. Principles of Cereal Chemistry and Technology. **St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal chemists, Inc.** v. 2, 1994.

HUI-JING LI, MAX L. DEINZER. **Proanthocyanidins in Hops.** 2009.

JUNIOR, D. A. A.; VIEIRA, A. G.; FERREIRA, T. P. Processo de produção de cerveja. **Revista Processos Químicos**, v. 3, n. 6, p. 71, 2009.

LINFORTH, R. S. Departamento Regional do Estado do Rio de Janeiro. **Tecnologia cervejeira**\SENAI, agrária, Centro de Tecnologia SENAI Alimentos e bebidas- Rio de Janeiro, 2014.

MACHADO, E.R. **Desenvolvimento e caracterização de cerveja artesanal com adição de cacau**. Tese Doutorado - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

MASTANJEVIĆ, K.; et al. Beer–The Importance of Colloidal Stability (Non-Biological Haze). **Fermentation**, v. 4, 2018.

MCMURROUGH, I. Effect of PVPP dosage on the flavanoid content of beer and consequences for beer quality. **Brew Digest**. v.59, 1995.

MEGA, J. F; NEVES, E; ANDRADE, C. J; A produção de cerveja no Brasil. **Revista Citino**, v. 1, n.1, p. 9, 2011.

MORADO, RONALDO. **Larousse da cerveja**. São Paulo: Larousse, 2009.

MORADO, RONALDO. **Larousse da cerveja**. São Paulo: Alaúde, 2017.

Pasquel, A., “Gomas: utilização e aspectos reológicos”, **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 33(1). 86-87. 1999.

PEREIRA, L. **Extração, caracterização e utilização das carragenanas**. Tese Doutorado em Botânica - Departamento de Botânica, Laboratório de Microscopia e Ficologia, Universidade de Coimbra, Portugal, 2004.

PEDROL, N. Handbook of Plant Ecophysiology Techniques. **Handbook of Plant Ecophysiology Techniques**, January 2001.

PORTO, P. D. **Tecnologia de fabricação do malte: uma revisão 2011**. Monografia – Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

PROZYN. **Cervejaria**, 2018. Disponível em:
<http://www.prozyn.com/pdf/catalogos/CatalogoProzyn-Bebidas-Cervejaria.pdf>. Acesso em: 15 de maio de 2023.

REBELLO, F. F. P. Produção de cerveja. **Revista Agrogeoambiental**, Inconfidentes, n. 3, p.145-155, dez. 2009.

REITENBACH, A. F. **Desenvolvimento De Cerveja Funcional Com Adição De Probiótico: Saccharomyces Boulardii**. Dissertação Mestrado - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis, 2010.

RODOLFO ROSENTHAL, HOMINI LUPULO. **Leveduras cervejeiras: as verdadeiras “mestras cervejeiras”**. Disponível em: <https://www.hominilupulo.com.br/cervejascaseiras/guia-basico/leveduras/>. Acesso em: 10 maio. 2023.

RODRIGUES, M. A.; MORAIS, J. S.; CASTRO, J. P. M. O Lúpulo: da cultura ao extrato. Técnica cultural tradicional. **In: Jornadas de lúpulo e cerveja: novas oportunidades de negócio**. Livro de atas, Instituto Politécnico de Bragança: Bragança, 2015.

ROSA, N. A.; AFONSO, J. C. A Química da Cerveja. **Química Nova Escola**, v. 37, n. 2, 2015.

SANTOS, J. I.; DINHAM, R. O essencial em cervejas e destilados. **São Paulo: Senac**, 2006.

SANTOS, C. M. **Caracterização do processo produtivo da cerveja artesanal Praxis 2018**. Relatório de Estágio – Engenharia de alimentos, Escola Superior Agraria, Coimbra, 2018.

SANTOS, D. O. **Exigências e desenvolvimento da cultura do lúpulo 2019**. Trabalho de conclusão de curso – Bacharel em Agronomia, Centro Universitário de Goiás. Goiânia, 2019.

SANTOS, Sérgio de Paula. Os primórdios da cerveja no Brasil. **São Paulo: Atelie Editorial**, 2003.

SANTOS, J. A. **Como fazer cerveja**. São Paulo: Três. 58p. 1985.

SCHAEFFER, L.C. et al. Refrigeração do mosto utilizando ar condicionado na produção de cerveja artesanal. Dissertação - Engenharia Mecânica, **Reunião Anual da SBPC**, 2002.

SEBRAE. **Potencial de consumo de cervejas no Brasil**. Disponível em: <http://www.sebrae2014.com.br/Sebrae/Sebrae%202014/Estudos%20e%20Pesquisas/2014_07_08_RT_Agroneg%C3%B3cio_Potencial_de_consumo_de_cervejas_no_Brasil.pdf>. Acesso em: 17/05/2023.

SILVA, A. A. **Produção, caracterização físico-química e análise sensorial de cerveja artesanal de trigo adicionada de polpa e casca de seriguela (Spondias purpurea L.) e casca de laranja (Citrus sinensis L.)**. Pós Graduação – Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2018.

SILVA, F. de A. S. e.; AZEVEDO, C. A. V. de. **The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data**. Afr.J. Agric. Res, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016. DOI: 10.5897/AJAR2016.11522.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, S. A. Colorimetric of total phenolics with phosphomolibicphosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology & Viticulture**, v. 16, n.3, p. 144-158, 1965.

SOUZA, V. B. D. **Extração e encapsulação por coacervação complexa das proantocianidinas da canela (Cinnamomum zeylanicum Blume)**. Pirassununga: Universidade de São Paulo, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, 2016.

SUAVE, J.; DALL'AGNOL, E.C.; PEZZIN, A.P.T.; SILVA, D.A.K.; MEIER, M.M.; SOLDI, V. Microencapsulação: Inovação em diferentes áreas. **Health and Environment Journal**, v.7, n.2, 2006.

SUN, B.; SILVA, R. J. M.; SPRANGER, I. Critical Factors of Vanillin Assay for Catechins and Proanthocyanidins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, n. 10, p. 4267–4274, 1998.

SPIER, F. **Efeito do tratamento alcalino, ácido e oxidativo nas propriedades de amido de milho**. Dissertação Mestrado em Ciência e Tecnologia Rural - Universidade de Pelotas, Pelotas, 2010.

SPIESS, Silvano. **O que é Malte? O Caneco**. 17 maio 2020.

SZWAJGIER, D. et al. Changes in the phenolic acid content during wort boiling and whirlpool. **Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria**, v.10, n.1, 2011.

TOZETTO, Luciano Moro. **Produção e caracterização de cerveja artesanal adicionada de gengibre (*Zingiber officinale*)**. Dissertação Mestrado - Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

XU, J.; Dai, T.; CHE, J.; HE, X.; SHUAI, X.; LIU, C.; LI, T. Effects of Three Types of Polymeric Proanthocyanidins on Physicochemical and In Vitro Digestive Properties of Potato Starch. **Foods**, v.10, p. 1394, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/352472024_Effects_of_Three_Types_of_Polymeric_Proanthocyanidins_on_Physicochemical_and_In_Vitro_Digestive_Properties_of_Potato_Starch. Acesso em 03 junho 2023.