

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SUL DE
MINAS GERAIS - IFSULDEMINAS**

Everton Aureglietti da Costa

**UTILIZAÇÃO DE BOLDO NA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE LÚPULOS NA
PRODUÇÃO DE CERVEJA**

Machado/MG

2022

Everton Aureglietti da Costa

**UTILIZAÇÃO DE BOLDO NA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE LÚPULOS NA
PRODUÇÃO DE CERVEJA**

Dissertação apresentada ao IFSULDEMINAS,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação *Stricto Sensu* em Ciência e Tecnologia
de Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Délcio Bueno da Silva

Co-orientador: Prof. Dr. Alex Uzeda de Magalhães

Machado/MG

2022

C871u Costa, Everton Aureglietti da.

Utilização de boldo na substituição parcial de lúpulos na produção de cerveja / Everton Aureglietti da Costa. – Machado: [s.n.], 2023.

76 p. : il.

Orientador: Prof. Dr. Délcio Bueno da Silva.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Machado.

Inclui bibliografia.

1. Cerveja. 2. História. 3. Avaliação sensorial. 4. Malte. 5. Boldo. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Machado. II. Título.

CDD: 663.3



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais
IFSULDEMINAS - Campus Machado

FOAP Nº2/2023/MCH-DEN/MCH-DG/MCH/IFSULDEMINAS

FOLHA DE APROVAÇÃO

Título: UTILIZAÇÃO DE BOLDO NA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE LÚPULOS NA PRODUÇÃO DE CERVEJA	
Autor: Everton Aureglietti da Costa	Orientador: Prof. Dr. Délcio Bueno da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul de Minas Gerais – Campus Machado, como parte das exigências para a conclusão do Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de Mestre.

Aprovado em: 14 de julho de 2022

Orientador: Prof. Dr. Délcio Bueno da Silva	
Membro: Prof. Dr. Alex Uzeda Magalhães	Membro: Prof. Dr. Vanderley Almeida Silva

Documento assinado eletronicamente por:

- **Delcio Bueno da Silva**, COORDENADOR DE CURSO - FUC1 - MCH - MCH-DEN, em 10/03/2023 08:03:44.
- **Vanderley Almeida Silva**, COORDENADOR DE CURSO - FUC1 - MCH - MCH-DEN, em 10/03/2023 08:29:58.
- **Alex Uzeda de Magalhaes**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 10/03/2023 09:53:45.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 10/03/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifsuldeminas.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 333937
Código de Autenticação: e16e4af6d5



Documento eletrônico gerado pelo SUAP (<https://suap.ifsuldeminas.edu.br>)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais

Dedico a minha mãe que sempre me incentivou a nunca desistir mesmo quando parecia impossível.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sempre prover saídas possíveis para momentos impossíveis, e assim, possibilitar a conclusão dessa etapa.

A todos que de alguma forma contribuíram para que essa dissertação fosse possível.

Ao orientador Délcio Bueno da Silva por ter me dado todo o suporte nas etapas do projeto.

Agradeço ao Alex Uzeda Magalhães e aos membros do CERVART por ter amparado e ajudado na confecção da cerveja.

A minha namorada pela dedicação e paciência comigo.

A minha mãe que sempre me amparou nos momentos mais difíceis.

Aos meus colegas que tive a honra de conhecer durante o curso.

A todos meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

O lúpulo é um dos ingredientes que mais impactam nos custos da produção cervejeira devido ser na grande maioria importado de países europeus e norte-americanos, podendo ser substituído por outras plantas na obtenção de amargor. Deste modo, o objetivo desse trabalho foi testar a viabilidade da substituição parcial do lúpulo por boldo (*Plectranthus barbatus*). Três dosagens de substituições de boldo por lúpulo de amargor Magnum (F1= 50g lúpulo Magnum e 0g Boldo; F2 = 25g lúpulo Magnum e 25g Boldo; F3 = 0g lúpulo Magnum e 50g Boldo) na produção de cerveja *India Pale Ale*, sem a descaracterização do estilo. O delineamento foram blocos casualizados com cinco repetições para cada um dos tratamentos. As cervejas foram analisadas sensorialmente quanto ao amargor, aparência, aroma e *drinkability* e aspecto geral. Os resultados das análises sensoriais foram realizados aplicando-se o Teste F e análise de regressão. As cervejas elaboradas não diferiram no amargor nos tratamentos, tornando possível a substituição parcial ou total do lúpulo de amargor na cerveja *India Pale Ale*, sem descaracterizar o estilo.

Palavras-chave: amargor, sensorial, cerveja, *India Pale Ale*, *Plectranthus barbatus*.

ABSTRACT

Hops is one of the ingredients that most impact the costs of brewing production because it is mostly imported from European and North American countries, and can be replaced by other plants in obtaining bitterness, thus, the objective of this work was to test the feasibility partial replacement of hops by boldo (*Plectranthus barbatus*). Three dosages of substitutions of boldo for Magnum bittering hops (T1= 50g Magnum hops and 0g Bilberry; T2 = 25g Magnum hops and 25g Bilberry; T3 = 0g Magnum hops and 50g Bilberry) in the production of *India Pale Ale* beer, without the mischaracterization of the style. The design was randomized blocks with five replications for each treatment. The beers were sensory analyzed for bitterness, appearance, aroma and drinkability and general appearance. The results of the sensory analyzes were carried out by applying the F Test and regression analysis. The elaborated beers did not differ in terms of bitterness in the treatments, making it possible to partially or completely replace the bittering hops in the *India Pale Ale* beer, without changing the style.

Keywords: bitterness, sensory, beer, *India Pale Ale*, *Plectranthus barbatus*.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	8
1 INTRODUÇÃO.....	8
2 REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1 História da cerveja	10
2.2 Água.....	12
2.3 Malte	13
2.4 Lúpulo.....	15
2.5 Boldo.....	17
2.6 Cerveja <i>India Pale Ale</i>	18
2.7 Processo cervejeiro	19
2.7.1 Moagem.....	20
2.7.2 Mostura.....	20
2.7.3 Clarificação	21
2.7.4 Fervura	21
2.7.5 <i>Whirpool</i> e Resfriamento	21
2.7.6 Fermentação e Maturação	22
2.7.7 Envase	22
3 REFERÊNCIAS	23
CAPÍTULO 2	26
1 INTRODUÇÃO.....	26
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
2.1 Local	26
2.2 Preparo da cerveja.....	27
2.3 Análise sensorial	29
2.4 Preparo das Amostras	30
2.5 Análise estatística	31
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4 CONCLUSÃO.....	34
5 REFERÊNCIAS	35

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

A cerveja tem um histórico milenar e passou por várias transformações durante esse tempo, sendo modificadas as técnicas, adjuntos e ingredientes no fabrico da cerveja. Hoje em dia, há uma crescente demanda, resultando em procura por insumos de qualidade para produção cervejeira (MEGA, 2011).

O estilo de cerveja *India Pale Ale* (IPA) como altamente difundido pelo mundo e possui características distintas em seu sabor, aroma e corpo médio presente na cerveja. Com aromas e sabores característico dos lúpulos utilizados na sua produção, variando cítricos, florais, condimentado e amadeirado, no entanto, devido a quantidade de lúpulos, principalmente no início da fervura, o amargor tem uma importância na caracterização do estilo IPA (BJCP, 2015).

O lúpulo é um ingrediente essencial e obrigatório para a produção de cerveja (BRASIL, 2019). Apesar dos avanços no melhoramento genético, a produção de lúpulo no Brasil é pequena, assim praticamente todo o lúpulo utilizado é importado. Olhando para este cenário, nos deparamos com os altos preços de importação, encarecendo a produção da cerveja artesanal (REIS, 2020).

Uma das principais características no lúpulo e tão desejada pelos amantes de cerveja artesanal é o amargor. Na nossa flora temos algo semelhante no amargor e altamente difundido na medicina popular que é o boldo (*Plectranthus barbatus*) (RODRIGUES, 2011).

O Boldo (*Plectranthus barbatus*) é uma espécie nativa do Brasil e de fácil acesso, principalmente por ser utilizada em problemas digestivos na medicina popular. É conhecida popularmente como boldo-peludo, falso-boldo, boldo-brasileiro, alumã dentre outros, com as características de um sabor amargo seguido de sabor adocicado (LORENZI; MATOS; 2002).

Quando analisamos a literatura é muito vaga quanto a utilização de Boldo (*Plectranthus barbatus*) na produção cervejeira com relação à substituição do lúpulo. Sendo assim, torna-se necessário uma pesquisa tratando desse tema com afinco para explanações em futuros trabalhos e/ou elaboração de novas técnicas de produção cervejeira, visando a redução de custos da indústria e estimulando novas possibilidades de valorizar uma escola cervejeira tipicamente nacional autossuficiente (AMARO JUNIOR et al, 2009).

Neste contexto, objetivou-se com esse trabalho avaliar sensorialmente a viabilidade da

adição de Boldo (*Plectranthus barbatus*) na produção de cerveja tipo *India Pale Ale* como substituto parcial do lúpulo na contribuição do desenvolvimento do amargor.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 História da cerveja

A fabricação de cerveja é uma atividade desde os primórdios da civilização e urbanização humana. Ao decorrer da história, a cerveja foi um produto valorizado tanto por suas características físico-químicas, propriedades e qualidade quanto pelo seu envolvimento com religiões e tradição. Assim, a história da fabricação de cerveja não é apenas um avanço científico e tecnológico, mas também a história das próprias pessoas: a sua governação, a sua economia, os seus ritos e a sua vida quotidiana (MEUSSDOERFFER, 2009; PEREIRA, 2021).

A cerveja refere-se amplamente às bebidas fermentadas à base de grãos ou designa a bebida lupulada obtida a partir de amido liquefeito após fermentação com cepas específicas de *Saccharomyces sp.* (MEUSSDOERFFER, 2009). Embora, considerar apenas de cerveja lupulada seria muito seletiva e ignoraria as raízes fundamentais da tecnologia cervejeira e da cultura cervejeira (ROTOLO, 2019).

O conhecimento sobre fabricação de cerveja vem de artefatos arqueológicos ou documentos escritos. Assim, resíduos de grãos e a presença de oxalato, respectivamente, têm sido utilizados como evidências arqueológicas para a cerveja. Isso é certamente apropriado se o entorno indicar condições favoráveis para a produção de cerveja (PEREIRA, 2021).

Desde a antiguidade o consumo de cerveja implicou também uma filiação cultural, nacional e ideológica, e as publicações serviram não só para a documentação de fatos tecnológicos ou econômicos, mas também para a satisfação do orgulho cultural. Da antiguidade aos tempos modernos, muitos autores abordaram o tema com considerável viés. Assim, enquanto cerveja e vinho provavelmente coexistiram na maioria das sociedades, muitas vezes foram feitas tentativas para marcar uma civilização como bebedora de vinho ou cerveja (MEUSSDOERFFER, 2009).

A primeira evidência de bebidas fermentadas à base de grãos tem origem principalmente nas regiões da Mesopotâmia e Egito, onde floresceu o cultivo de grãos, datado cerca de 8.000 a.C. (PEREIRA, 2021).

Meussdoerffer (2009) explica que a cerveja teve uma contribuição dos povos sumérios, babilônicos e egípcios, sendo cultural na produção de cerveja e com tecnologia cervejeira avançada para aquela época. A alimentação diária dos egípcios tinha presente a cerveja, sendo transmitidos o fabrico de cerveja a outros povos como os gregos e posteriormente aos romanos (PEREIRA, 2021).

Os Romanos e Gregos tinham uma preferência pelo vinho a cerveja, visto que o vinho era considerado uma bebida dos deuses, assim a cerveja era uma bebida das classes mais pobres e dos povos bárbaros nórdicos (Vikings, Celtas e Germânicos). Somente após a queda do império romano, as tribos germânicas espalharam sua cultura cervejeira ao longo da Europa (ROTOLO, 2019).

Durante a idade média a cerveja passou a ser produzida e melhorada pelos mosteiros, assim tendo uma grande procura pela cerveja dos monges. Esses por sua vez, desenvolveram técnicas para melhor extração dos açúcares do malte e a utilização de lúpulo na produção de cervejas mais elaboradas em aromas e sabores, além de dosar a quantidade de malte e lúpulo em cada receita, possibilitando a produzir cervejas com teor alcoólico menor para o consumo diário, com maiores teores alcoólicos e encorpadas para festividades (SILVA; LEITE, 2016; PEREIRA, 2021).

Um marco na produção de cerveja aconteceu na Alemanha, em 1516, pois nesse período eram utilizados vários tipos de ingredientes para aromatizar e saborizar as cervejas, como folhas de pinheiro e cerejas silvestres, além da utilização de cereais não maltados. Dessa forma o Duque *Wilhelm IV* da Baviera proibiu o uso de qualquer ingrediente, no fabrico de cerveja, que não fosse água, cevada e lúpulo. Assim sendo, foi instaurada a Lei Alemã da Pureza (*Reinheitsgebot*), para ditar os únicos ingredientes a serem usados no fabrico de cerveja (MEUSSDOERFFER, 2009).

Com a criação da máquina a vapor foi possível a industrialização da produção cervejeira, sendo nesse período registrados vários tipos novos de cerveja de acordo com os ingredientes utilizados na produção da cerveja (SILVA; LEITE, 2016).

Durante a industrialização da Alemanha, a cerveja *lager* desempenhou o papel que o estilo *porter* havia desempenhado na Londres do século XVIII. Assim, as cervejas *lager* surgiram em toda a Alemanha. De 1860 a 1890 praticamente aumentou em 1.500 % a produção de cervejas *lagers*, em contrapartida a produção de cervejas de alta fermentação teve um declínio (PEREIRA, 2021).

O processo cervejeiro foi difundido por toda Europa e chegando nos Estados Unidos, onde recebeu os toques do lugar, conforme os ingredientes importados e disponíveis no local, criando uma nova escola cervejeira (ROTOLO, 2019).

2.2 Água

A história da cerveja mostra que em alguns lugares tinham cervejas que não podiam ser reproduzidas fora dali, devido ao tipo de água utilizada, visto que, as características eram apenas daquela localidade. Com o detalhamento químico da água foi provado que a composição química de cada região era responsável por essas características, assim permitindo a correção da água (PALMER, 2006).

A cerveja é constituída por cerca de 92% a 95% de água, com isso, torna o meio para que as reações bioquímicas e químicas aconteçam, e assim formar o que denominamos cerveja. Por esta razão, na produção de cerveja, a água deve ter um destaque (ALMEIDA e SILVA, 2005). Desta forma, temos que entender que a água é um ingrediente fundamental na cerveja e que ela interage com o malte, lúpulo, leveduras e adjuntos, podendo ressaltar determinadas características de cada um (PALMER, 2006).

Os requisitos de qualidade da água na cervejaria podem variar, desta forma, a melhor água para fabricação de cerveja nem sempre pode ser a melhor água para outros usos na cervejaria. A água usada para limpeza, geração de vapor, resfriamento ou diluição pode precisar de parâmetros totalmente diferentes da água de maceração ou aspensão (KAMINSKI; PALMER, 2013).

A qualidade da água é ligada a quantidade de sais presentes nela, sendo classificadas de macia ou mole a muito dura conforme podemos ver na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação da água quanto a sua dureza.

Classificação da Água Dura		
Grau de dureza da água	CaCO ₃ (mg/L de Ca ⁺²)	CaCO ₃ (mmol/L de Ca ⁺²)
Macia	0 - 60	0 – 0,6
Média	60 -150	0,6 – 1,5
Dura	150 - 300	1,5 – 3,0
Muito dura	> 300	> 3,0

(Kaminski e Palmer, 2013)

Segundo Cruz (2007), a água usada na cervejaria é própria para consumo humano, mas deve ser livre de alguns componentes, como o cloro, que acarretará na produção de compostos

indesejáveis durante a fase fermentativa. Com isso, a água deve ser insípida e inodora para não interferir nas propriedades organolépticas ao produto finalizado, gerando gosto e aromas indesejáveis a cerveja.

A água dura possui sais de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em solução, sob a forma de bicarbonatos que é extraída da pedra calcária ou sob a forma de sulfatos quando é extraída do arenito. Enquanto que a água mole é tida por meio da superfície, através dos terrenos rochosos, podendo ser captada a partir de fontes subterrâneas, como o aquífero, que possui baixo teor mineral quando se fala em sais de sódio (Na) e potássio (K). A água salobra, por sua vez, contém elevado teor de potássio (K) e de cloreto de sódio (NaCl) sendo extraída próxima à costa do mar e possuindo um sabor característico salgado (SALIMBENI, *et al.*, 2016).

Kaminski e Palmer (2013) salientam que o pH da água (5,3 a 5,5) é fundamental para melhor atuação enzimática na brasagem, solubilização de componentes adstringentes, variação da cor e coagulação dos componentes proteicos do mosto e desenvolvimento das leveduras na fermentação, por esta razão, a água deve ser corrigida no início do processo, tanto o pH quanto os sais, para cada tipo de receita.

Kaminski e Palmer (2013) descrevem os principais íons inorgânicos que contribuem diretamente no sabor da cerveja são: sódio (Na⁺), potássio (K⁺), magnésio (Mg²⁺), cálcio (Ca²⁺), hidrogênio (H⁺), ferro (Fe³⁺), cloreto (Cl⁻) e sulfato (SO₄²⁻) e compostos químicos utilizados na água cervejeira são:

- Cloreto de cálcio: adicionado ao mosto para baixar o pH e confere um sabor mais suave e maltadas.
- Sulfato de cálcio: adicionado ao mosto para baixar o pH e ressalta as cervejas secas e lupuladas.
- Carbonato de cálcio: aumenta o pH do mosto e ajuda na precipitação de proteínas no *wirlpool*, contribuindo para uma cerveja mais límpida.
- Outros sais minerais às vezes necessários na fabricação de cerveja: sulfato de magnésio, sal em conserva (cloreto de sódio puro, sem os silicatos e outros aditivos no sal de mesa) e bicarbonato de sódio.

2.3 Malte

A cevada cervejeira é um cereal altamente especializado com uma longa tradição de criação, maltagem e fabricação de cerveja. Sendo encontrados resultados da pesquisa e

escavações arqueológicas com mais de 3.200 anos, mostrando que não apenas o grão de cevada, mas cevada maltada era usada para a produção de cerveja (MEUSSDOERFFER, 2009).

O malte de cevada é a principal matéria-prima e a principal fonte de amido para a fabricação de cerveja em todo o mundo, mesmo que o uso de fontes de amido não maltado como cevada, arroz, milho ou sorgo como adjunto se torne cada vez mais popular, a maioria das cervejas produzidas contém, pelo menos, 70% de malte de cevada (PALMER, 2017).

O grão de cevada possui uma estrutura complexa, sendo principalmente amido, proteína, polissacarídeos da parede celular e uma quantidade menor de gordura e minerais. Tem uma casca típica, que é necessária para o fazer uma cama filtrante, auxiliando na clarificação (MEUSSDOERFFER, 2009).

O processo de conversão de grãos de cevada em malte é a germinação sob temperatura e umidade controladas, interrompendo a germinação antes que os grãos cresçam em novas plantas. Nesta fase, comparado à cevada, o amido do grão existe em cadeias menores, torna-se menos duro, mais solúvel e possui enzimas essenciais para o processo cervejeiro (SILVA, 2005).

As alterações nos grãos de cevada após a germinação, especialmente o aumento no teor de açúcar fermentável, nitrogênio solúvel e atividade enzimática associada à hidrólise de polissacarídeos e aumento do poder diastático, conforme mostrado na Tabela 2.

Durante a germinação, o grão geralmente é aquecido com ar quente, que, além de amolecê-lo para facilitar a moagem, também está associado ao desenvolvimento de enzimas responsáveis pela quebra do amido nesse processo. Durante a fase de secagem, a umidade é reduzida e a germinação é interrompida pelo aumento da temperatura, com melhor controle para não inativar as enzimas (TRINDADE, 2016).

Tabela 2 - Comparação do grão de cevada com o grão de malte.

Características	Cevada	Malte
Massa do grão (mg)	32 a 36	29 a 33
Umidade (%)	10 a 14	4 a 6
Amido (%)	55 a 60	50 a 55
Açúcares (%)	0,5 a 1,0	8 a 10
Nitrogênio total (%)	1,8 a 2,3	1,8 a 2,3
Nitrogênio solúvel (% do N total)	10 a 12	35 a 50
Poder diastático, % L*	50 a 60	100 a 250

(BORTOLI, 2013)

As enzimas mais importantes no malte são alfa-amilase, beta-amilase e protease. A alfa-amilase e a beta-amilase atuam no mosto extraindo os açúcares fermentescíveis. Durante a etapa de sacarificação, são formados os açúcares fermentescíveis, que as leveduras utilizarão para produzir etanol de cerveja (TRINDADE, 2016). Além disso, o malte fornece uma casca que auxilia no processo de filtração para clarificação do mosto cervejeiro (VENTURINI FILHO, 2010).

O grau e intensidade de torra (leve, média e intensa) dá origem a diferentes tipos de maltes, como malte *Pilsen*, *Pale Ale*, malte *Munich*, Caramelo e Preto/Torrado, contribuindo com aromas, cores e sabores distintos (BORTOLI, 2013).

Os maltes *Pilsen* e *Pale Ale* são utilizados como base, fornecendo os açúcares fermentáveis, constituindo a maior parte do malte aplicado na produção cervejeira, chegando até a 100% em algumas receitas. O malte *Munich* é usado quando se deseja um sabor mais maltado. E o caramelo tem uma gama de cores, mas é comum obter cervejas com aroma de caramelo e, eventualmente, o malte preto ou torrado é usado para fazer cervejas escuras. Ressalta-se que é importante atentar para as temperaturas e tempos utilizados na torrefação ou germinação desses maltes para preservar essas propriedades (MEUSSDOERFFER, 2009).

2.4 Lúpulo

O lúpulo (*Humulus Lupulus*) Linnaeus é o nome científico da espécie pertencente à ordem das Rosales e à família Cannabaceae. O gênero *Humulus* é composto por três espécies, *H. lupulus*, *H. japonicus* e *H. yunnanensis*. Destas, apenas o *H. lupulus* e o *H. japonicus* são cultivados em larga escala com finalidade comercial (DURELLO; SILVA.; BOGUSZ, 2019).

O *H. lupulus* é utilizado na fabricação de cervejas e é descrito como uma trepadeira perene, que produz flores ricas em resinas, polifenóis e óleos essenciais. Para a indústria cervejeira, apenas as flores não fertilizadas das plantas fêmeas são de interesse, visto que, nelas são encontradas, em quantidades apreciáveis, as chamadas glândulas de lupulina, que são responsáveis pela secreção de um pó amarelo, chamado de lupulina, que contém as substâncias químicas de interesse, isto é, as resinas, os polifenóis e os óleos essenciais, conforme indicado na Tabela 3 (PALMER, 2017).

O lúpulo tem grande importância na produção cervejeira no sabor, aroma e conservação, devido a sua ação antisséptica. Sendo utilizado como uma importante inovação da produção cervejeira levando ao melhor controle da produção e conservação da cerveja, mesmo que para

época rudimentar. (CRUZ, 2007).

Nas resinas, especificamente nas resinas moles, estão os α -ácidos e β -ácidos. Esses têm uma importância no processo de fabricação, contribuindo com o gosto amargo da bebida, equilibrando com os açúcares do malte e resultando em um final refrescante, e com isso evitando que a bebida tenha um gosto exageradamente doce e enjoativo (PALMER, 2017; DURELLO; SILVA.; BOGUSZ, 2019).

Tabela 3 - Principais constituintes encontrados em flores secas de lúpulo.

<i>Constituinte</i>	<i>Quantidade % (m/m)</i>
<i>Resinas totais</i>	15-30
<i>Óleos essenciais</i>	0,5-3
<i>Proteínas</i>	15
<i>Monossacarídeos</i>	2
<i>Polifenóis</i>	4
<i>Pectinas</i>	2
<i>Aminoácidos</i>	0,1
<i>Ceras e esteroides</i>	Traços-25
<i>Cinzas</i>	8
<i>Água</i>	10
<i>Celulose/lignina</i>	43

(DURELLO; SILVA.; BOGUSZ, 2019)

No entanto, para que os α -ácidos agreguem o sabor amargo, eles devem passar por um processo de isomerização de suas humulonas e lupulonas, assim são adicionados no início da fervura e o processo leva por volta de 45-60 min, visto que nesse período mais de 90% terão sido isomerados (ROSA; AFONSO, 2015).

Os compostos fenólicos do lúpulo são antioxidantes naturais e, juntamente com os compostos fenólicos do malte, são responsáveis pela atividade antioxidante do mosto e da cerveja, protegendo-os de processos oxidativos, melhorando também a sua estabilidade e sabor (ROSA; AFONSO, 2015).

Lúpulos que contêm pequenas quantidades de humulonas e lupinonas ($\leq 5\%$) e são capazes de conferir um aroma característico e intenso baseado na composição química de seus

óleos essenciais são chamados de lúpulos aromáticos (DURELLO; SILVA.; BOGUSZ, 2019). Estes, ao contrário do lúpulo amargo, geralmente são adicionados ao final do processo de fervura do mosto ou durante a fase de turbilhão (lúpulo tardio), ou durante a maturação da cerveja (lúpulo seco), para evitar a perda térmica de voláteis presentes nos óleos essenciais, concentrando assim os compostos aromáticos na cerveja. O óleo essencial de lúpulo contribui para o aroma e sabor da cerveja, proporcionando uma ampla gama de aromas (notas amadeiradas, cítricas, especiarias, florais, frutadas, sulfurosas, herbais, resinosas, terrosas e picante) (PALMER, 2017).

O amargor da cerveja geralmente é expresso em Unidades Internacionais de Amargor (IBU). Nesta escala, 1 IBU equivale a 1 mg de L⁻¹ iso-alfa-ácido na cerveja. Isso nos levou a pensar na importância de entender a eficiência da conversão de humulonas em isohumulonas durante a fervura do mosto cervejeiro, a fim de alcançar o amargor necessário para uma determinada receita cervejeira (DURELLO; SILVA.; BOGUSZ, 2019). Sendo assim, o potencial de amargor é medido pelo α -ácido presente no lúpulo, no entanto, somente após o processo de isomerização que o amargor é perceptível. Já o sabor e o aroma estão presentes nos óleos essenciais e β -ácidos presentes (MORAIS, 2015).

2.5 Boldo

O Boldo (*Plectranthus barbatus*), segundo a legislação brasileira Instrução Normativa 65, de 10 de dezembro de 2019 (BRASIL, 2019), é considerado um adjunto, visto que não faz parte dos ingredientes obrigatórios na fabricação da cerveja, sendo esses, água, malte, lúpulo e levedura. Assim, os adjuntos são ingredientes de origem animal, vegetal ou outros aptos para o consumo humano como alimento, obedecidos os respectivos regulamentos técnicos específicos.

O Boldo (*Plectranthus barbatus*) é uma espécie popularmente conhecida como boldo-peludo, falso-boldo, boldo-brasileiro, alumã dentre outros (LORENZI et al., 2008). Na medicina popular é indicada em cólica abdominal; como purgativo, no tratamento de gastrites, espasmos intestinais, doenças hepáticas e dentárias, asma, bronquites, pneumonias e outras doenças respiratórias (LUKHOBA; SIMMONDS; PATON, 2006).

O Boldo é utilizado para problemas digestivos, sendo que as folhas, as partes utilizadas no preparado, têm sabor amargo seguido de sabor adocicado (MONTEIRO et al., 2001; LORENZI; MATOS; 2002), são descritos aproximadamente 68 diterpenóides, e destes, 25 são pertencentes à classe dos abietanos e 43 a dos lábdanos. Ainda complementa que apresentam

metabólicos secundários como os diterpenos, inclusive alguns que apresentam importância farmacológica como a barbatusina, ciclobarbatusina, barbatusol, plectrina, carioical e plectrinona (ALASBAHI; MELZIG, 2010).

Os principais constituintes do óleo essencial destilado das folhas de *P. barbatus* cultivadas no Brasil foram α -pineno, eremofileno, mirceno, humulenona, β -cariofileno, β -o-cimeno, limoneno, nerolidol e farnesol (RIJO et al., 2010)

Outros usos do *P. barbatus* são como ornamentais e como cerca viva, cerca ou marcador de limite, bem como melhorador de solo para o cultivo de grãos como feijão-fradinho, grama verde e milho. Também é plantada nas encostas para evitar a erosão do solo e é usada para fazer esterco. As folhas de *P. barbatus* são cozidas como um vegetal e servem de alimentação para ovelhas, cabras e gado. As folhas e os caules são usados para acelerar o amadurecimento das bananas (LUKHOBBA; SIMMONDS; PATON; 2006).

2.6 Cerveja *India Pale Ale*

O *Beer Judge Certification Program* (BJCP, 2015), caracteriza o estilo de cerveja *India Pale Ale* (IPA) como altamente difundido pelo mundo e possui características distintas em seu sabor, aroma e corpo médio presente na cerveja.

O sabor deve ser predominante o lúpulo variando de médio a alto, remetendo a sabores cítricos, florais, condimentado e amadeirado. A grande maioria do lúpulo deve ser colocada no início da fervura, para que o amargor seja predominante de alto a muito alto, essa medida é dada em *International Bitterness Unit* (IBU), ficando entre 40 a 70 IBU (BJCP, 2015).

O aroma apresentado segue bastante o sabor devido a lupulagem, remetendo aromas cítricos, florais, condimentados e amadeirado, não devendo ser perceptível aromas de grama e terra (BJCP, 2015).

O corpo deve ser médio a alto, sendo expressado pela quantidade de açúcares não consumíveis pelas leveduras, devido à complexidade ainda presente neles, sendo assim, são açúcares ainda de cadeia longa (BJCP, 2015).

Durante a brassagem são feitas algumas rampas de temperatura para ativar determinadas enzimas que são responsáveis de quebrar o amido em açúcares simples para as leveduras. No entanto, a faixa de temperatura que mais se trabalha durante a brassagem é uma temperatura entre 67°C a 70°C, faixa de temperatura em que a α -amilase é ativada. No entanto, ela corta o amido de forma irregular, assim, ficando assim açúcares menores que são consumidos pelas leveduras e os açúcares maiores que não são consumidos dão corpo à cerveja (PALMER, 2006).

2.7 Processo cervejeiro

O processo cervejeiro foi modificado durante o tempo, visto que a cerveja é produzida desde tempos antigos, tendo relatos até mesmo de produção no Egito, há mais de 8000 AC (VENTURINI FILHO, 2010). Nos últimos anos a pesquisa sobre o processo cervejeiro tem aprimorado os pré-existentes ou fazendo releituras dos processos e os melhorando, conseguindo eficiências cervejeiras altíssimas.

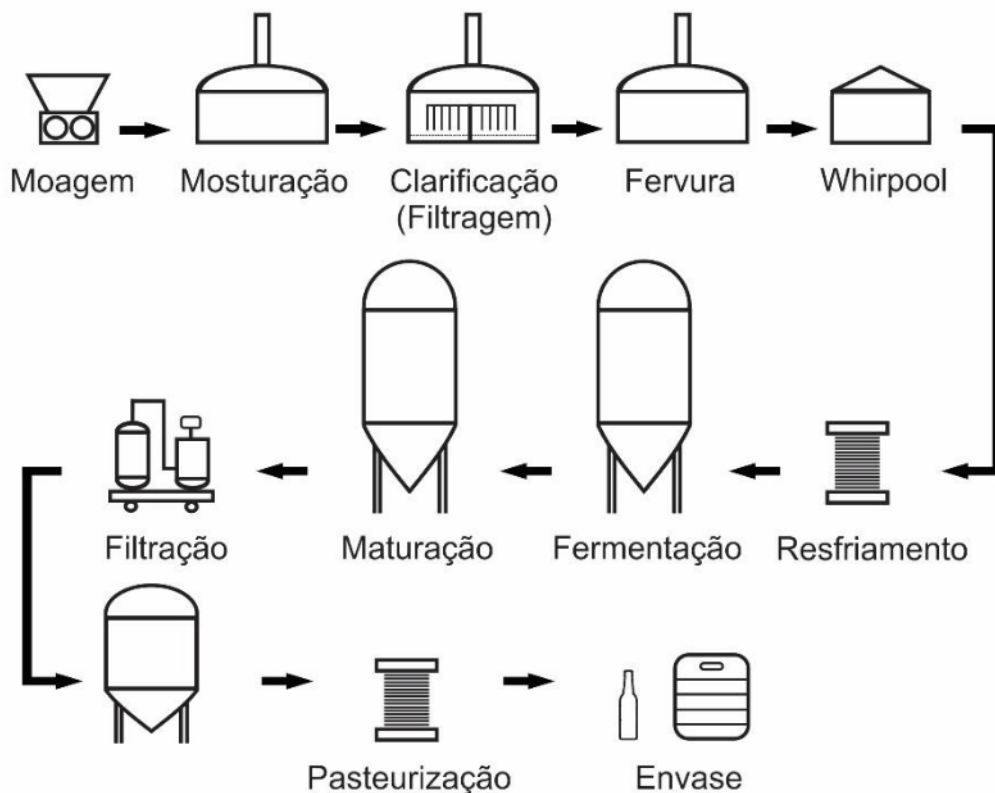


Figura 1 - Fluxograma da produção cervejeira.

(ALTINO et al., 2015)

O fluxograma do processo cervejeiro pode ser subdividido pelas etapas, que são: moagem, mosturação, clarificação, fervura, *whirpool* e resfriamento, fermentação, maturação, filtragem, pasteurização e envase, conforme a Figura 1, podendo ser acrescida ou diminuída dependendo da cervejaria ou cervejeiro (ALTINO et al., 2015).

2.7.1 Moagem

A moagem é a primeira etapa com a função de quebrar a estrutura do malte, a fim de expor ao máximo o amido dentro do grão, comprometendo mínimo possível a casca, e assim, permitir que as enzimas, principalmente, presentes no malte base convertam em açúcares fermentáveis pelas leveduras (ALTINO et al., 2015).

Os principais equipamentos utilizados para fazer essa quebra ou moagem do grão são os moinhos de rolo (variando de 2 a 6 rolos), o moinho de disco e moinho martelo, que tem a característica de deixar uma granulometria menor e mais fina (IZYDORCZYK; DEXTER, 2016).

2.7.2 Mostura

Os grãos moídos são suspensos em água e aquecidos a temperatura controlada, processo definido como mostura, cuja principal finalidade é hidrolisar o amido em açúcares para serem metabolizados pelas leveduras. As principais reações que ocorrem nesta etapa são catalisadas por enzimas. Mostura envolve trazer uma mistura de malte e água à temperatura certa para permitir que cada enzima funcione, resultando em um mosto rico em nutrientes (TRINDADE, 2016).

Quando o malte passa pelo processo de mosturação, suas principais enzimas são ativadas, sendo as mais importantes: amilases (principalmente alfa e beta-amilase), proteases e glucanases. O líquido resultante da fase de mosturação, ou extração do amido e quebra em açúcares menores é denominado mosto. Assim, cada enzima tem sua temperatura ideal de atividade para desempenhar sua função em diferentes partes do mosto (SCHUINA, 2018).

As amilases são as enzimas mais importantes em todo o processo, pois são diretamente responsáveis pela formação de açúcares fermentescíveis durante a fermentação para formar o álcool. A amilase atua diretamente nos grânulos de amido para promover a sacarificação, o que requer um processo de gelatinização, que ocorre quando os grânulos entram em contato com a água quente, fazendo com que eles se expandam até romperem. (FENNEMA; DAMODARAN; PARKIN, 2010)

2.7.3 Clarificação

O processo de clarificação ou filtragem do mosto tem início ao final do processo de sacarificação, onde o mosto é recirculado várias vezes criando uma cama de cascas auxiliando que partículas maiores não vão para a fase de fervura, além de conseguir uma maior retirada de açúcares ainda presentes nas cascas. Ao final consegue-se um mosto mais límpido (VENTURINI FILHO, 2010)

2.7.4 Fervura

O mosto é aquecido até a ebulição, esse processo é denominado fervura. As finalidades são para o controle de crescimento de micro-organismos do mosto, evaporação de compostos voláteis indesejados e adição dos lúpulos de amargor, sabor e aroma (PALMER, 2017).

O lúpulo de amargor é adicionado no início da fervura para que haja a isomerização dos α -ácidos em iso- α -ácidos, conferindo dessa forma o amargor necessário, conforme estipulado pelo estilo. Os lúpulos de sabor e aroma são adicionados do quarto final até final da fervura, entrando algumas vezes até mesmo no *whirlpool*. Isso se deve aos compostos responsáveis pelo sabor e aroma que são voláteis (DURELLO; SILVA.; BOGUSZ, 2019).

2.7.5 Whirlpool e Resfriamento

As proteínas de peso molecular maior se coagulam e decantam ao final da fervura, o *whirlpool* tem a função de juntar esses compostos por ação mecânica no meio do recipiente de fervura, evitando de irem para fase de fermentação (SCHUINA, 2018).

O resfriamento é necessário para a fase de fermentação, visto que as leveduras não toleram altas temperaturas, sendo necessário para uma fase fermentativa excelente. Assim o mosto passa por resfriadores, na maioria das vezes de placas, e é colocado nos tanques fermentadores (ALTINO et al., 2015).

2.7.6 Fermentação e Maturação

A fermentação alcoólica é o processo responsável pelo qual as leveduras utilizam os açúcares fermentescíveis do mosto como substrato para transformação em gás carbônico e álcool (BORTOLI, 2013).

É organizada em basicamente três fases, sendo a primeira a fase de Adaptação (lag): Adaptação da levedura ao meio, ocorre nas primeiras horas de fermentação. A segunda, a fase de Fermentação (log): é quando a levedura se multiplica e gera álcool, havendo uma grande produção de calor e gás carbônico. Esta fase depende da temperatura do mosto, do teor de açúcares do mosto. A terceira, a fase estacionária: esta inicia-se com a diminuição do substrato do açúcar do meio ou pelo excesso de álcool produzido (BORTOLI, 2013).

Durante a fermentação, além do álcool, outros compostos são formados através de vias metabólicas secundárias, como álcoois, ésteres, aminas, fenóis, ácidos orgânicos, etc., muitos dos quais são responsáveis pela caracterização do sabor geral da cerveja (BORTOLI, 2013).

Após as leveduras consumirem os açúcares na fase fermentativa, elas irão consumir metabólicos secundários como de ácido sulfídrico, de acetaldeído e de diacetil, esses que são produzidos na fase inicial da fermentação (PALMER, 2017).

A etapa subsequente da fermentação, que consiste em armazenar a cerveja em baixas temperaturas (0 a 3 °C), também conhecido como *Cold crash*, por um período determinado pelo cervejeiro (5 a 15 dias), proporcionando a precipitação das leveduras e proteínas, auxiliando na clarificação do produto e proporcionando o melhoramento do aroma e sabor (PALMER, 2017).

2.7.7 Envase

O envase é a etapa que finaliza o processo e tem uma grande importância quanto ao material utilizado em processamento. A cerveja pode ser envazada e mantida em diversos materiais, como lata de alumínio, garrafas de vidro e plástico de cor âmbar e barril (ALTINO et al., 2015).

3 REFERÊNCIAS

ALASBAHI, R. H.; MELZIG, M. F. *Plectranthus barbatus*: a review of phytochemistry, ethnobotanical uses and pharmacology – part1. **Planta Med.**, Vol. 76, n. 7, p. 653-661, May. 2010.

ALTINO, H. O. N. et al. Operações unitárias aplicadas a produção de cerveja artesanal. **CENAR**, v. 1, n. 1, p. 1-4, 2015.

AMARO JUNIOR, A. D.; VIEIRA, A. G.; FERREIRA, T. P. Processo de Produção de Cerveja. **Revista Processos Químicos**, v. 3, n. 6, p. 61-71, 1 jul. 2009.

BARTH, S.; PARTNER, M. Beer Production-Market Leaders and their challengers in the Top 40 Countries in 2012. **Barth-Haas Group**, 2013.

BORGES, L. C.; FERREIRA, D. F. Poder e taxas de erro tipo I dos testes Scott-Knott, Tukey e Student-Newman-Keuls sob distribuições normal e não normais dos resíduos. **Revista de matemática e estatística**, v. 21, n. 1, p. 67-83, 2003.

BORTOLI, D. A. S. et al. Leveduras e produção de cervejas-Revisão. **Bioenergia em Revista: Diálogos**, v. 3, n. 1, p. 45-58, 2013.

BOULTON, C.; QUAIN, D. **Brewing yeast and fermentation**. John Wiley & Sons, 2008.

BRASIL. Instrução Normativa 65 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, de 10 de dezembro de 2019. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 2019.

DURELLO, R. S.; SILVA, L. M.; BOGUSZ, S. **Química do lúpulo**. Química Nova. 2019, v. 42, n. 8.

FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de Alimentos de Fennema**. 4. ed. [s.l.] Editora Artmed, 2010.

GOMES, L. M. D. J. B.; MESSEDER, J. C. Fotossíntese e respiração aeróbica: vamos quebrar a cabeça? Proposta de jogo. **Revista de Ensino de Bioquímica**, v. 12, n. 2, p. 91-107, 2014.

KAMINSKI, C.; PALMER, J. Water: A **Comprehensive Guide for Brewers**. Brewers Publications, 2013.

LEHNINGER, A.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica. 6ª Edição. Porto Alegre: Artmed**, 2014.

LORENZI, H; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: Nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.

LUKHOBBA, C. W.; SIMMONDS, M. S. J.; PATON, A, J. *Plectranthus*: a review of ethnobotanical uses. **J Ethnopharmacol.** 2006; 103 1-24.

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

MEUSSDOERFFER, F. G. **A Comprehensive History of Beer Brewing**. 1. ed. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2009.

MONTEIRO, M. H. D. et al . Toxicological evaluation of a tea from leaves of *Vernonia condensata*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 74, p. 149-157, 2001.

PALMER, J. J. How to brew: **Everything you need to know to brew beer right the first time**. Boulder, CO: Brewers Publications, 2017.

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

PREUSSLER, V. T; KRUGER, E. W.; WIRZBICKI, S. M. Conservação de alimentos e movimento cts: uma sequência didática de biologia e química mediada pela conservação de pepinos. **Encontro sobre Investigação na Escola**, v. 17, n. 1, 2021.

REIS, J. **Estudo dos aromas e sabores proporcionados pelo lúpulo nas cervejas especiais**. 2019. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.

RIJO, P.; SIMÕES, et al. Antimycobacterial Metabolites from *Plectranthus*: Royleanone Derivatives against *Mycobacterium tuberculosis* Strains. **Chem Biodivers.**, vol. 7, n. 4, p. 922-932, Apr. 2010.

RODRIGUES, T. S. et al. Métodos de secagem e rendimento dos extratos de folhas de *Plectranthus barbatus* e *P. ornatus*. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 13, n. SPE, p. 587-590, 2011.

ROSA, N.A.; AFONSO, J. C. A química da cerveja. **Revista Química Nova**. São Paulo, v. 37, p. 98-105, 2015.

ROTOLO, T. Cultura cervejeira: breve história da cerveja artesanal no Brasil. **Revista Ingesta**, v. 1, n. 2, p. 141-142, 2019.

SALIMBENI, J. F.; MENEGUETTI, M. P. D. R. R. D.; ROLIM, T. F. **Caracterização da água e sua influência sensorial para produção de cerveja artesanal**. 2016. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelis em Engenharia Química) – Universidade São Francisco, Campinas, 2016.

SCHUINA, G. L. **Utilização de plantas amargas em substituição ao lúpulo na produção de cerveja artesanal tipo American Lager**. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2018.

SILVA, H. A.; LEITE, M. A. Cerveja e sociedade. **Contextos da Alimentação–Revista de Comportamento, Cultura e Sociedade**, v. 4, n. 2, 2016.

SILVA, J. B. A. A cerveja. In : VENTURINI FILHO, W. G. **Tecnologia de bebidas**. São Paulo: Blucher, 2005. p. 353.

TOFOLI, R. J. (2014). **Avaliação da qualidade microbiológica e físico-química de cervejas comerciais e artesanais**. Trabalho de conclusão de curso de química do Instituto Municipal de Ensino Superior do Município de Assis- IMESA e Fundação Educacional do Município de Assis-FEMA. Obtido em 3 de dezembro, de 2017.

TRINDADE, S.C. **Incorporação de amora na elaboração de cerveja artesanal**. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia**. São Paulo: Blucher, p. 15-20, 2010.

ZYDORCZYK, M. S.; DEXTER, J. E. Barley: Milling and Processing. In: WRIGLEY, C. et al. (Eds.). **Encyclopedia of Food Grains**. 2. ed. Oxford: [s.n.]. p. 434–445.

CAPÍTULO 2

1 INTRODUÇÃO

A cerveja tem um histórico milenar e passou por várias transformações durante esse tempo, sendo modificadas as técnicas, adjuntos e ingredientes no fabrico da cerveja. Hoje em dia, há uma crescente demanda na produção cervejeira, resultando em procura por insumos de qualidade para produção cervejeira (MEGA, 2011).

O lúpulo é um ingrediente essencial e obrigatório para a produção de cerveja (BRASIL, 2019), apesar dos avanços no melhoramento genético, a produção de lúpulo no Brasil é pequena, assim praticamente todo o lúpulo utilizado é importado. Olhando para este cenário, nos deparamos com os altos preços de importação, encarecendo a produção da cerveja artesanal (REIS, 2020).

Uma das principais características no lúpulo e tão desejada pelos amantes de cerveja artesanal é o amargor. Na nossa flora temos algo semelhante no amargor e altamente difundido na medicina popular que é o boldo (*Plectranthus barbatus*) (RODRIGUES, 2011).

Quando analisamos a literatura é muito vaga quanto a utilização de Boldo (*Plectranthus barbatus*) na produção cervejeira com relação à substituição do lúpulo. Sendo assim, torna-se necessário uma pesquisa tratando desse tema com afinco para explanações em futuros trabalhos e/ou elaboração de novas técnicas de produção cervejeira, visando a redução de custos da indústria e estimulando novas possibilidades de valorizar uma escola cervejeira tipicamente nacional autossuficiente (AMARO JUNIOR et al, 2009).

Neste contexto, objetivou-se com esse trabalho avaliar a viabilidade da adição de *Plectranthus barbatus* na produção de cerveja tipo *India Pale Ale* como substituto parcial do lúpulo na contribuição do desenvolvimento do amargor, sem perdas sensoriais dentro do estilo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local

A disponibilização dos laboratórios para o preparo e produção da cerveja ocorreu no Laboratório de Bebidas localizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais no Campus de Machado-MG (IFSULDEMINAS - Campus Machado).

2.2 Preparo da cerveja

O procedimento inicial foi a formulação da receita, seguida por separar os insumos necessários nas suas devidas quantidades, os maltes, lúpulos e boldo, de acordo com cada tratamento, assim como mostra na tabela 1, posteriormente, o malte foi triturado em um moedor de três rolos.

Tabela 1 – Ingredientes utilizados na elaboração da cerveja estilo *India Pale Ale* com substituição parcial lúpulo de amargor Magnum por Boldo (*P. barbatus*).

Ingredientes	F1*	F2*	F3*
Malte Pale Ale	4,5 Kg	4,5 Kg	4,5 Kg
Malte Caramel 100	200 g	200	200
Malte Caramel 300	250 g	250 g	250 g
Malte Carafa 2	50	50	50
Lúpulo Cascade em pellet	50 g	50 g	50 g
Lúpulo Citra em pellet	33g	33g	33g
Levedura S-05 Fermentis®	23g	23g	23g
Lúpulo Magnum em pellet	50g (100%)	25g (50%)	0g (0%)
Boldo	0g (0%)	25g (50%)	50g (100%)
TOTAL	5,363 Kg	5,363 Kg	5,363 Kg

Sendo, F1=100% lúpulo Magnum + 0% Boldo; F2 = 50% lúpulo Magnum + 50% Boldo; F3 = 0% lúpulo Magnum+ 100% Boldo.

A produção da cerveja IPA com substituição parcial e total do lúpulo Magnum seguiu as etapas conforme a Figura 2.

A água usada na cervejaria é própria para consumo humano, mas deve ser livre de alguns componentes, como o cloro, que acarretará na produção de compostos indesejáveis durante a fase fermentativa. Com isso, a água deve ser insípida e inodora para não interferir nas propriedades organolépticas ao produto finalizado, gerando gosto e aromas indesejáveis a cerveja (CRUZ, 2007), deste modo a água destinada para produção de cerveja passa a ser chamada como água cervejeira.

Foram utilizados 40 L de água cervejeira para a fase de extração dos açúcares dos grãos e 35 L para a lavagem dos grãos, a fim de retirar o máximo de açúcares presentes ainda na cama

de grãos.

A mostura é uma etapa, onde é feita a extração dos açúcares dos grãos para o líquido, através da ativação de enzimas presentes na casca do malte base. Nessa etapa foi utilizada uma panela, com fundo falso, acoplada à saída uma bomba de recirculação e um termostato para medir a temperatura do mosto.

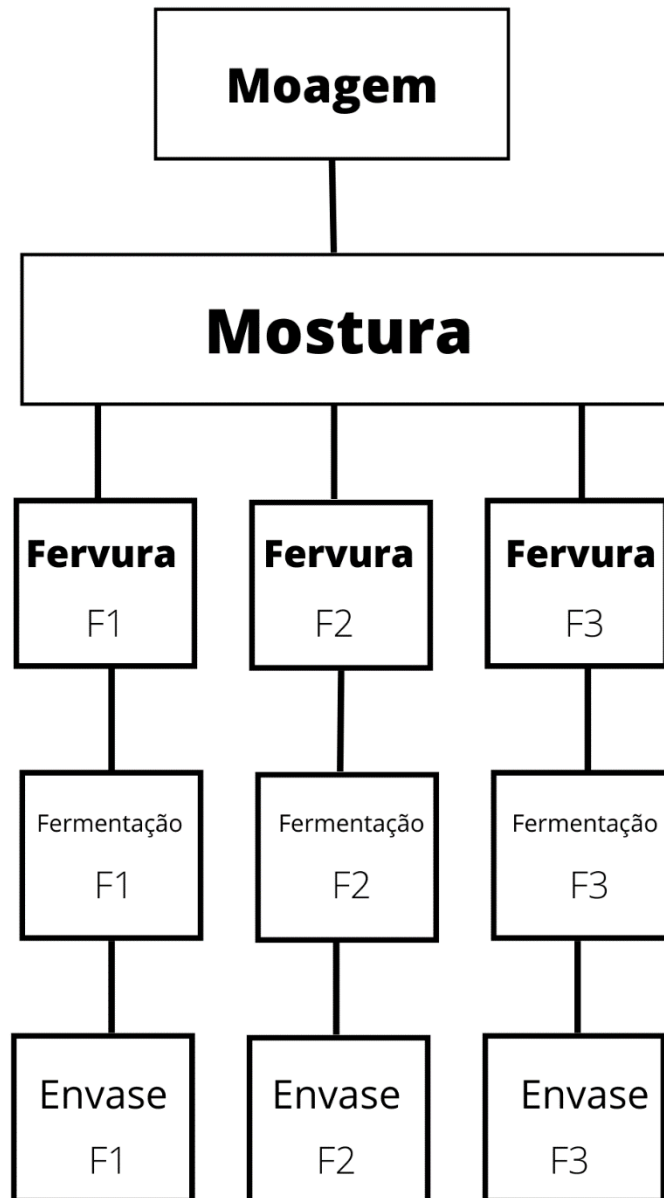


Figura 2 -Fluxograma do preparo da cerveja estilo IPA com substituição parcial e total do lúpulo Magnum por Boldo (*P. Barbatius*), Sendo, F1=100% lúpulo Magnum + 0% Boldo; F2 = 50% lúpulo Magnum + 50% Boldo; F3 = 0% lúpulo Magnum+ 100% Boldo.

As rampas de brassagem tiveram as seguintes temperaturas utilizadas: 15 min a 55°C, 120 min a 67°C e 15 min a 77°C. Ao final das rampas de brassagem foi efetuada a lavagem dos grãos com água a 74°C.

A partir desse ponto o mosto foi separado em três partes contendo 25 cinco litros, onde cada parte foi destinada para os tratamentos.

O boldo (*P. Barbatus*) foi utilizado em *in natura*, sendo pesado e separado conforme cada tratamento descrito na Tabela 1. A adição dele foi feita através de uma infusão de um litro de água cervejeira separada. O tempo de fervura do boldo seguiu o mesmo tempo do mosto com o lúpulo Magnum, sendo este de 60 min. Após esse período a infusão de boldo foi colocada no mosto para o resfriamento.

Ao início da fervura, foi adicionado o lúpulo de amargor Magnum. Passado 45 min foi adicionado o lúpulo Cascade e 55 min o lúpulo Citra, esses dois últimos para conferir sabor e aroma, totalizando 60 min de fervura, após esse período foi adicionado a infusão de boldo ao mosto para ser resfriado por um *chiller* de imersão, acondicionado em fermentadores de 5 L e é inoculado a levedura *Saccharomyces cerevisiae* S-05 Fermentis®.

Os fermentadores foram mantidos a temperatura de 16°C até a atenuação completa do mosto, posteriormente, a temperatura foi reduzida a 0°C, e mantida por sete dias.

O envase foi feito em garrafas de 200 mL previamente lavadas e sanitizadas com ácido peracético 1g/L e adicionando *priming* na proporção de 6g de açúcar para cada litro para a carbonatação da cerveja.

2.3 Análise sensorial

A análise sensorial foi realizada por painel não treinado, composto por 84 participantes, sendo 52 homens e 32 mulheres, na faixa etária de 22 a 73 anos.

Os parâmetros analisados sensorialmente foram aroma, turbidez, corpo da cerveja, amargor.

Cada participante recebeu três amostras de 200 mL, uma de cada tratamento, com diferenciação numérica, sendo utilizado o padrão de três dígitos.

Aos participantes, foi aplicado o teste da escala hedônica de aceitação expressa o grau de gostar ou de desgostar de um produto. A escala utilizada neste teste foi a de 9 (nove) pontos, onde, em escala decrescente: (9) gostei extremamente; (8) gostei moderadamente; (7) gostei

regularmente; (6) gostei ligeiramente; (5) não gostei, nem desgostei; (4) desgostei ligeiramente; (3) desgostei regularmente; (2) desgostei moderadamente e (1) desgostei extremamente.

2.4 Preparo das Amostras

O projeto passou pelo comitê de ética com o parecer 4.093.784.

Os provadores não treinados, no entanto com hábitos de beberem cervejas no estilo IPA, para avaliar as cervejas seguiram os critérios de serem pessoas acima de 18 anos, não degustadores profissionais, com hábitos de ingerir cervejas artesanais ou especiais, dispostos a fazerem a degustação de livre e espontânea vontade, sem nenhum custo extra para o provador, residentes do município de Machado, Minas Gerais, e região.

O projeto inteiro foi executado enquanto, no Brasil e mundo, ocorria a pandemia do COVID-19, assim foi necessário tomar medidas cautelares para evitar a disseminação da doença. Essas foram:

- A manuseio das amostras foram feitas por pessoas com máscaras e luvas;
- As três amostras e a ficha de resposta com as instruções foram colocadas dentro de um saco plástico, esse fechado em seguida;
- As amostras foram levadas até o provador por uma pessoa seguindo os protocolos da Agencia Nacional de Saúde (ANVISA);
- Os resultados foram enviados via *e-mail*, redes sociais e em casos isolados pessoalmente, esses ambas as pessoas com máscaras N95 ou PFF2 e mãos higienizadas com álcool 70.

As instruções para servir as amostras foram:

- temperatura de serviço entre 4-6°C, sendo essa conseguida na parte do meio da geladeira;
- Evitar congelar;
- Não agitar no momento de servir;
- Copos limpos e transparentes;
- Estar em lugar separado dos demais da casa;
- Não misturar as amostras e;
- Preencher a ficha após a degustação das amostras.

2.5 Análise estatística

Foram avaliadas as três dosagens de substituições de boldo ao lúpulo (F1=100% lúpulo Magnum+ 0% Boldo; F2 = 50% lúpulo Magnum + 50% Boldo; F3 = 0% lúpulo Magnum + 100% Boldo) de amargor na produção de cerveja IPA.

O delineamento foram blocos casualizados com cinco repetições para cada um dos tratamentos.

Os resultados das análises físico-químicas e sensoriais foram realizados com o auxílio do software Sisvar (FERREIRA, 2008).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise sensorial foi realizada por um painel não treinado, composto por 84 participantes, sendo 52 homens e 32 mulheres, na faixa etária de 22 a 73 anos, já bebedores de cervejas. Os parâmetros analisados sensorialmente foram aspecto geral, aroma, turbidez, corpo da cerveja, amargor.

A interação bacteriológica e o tempo de prateleira da cerveja devem ser analisadas posteriormente, pois a substituição do lúpulo Magnum por Boldo (*P. barbatus*) implica em diminuição da quantidade lúpulo utilizado na produção da cerveja, e é sabido que o lúpulo tem contribuição na conservação da cerveja, devido aos seus compostos antioxidantes e a propriedade bacteriostática, o que resulta em uma ação antisséptica (CRUZ, 2007).

O Boldo (*P. barbatus*) é facilmente encontrado em todo o território brasileiro e fácil produção, e este, tem uma carga de amargor considerável e por muito já conhecido pelos usuários da medicina natural (LUKHOBBA; SIMMONDS; PATON, 2006), enquanto os lúpulos, em geral, são a grande maioria importados, gerando um custo de produção alto. Assim, maiores pesquisas na área de possíveis substituintes para o lúpulo tornam-se cada vez mais necessárias.

Tabela 2- Análise de variância do aspecto geral da cerveja *India Pale Ale* com substituição parcial e total de lúpulo Magnum por Boldo *P. barbatus*.

Tratamentos	Média
F1	7,21 a
F2	7,23 a
F3	7,42 a
CV%	17.66

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a um nível de probabilidade de erro de 5%, onde F1=100% lúpulo Magnum + 0% Boldo; F2 = 50% lúpulo Magnum + 50% Boldo; F3 = 0% lúpulo Magnum+ 100% Boldo.

Os tratamentos tiveram uma boa aceitação no aspecto geral, conforme a Tabela 2, e não diferiram estatisticamente, mesmo com o tratamento com a quantidade maior de boldo não foi evidenciado negativamente, pelo contrário, visto no geral teve uma nota 7,4, considerada uma boa em uma escala de 1 a 9. Isso mostra que no conjunto da cerveja feita substituindo lúpulo Magnum em 100%, não foi percebido a diferença entre o boldo e o lúpulo Magnum pelos participantes.

Tabela 3- Análise de variância do modelo da aceitação sensorial do aroma da cerveja *India Pale Ale* com substituição parcial e total de lúpulo Magnum por Boldo *P. barbatus*.

Tratamentos	Média
F1	7.738095 a
F2	7.666667 a
F3	7.690476 a
CV%	8,41

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a um nível de probabilidade de erro de 5%, onde F1=100% lúpulo Magnum + 0% Boldo; F2 = 50% lúpulo Magnum + 50% Boldo; F3 = 0% lúpulo Magnum+ 100% Boldo.

Boldo tem o aspecto herbal muito presente nos aromas, principalmente quando feito como chá, no entanto, não foi percebido a diferença dentro dos tratamentos pelos participantes, visto que não diferiram entre os tratamentos conforme mostra a Tabela 3. Esse fator pode ter acontecido por conta de um leve aroma herbal ser desejado pelos apreciadores de *India Pale Ale*, além de que foram feitas adições tardias de lúpulos cascade e citra, gerando aromas de leve resinoso e um forte cítrico, visto que, ambos lúpulos de final de fervura possuem uma quantidade significativa de óleos essenciais (HIERONYMUS, 2012; LAFONTAINE *et al*, 2019; WATSON, 2021).

Tabela 4- Análise de variância do modelo da aceitação sensorial da aparência da cerveja *India Pale Ale* com substituição parcial e total de lúpulo Magnum por Boldo *P. barbatus*.

Tratamentos	Média
F1	6.761905 a
F2	6.380952 a
F3	6.571429 a
CV%	14.00

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a um nível de probabilidade de erro de 5%, onde F1=100% lúpulo Magnum + 0% Boldo; F2 = 50% lúpulo Magnum + 50% Boldo; F3 = 0% lúpulo Magnum+ 100% Boldo.

O boldo não interferiu na aparência da cerveja em relação ao tratamento com lúpulo Magnum, o que mostra que não havia partículas em suspensão para prejudicar ambas, visto que não teve diferença entre as amostras conforme a Tabela 4. Esse fator pode ser explicado pelo período de *Cold Crash* de sete dias que consiste em abaixar a temperatura a 0°C, visto que esse fator tem influência na precipitação de levedura e polifenóis combinados com proteínas, gerando uma cerveja mais límpida (RONCONI, 2017; NABIÇA, 2019), outro fator a ser considerado é por não ter sido feito *Dry Hopping*, uma adição de lúpulo em cervejas após a fermentação principal, resultando em uma mudança no perfil aromático das cervejas (KIPPENBERGER et al., 2014; ELSHANI et al., 2022).

Tabela 5 - Análise de variância do modelo da aceitação sensorial do drinkability corpo da cerveja *India Pale Ale* com substituição parcial e total de lúpulo Magnum por Boldo *P. barbatus*.

Tratamentos	Média
F1	7.142857 a
F2	7.047619 a
F3	7.190476 a
CV%	9.30

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a um nível de probabilidade de erro de 5%, onde F1=100% lúpulo Magnum + 0% Boldo; F2 = 50% lúpulo Magnum + 50% Boldo; F3 = 0% lúpulo Magnum+ 100% Boldo.

O boldo não influenciou a *drinkability* ou a facilidade para beber a cerveja em comparação aos tratamentos que tinham lúpulo Magnum, isso é mostrado por não ter diferença conforme apresentado na Tabela 5, obtendo notas acima da média. Isso mostra que mesmo com o boldo a cerveja se apresenta boa e fácil de tomar, não gerando nenhum desconforto ao degusta-la. Um fator que explica a boa *drinkability* é a rampa de brassagem ter sido igual para todos os tratamentos na brassagem ocorre a quebra do amido em pequenos, médios e maiores açúcares, sendo que, as leveduras não conseguem consumir os açúcares médios e grandes, resultando em corpo mais elevado (ALMEIDA; 2017). Palmer (2015) salienta que o corpo da cerveja é responsável por manter uma sensação agradável na boca, principalmente de cervejas altamente lupuladas como IPAs, visto que um desbalanceamento pode resultar em uma cerveja extremamente amarga sem o dulçor residual. Seguindo o mesmo raciocínio, Silva e Frizon (2021), mostram que uma IPA, além do amargor predominante, deve ter outros atributos resultando em uma cerveja equilibrada no paladar. Sendo assim é necessário ter açúcares residuais para dar sustentação aos demais componentes sensoriais.

O Boldo (*P. barbatus*) mostrou um amargor equivalente ao do lúpulo Magnum, visto

que os provadores não perceberam as diferenças entre os tratamentos conforme a Tabela 6. Outro ponto a ser ponderado é que os provadores não perceberam aspereza, alterações no sabor ou amargor excessivo, visto que juntamente com os outros atributos de aspecto geral e *drinkability* também não diferiram. Schuina (2018), testou outras ervas facilmente encontradas no Brasil e de baixo valor econômico, na substituição do lúpulo de amargor na cerveja, no entanto, em algumas houve alterações, interferindo no sabor, o que não foi evidenciado neste trabalho em relação ao boldo.

Tabela 6 - Análise de variância do modelo da aceitação sensorial do amargor da cerveja *India Pale Ale* com substituição parcial e total de lúpulo Magnum por Boldo *P. barbatus*.

Tratamentos	Média
F1	6.333333 a
F2	6.523810 a
F3	6.976190 a
CV%	14.49

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a um nível de probabilidade de erro de 5%, onde F1=100% lúpulo Magnum + 0% Boldo; F2 = 50% lúpulo Magnum + 50% Boldo; F3 = 0% lúpulo Magnum+ 100% Boldo.

Boldo mostrou ter amargor suficiente para produção de uma IPA, visto que este é preponderantemente relevante no estilo IPA. Além de não apresentar características muito comuns em cervejas muito lupuladas *Harsh* ou uma sensação áspera na boca resultando em amargor excessivo e desagradável (Silva e Frizon, 2021). Essas qualidades observadas no boldo são encontradas em lúpulos com teor de cohomulonas mais baixos. Dessa forma, menores as chances de gerar uma cerveja com *harsh*, sendo caracterizado por Durello, (2019) como um amargor de qualidade.

4 CONCLUSÃO

Diante dos resultados expostos, conclui-se que em termos sensoriais é possível a elaboração de cervejas do estilo IPA com o uso de Boldo (*Plectranthus barbatus*) em substituição parcial e total ao lúpulo Magnum para amargor, obtendo-se uma cerveja de ótima aceitação, que apresente características satisfatórias e boa aceitação sensorial.

5 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. F. F. **Estudo da aplicação de diferentes culturas microbiológicas à produção de cerveja artesanal**. 2017. Dissertação (Mestrado). Engenharia Biológica, Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2017.

AMARO JUNIOR, A. D.; VIEIRA, A. G.; FERREIRA, T. P. Processo de Produção de Cerveja. **Revista Processos Químicos**, v. 3, n. 6, p. 61-71, 1 jul. 2009.

BORGES, L. C.; FERREIRA, D. F. Poder e taxas de erro tipo I dos testes Scott-Knott, Tukey e Student-Newman-Keuls sob distribuições normal e não normais dos resíduos. **Revista de matemática e estatística**, v. 21, n. 1, p. 67-83, 2003.

BRASIL, **Decreto nº 9.902**, de 8 de julho de 2019. Brasília, DF, jul 2019. Link: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9902.htm>. Acesso: 11 abril, 2020.

ELSHANI, A. et al. POSSIBILITY OF IPA BEER PRODUCTION, AND ITS COMPARISON WITH THE STANDARD BREWERY BEER IN" BIRRA PEJA", IN PEJA. **Journal of microbiology, biotechnology and food sciences**, v. 11, n. 6, p. e5036-e5036, 2022.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, jul./dez. 2008.

HIERONYMUS, Stan. **For the love of hops; The practical guide to aroma, bitterness and the culture of hops**. Brewers Association, Boulder, Colorado, 2012.

KIPPENBERGER, M. et al. Transfer of Nitrate and various Pesticides into Beer during Dry Hopping. **Brewingscience**, Mainburg, v. 67, n. /, p.1-9, fev. 2014.

LAFONTAINE, Scott R.; SHELLHAMMER, Thomas H. Sensory Directed Mixture Study of Beers Dry-Hopped with Cascade, Centennial, and Chinook. **Journal Of The American Society Of Brewing Chemists**, [S.L.], v. 76, n. 3, p. 199-208, 3 jul. 2018.

LAGE, N. A. **Análise e produção de cerveja artesanal do tipo IPA (India Pale Ale)**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2021.

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

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Mapa. **Instrução Normativa nº 65**, de 10 de dezembro de 2019. Estabelece os padrões de identidade e qualidade para os produtos de cervejaria. Diário Oficial, 2009.

NABIÇA, Vanessa Cristina Olivença. **Desenvolvimento de um Plano Haccp Para uma Unidade de Produção de Cerveja Artesanal**. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de Lisboa (Portugal).

PALMER, J. J. **How to Brew: Everything you need to know to brew beer right the first time**. Brewers Publications, 2006.

REIS, J. **Estudo dos aromas e sabores proporcionados pelo lúpulo nas cervejas especiais**. 2019. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.

RODRIGUES, T. S. et al. Métodos de secagem e rendimento dos extratos de folhas de *Plectranthus barbatus* e *P. ornatus*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n. SPE, p. 587-590, 2011.

RONCONI, C. M. A avaliação de diferentes agentes clarificantes de cerveja no processo de produção em uma microcervejaria. 2017.

SCHUINA, G. L. **Utilização de plantas amargas em substituição ao lúpulo na produção de cerveja artesanal tipo American Lager**. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2018.

SILVA, A. F.; FRIZON, J. A. Atributos relevantes para universitários do sudoeste do Paraná na escolha, compra e consumo de cerveja artesanal. **Caderno Profissional de Marketing-UNIMEP**, v. 9, n. 1, p. 150-169, 2021.

TOFOLI, R. J. (2014). Avaliação da qualidade microbiológica e fisico-química de cervejas comerciais e artesanais. **Trabalho de conclusão de curso de química do Instituto Municipal de Ensino Superior do Município de Assis- IMESA e Fundação Educacional do Município de Assis-FEMA**. Obtido em 3 de dezembro, de 2017.

WATSON, B. **The Hop Pendulum: A History of the American Hop Market**. Disponível em: <brewersassociation.org/insights/the-hop-pendulum-a-history-of-the-american-hops-market/>. Acesso em: 31 jan. 2021.