

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

Fellipe Joan Dantas Gomes

**SUBSTITUIÇÃO DE LÚPULO POR ÓLEO DE CAFÉ VERDE E CARQUEJA NA
PRODUÇÃO DE CERVEJA**

Machado/MG

2021

Fellipe Joan Dantas Gomes

**SUBSTITUIÇÃO DE LÚPULO POR ÓLEO DE CAFÉ VERDE E CARQUEJA 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: Bianca Sarzi de Souza

Co-orientador : Alex Uzeda de Magalhães

Machado/MG

2021

Fellipe Joan Dantas Gomes

**SUBSTITUIÇÃO DE LÚPULO POR ÓLEO DE CAFÉ VERDE E CARQUEJA 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

APROVADA em xx (dia) de xxxx (mês) de xxxx (ano)

Prof. Dr. Delcio Bueno da Silva
IFSULDEMINAS Campus Muzambinho

Prof. Dr. Vanderley Almeida Silva
IFSULDEMINAS Campus Machado

Prof. Dr. Bianca Sarzi de Souza
IFSULDEMINAS Campus Muzambinho

A minha esposa Caroliny e minha filha Cecília, por serem minhas fontes de inspiração e incentivo nos momentos mais difíceis.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus por mais uma etapa concluída na minha vida.

À minha família que apesar das dificuldades sempre fizeram o possível para me darem o privilégio de estudar. Em especial ao meu irmão mais velho, Jailson Dantas Gomes, que muitas vezes se sacrificou para que eu pudesse dar continuidade nos meus estudos.

À minha esposa Caroliny que além de ser minha melhor ouvinte nos momentos de angústia e maior incentivadora, me presenteou com minha filha Cecília durante o percurso do mestrado.

À professora Dra. Bianca Sarzi de Souza pela orientação.

Ao professor Dr. Alex Uzeda de Magalhães pela colaboração e orientação desde antes da aprovação no programa de mestrado, assim como pela amizade de longa data.

Ao Coordenador do CERVART do IFSULDEMINAS Câmpus Machado, Marco Aurélio Borges Quintanilha, que não mediu esforços para me dar todo o suporte necessário durante os experimentos.

Ao Técnico de laboratório do IFSULDEMINAS Câmpus Machado, Leandro Rossi Castilho pelo suporte na interpretação dos resultados.

Ao IFSULDEMINAS Câmpus Machado, por ceder toda a estrutura necessária para a realização dos experimentos.

À Cooxupé por ceder o óleo de café verde para utilização no trabalho.

Ao bolsista Wagner Palmeira pela ajuda na realização das análises Físico-químicas.

À professora Dr Gisele Baraldi Messiano, pesquisadora do IFSP Campus Sertãozinho por todo o suporte na execução das análises de Compostos fenólicos e atividade antioxidante.

À USP - Universidade de São Paulo por ceder a estrutura para realização das análises.

Ao professor Dr. Délcio Bueno da Silva que apesar de não ser mais professor do Câmpus Machado, sempre que me vê pelos corredores da instituição sempre me dá um “puxão de orelha” no sentido de me fazer crescer como profissional e como pessoa, ele tem grande parcela de “culpa” pela minha investidura no mestrado. Um grande amigo que a vida me deu.

Aos professores e alunos do mestrado pela amizade e conhecimento compartilhado.

A todos os membros do CERVART do IFSULDEMINAS Câmpus Machado, que participaram em algum momento dos experimentos.

A todos os professores do IFSULDEMINAS Câmpus Machado, que passaram pela minha vida desde o ano de 2007, quando iniciei no curso de Técnico em Alimentos, que de alguma maneira contribuíram para que eu chegasse até aqui.

“A cerveja é a prova viva de que Deus nos ama e nos quer ver felizes”
(Benjamin Franklin).

RESUMO

Nos dias atuais o processo de desenvolvimento de produtos tem se tornado uma estratégia empresarial. A necessidade por ingredientes alternativos que atendam a demanda sem afetar a qualidade do produto final, e de forma que baixe os custos de produção se torna ainda maior no cenário atual. A cerveja, um produto com tanta flexibilidade em seu processo produtivo, traz infinitas possibilidades de variedades. Entretanto, o mercado cervejeiro nacional sofre com o alto preço dos ingredientes básicos para a produção da bebida, ingredientes esses que em sua grande maioria são adquiridos via importação, sendo o lúpulo um desses ingredientes. A carqueja, assim como o óleo de café verde pode ser uma alternativa a este ingrediente, uma vez que apresentam propriedades químicas de interesse na cerveja, além de ser encontrado em abundância no país, e conseqüentemente estão disponíveis no mercado a um custo reduzido em relação ao lúpulo. O presente trabalho tem como objetivo substituir de forma parcial o lúpulo por óleo de café verde e carqueja na produção de cerveja estilo *Session Ipa*, valorizando não somente a cultura nacional por meio do uso de produtos regionais como, conseqüentemente, reduzir o custo de produção em um cenário pós pandemia da Covid 19. O experimento consistiu em sete tratamentos sendo; T1: 100% lúpulo, T2: 90% lúpulo e 10% óleo de café verde e carqueja, T3: 70% lúpulo e 30% óleo de café verde e carqueja, T4: 50% lúpulo e 50% óleo de café verde e carqueja, T5: 30% lúpulo e 70% óleo de café verde e carqueja, T6: 10% lúpulo e 90% óleo de café verde e carqueja, T7:100% óleo de café verde e carqueja. Os sete tratamentos foram submetidos às análises físico químicas, como pH, acidez total, turbidez, amargor, cor, concentração de polifenóis totais e de atividade antioxidante. Nenhum dos tratamentos apresentou diferença significativa entre si, demonstrando que o óleo de café verde e carqueja tem potencial de ser um substituto do lúpulo na produção de cerveja.

Palavras-chave: Fermentação. Antioxidante. Amargor. Inovação.

ABSTRACT

Nowadays, the product development process has become a business strategy. The need for alternative ingredients that meet the demand without affecting the quality of the final product, and in a way that lowers production costs, becomes even greater in the current scenario. Beer, a product with such flexibility in its production process, brings infinite variety possibilities. However, the national beer market suffers from the high price of the basic ingredients for the production of the drink, ingredients that are mostly acquired via importation, with hops being one of those ingredients. Carqueja, as well as green coffee oil can be an alternative to this ingredient, since they have chemical properties of interest in beer, in addition to being found in abundance in the country, and consequently are available on the market at a reduced cost compared to hops. The present work aims to partially replace hops with green coffee oil and carqueja in the production of Session Ipa style beer, valuing not only the national culture through the use of regional products but, consequently, reducing the cost of production in a post pandemic scenario from Covid 19. The experiment consisted of seven treatments being; T1: 100% hops, T2: 90% hops and 10% green coffee and broom oil, T3: 70% hops and 30% green coffee and broom oil, T4: 50% hops and 50% green coffee and broom oil, T5: 30% hops and 70% green coffee and broom oil, T6: 10% hops and 90% green coffee and broom oil, T7: 100% green coffee and broom oil. The seven treatments were submitted to physicochemical analyses, such as pH, total acidity, turbidity, bitterness, color, concentration of total polyphenols and antioxidant activity. None of the treatments showed significant difference between them, demonstrating that green coffee oil and carqueja have the potential to be a substitute for hops in beer production.

Key-words: Fermentation. Antioxidant. Bitterness. Innovation.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO 1 | 11 |
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 12 |
| 2.1 Histórico da Cerveja..... | 12 |
| 2.2 Cerveja: Definição e classificação..... | 13 |
| 2.3 Cervejas artesanais..... | 15 |
| 2.4 Ingredientes da cerveja..... | 16 |
| 2.4.1 Água..... | 16 |
| 2.4.2 Malte..... | 17 |
| 2.4.3 Adjuntos não maltados..... | 17 |
| 2.4.4 Lúpulo..... | 18 |
| 2.4.5 Levedura..... | 19 |
| 2.5 SUBSTITUTOS DO LÚPULO..... | 20 |
| 2.5.1 Óleo de café verde..... | 21 |
| 2.5.2 Carqueja..... | 22 |
| 2.6 TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DA CERVEJA ARTESANAL..... | 23 |
| a) Moagem do malte..... | 23 |
| b) Brassagem..... | 23 |
| c) Recirculação e Lavagem do Malte..... | 24 |
| d) Fervura e Lupulagem..... | 24 |
| e) Resfriamento e Aeração..... | 25 |
| f) Maturação..... | 25 |
| g) Carbonatação..... | 25 |
| h) Envase..... | 25 |
| REFERÊNCIAS | 26 |
| CAPÍTULO 2 | 31 |
| 1 | |
| INTRODUÇÃO..... | 31 |
| 2 MATERIAIS E MÉTODOS..... | 32 |
| 2.1 Preparo da solução de óleo de café verde e carqueja..... | 32 |
| 2.1.2 Preparo da solução de lúpulo..... | 32 |
| 2.2 Preparo da Cerveja..... | 33 |
| a) Brassagem..... | 33 |
| b) Recirculação e Lavagem do Malte..... | 33 |
| c) Fervura e Lupulagem..... | 35 |
| d) Resfriamento e Aeração..... | 36 |
| e) Fermentação..... | 36 |
| f) Maturação..... | 36 |

| | |
|--|-----------|
| g) Carbonatação | |
| 2.3 Análises Físico-químicas..... | 36 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 41 |
| 4. Conclusão..... | 51 |
| REFERÊNCIAS | 52 |

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

Uma das bebidas preferidas do brasileiro, a cerveja vem ganhando uma infinidade de variações. O movimento é liderado pelas microcervejarias, responsáveis pelo número cada vez maior de bebidas artesanais que ganham as gôndolas e prateleiras dos supermercados e lojas especializadas (SEBRAE, 2021).

Um mercado que já vinha de um crescimento desenfreado com o surgimento cada vez maior de novos estilos, ganhou um reforço no ano de 2019 com o decreto N° 9.902. A cerveja poderá ser adicionada de ingrediente de origem vegetal, de ingrediente de origem animal, de coadjuvante de tecnologia e de aditivo a serem regulamentados em atos específicos (BRASIL, 2019).

Apesar da nova regulamentação, o lúpulo continua a ser ingrediente de presença obrigatória na bebida, sendo permitida apenas a substituição parcial deste ingrediente. O mercado cervejeiro nacional sofre com o alto preço dos ingredientes básicos para a produção da bebida, ingredientes esses que em sua grande maioria são adquiridos via importação, sendo o lúpulo um desses ingredientes. A maior parte da produção mundial de lúpulo (75-80%) é atribuída à países como Alemanha (Hallertau) e Estados Unidos (Washington, Oregon e Idaho), uma vez que nestes locais podem ser encontradas as condições ótimas para o cultivo do lúpulo (CHAGAS; GARCIA, 2018).

Como o Brasil possui uma flora muito diversificada, é esperado que haja formas de enfrentar esse problema com a substituição desse ingrediente por outro que seja encontrado de forma abundante em nosso país.

O café verde, assim como a carqueja podem ser alternativas, Swieca et al. (2017), em um estudo com pão de trigo enriquecido com farinha de café verde, observaram aumento significativo do conteúdo fenólico e da capacidade antioxidante dos produtos incorporados. O extrato de café verde possui ainda propriedades antioxidantes em sistemas alimentares, melhorando a qualidade e estabilidade do produto, durante o processamento e o armazenamento (BUDRYN et al., 2014).

Velloso (2020), concluiu que é possível utilizar carqueja em substituição de lúpulo em cervejas artesanais tipo lager sem comprometer os parâmetros microbiológico e físico químicos da bebida.

O presente trabalho teve como objetivo substituir o lúpulo por óleo de café verde e carqueja na produção de cerveja *Session Ipa*, valorizando não somente a cultura nacional por meio do uso de um produto regional como, conseqüentemente, reduzir o custo de produção em um cenário pós

pandemia da Covid 19.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Histórico da Cerveja

É difícil determinar em que período terá sido produzida a primeira cerveja. Acredita-se que essa tarefa seja talvez tão antiga como a própria agricultura. De fato, sabe-se que o homem conhece o processo de fermentação há mais de 10.000 anos e obtinha nessa época, mesmo em pequenas quantidades, as primeiras bebidas alcoólicas. Especula-se que a cerveja, assim como o vinho, tenha sido descoberta acidentalmente, provavelmente fruto da fermentação espontânea de algum cereal. Afirma-se que a descoberta da cerveja se deu pouco tempo depois do surgimento do pão. Os Sumérios e outros povos teriam percebido que a massa do pão, quando molhada, fermentavam de modo diferente, ficando ainda melhor. Assim teria aparecido uma espécie primitiva de cerveja, como "pão líquido". Este processo, várias vezes repetido e até melhorado, deu origem a um gênero de cerveja que os Sumérios consideravam uma “bebida divina”, a qual era, por vezes, oferecida aos seus deuses (APCV, 2012).

O consumo do álcool, nas diferentes civilizações, inicia-se com a revolução neolítica, sendo o hidromel e a cerveja as bebidas mais consumidas nesse período com registros datados de 2200 a.C. (LINO, 2006).

Na Idade Média, vários mosteiros fabricavam cerveja, empregando diversas ervas para aromatizar-lá, como mirica, rosmaninho, louro, sálvia, gengibre e o lúpulo, utilizado até hoje e introduzido no processo entre os anos 700 e 800. Foi graças aos monges do mosteiro San Gallo, na Suíça, que o lúpulo começou a fazer parte, definitivamente, da composição da cerveja. Os ingredientes básicos da bebida são água, malte, lúpulo e leveduras. A variação desses ingredientes e do processo de fabricação resultou em diferentes tipos de cerveja (SINDCERV, 2012).

Segundo Beltramelli (2012), na Idade Média se manteve o hábito de produzir cerveja em casa, sendo que essa tarefa continuava maioritariamente entregue às mulheres. Sendo elas as cozinheiras, tinham igualmente a responsabilidade da produção de cerveja, que era vista como uma “comida-líquida”. Em certas localidades, a cerveja chegou mesmo a ser mais popular do que a água já que, como é sabido, a Idade Média era uma época onde as práticas sanitárias eram ruins, pelo que se tornava mais seguro beber cerveja do que água.

No século XIV, a cidade de Hamburgo, no norte da Alemanha, era o centro cervejeiro da

Europa, lar de mais de mil mestres cervejeiros, enquanto na América do Sul, séculos antes da chegada dos espanhóis, os incas já bebiam cerveja de grãos de milho conhecida hoje como Chicha, há referências de cervejas milenares na China e no Japão. No Zaire e países vizinhos produziam uma bebida tradicional similar a cerveja (REINOLD, 1997).

Segundo documentos históricos, a cerveja foi trazida ao Brasil pela coroa portuguesa, em 1808, quando D. João VI promoveu a mudança estratégica da Família Real de Portugal para a Colônia. Consta que o rei, era apreciador inveterado de cerveja, e não podia se furtar a permanecer no exílio sem consumir a bebida (AQUARONE, 1983). Toda cerveja consumida nesse período era importada, até que em 1885 na cidade de São Paulo, surgiu a Companhia Antártica Paulista, e três anos depois no Rio de Janeiro foi fundada a Manufatura de Cerveja Brahma e Villigier e Cia., estas duas empresas vieram a se fundir no ano de 1999, criando assim a Companhia de Bebidas das Américas (AMBEV). Que passou a ser a principal empresa do ramo cervejeiro do país, que viria a se juntar com mais duas companhias, se tornando uma das maiores corporações no mundo (AMBEV, 2022; VENTURINI FILHO, 2005).

2.2 Cerveja: Definição e classificação

A legislação brasileira que regulamenta as especificações das matérias-primas utilizadas na fabricação da cerveja, além das da própria cerveja, está contida no decreto Nº 9.902, de 8 de Julho de 2019 (BRASIL, 2019).

A cerveja é definida de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento como a bebida resultante da fermentação, mediante levedura cervejeira, do mosto de cevada malteada em conjunto ou não com o extrato de malte, submetido previamente a um processo de cocção adicionado de lúpulo (BRASIL, 2019). Basicamente sua produção se dá em seis etapas: mosturação, filtragem, fervura, fermentação, maturação e envase. Os cervejeiros chamam de brassagem o processo que vai desde a mosturação até a fervura, passando pela filtração (REINOLD, 2015).

Classificam-se as cervejas quanto ao extrato primitivo em: cerveja leve a que apresentar extrato primitivo igual ou superior a 5,0% e inferior a 10,5% em peso; cerveja comum a que apresentar extrato original ou primitivo igual ou superior a 10,0% e inferior a 12,0% em peso; cerveja extra, a que apresentar extrato original igual ou superior a 12,0% e inferior a 14,0%, em peso; cerveja forte, a que apresentar extrato original igual ou superior a 14,0%, em peso (BRASIL, 2009).

No que diz respeito à cor, são classificadas em cerveja clara, a que tiver cor correspondente

a menos de vinte unidades EBC (European Brewery Convention); cerveja escura, a que tiver cor correspondente a vinte ou mais unidades EBC; cerveja colorida, a que, pela ação de corantes naturais, apresentar coloração diferente das definidas no padrão EBC (BRASIL, 2009).

Quanto ao teor alcoólico são classificadas como cerveja sem álcool, quando seu conteúdo em álcool for menor ou igual a meio por cento em volume, não sendo obrigatória a declaração no rótulo do conteúdo alcoólico; cerveja com álcool, quando seu conteúdo em álcool for superior a meio por cento em volume, devendo obrigatoriamente constar no rótulo o percentual de álcool em volume (BRASIL, 2009).

Quanto à proporção de malte de cevada em: cerveja de puro malte, aquela que possuir cem por cento de malte de cevada, em peso, sobre o extrato primitivo, como fonte de açúcares; cerveja, aquela que possuir proporção de malte de cevada maior ou igual a cinquenta e cinco por cento em peso, sobre o extrato primitivo, como fonte de açúcares; ou cerveja de ...”, seguida do nome do vegetal predominante, aquela que possuir proporção de malte de cevada maior que vinte por cento e menor que cinquenta e cinco por cento, em peso, sobre o extrato primitivo, como fonte de açúcares. E quanto à fermentação; de baixa fermentação; e de alta fermentação (BRASIL, 2009).

De acordo com o seu tipo, a cerveja poderá ser denominada: *Pilsen, Export, Lager, Dortmunder, Munchen, Bock, Malzbier, Ale, Stout, Porter, Weissbier, Alt* e outras denominações internacionalmente reconhecidas que vierem a ser criadas, observadas as características do produto original (BRASIL, 2009).

A cerveja poderá ser adicionada de suco ou extrato de vegetal, ou ambos, que poderão ser substituídos, total ou parcialmente, por óleo essencial, essência natural ou destilado vegetal de sua origem. A cerveja adicionada de suco de vegetal deverá ser denominada “cerveja com ...”, acrescida do nome do vegetal. Quando o suco natural for substituído total ou parcialmente pelo óleo essencial, essência natural ou destilado do vegetal de sua origem, será denominada “cerveja sabor de ...”, acrescida do nome do vegetal (BRASIL, 2009).

Segundo Brasil (2009) é proibida as seguintes práticas no processo de produção de cerveja: Adicionar qualquer tipo de álcool, qualquer que seja sua procedência; utilizar saponinas ou outras substâncias espumíferas, não autorizadas expressamente; substituir o lúpulo ou seus derivados por outros princípios amargos; adicionar água fora das fábricas ou plantas engarrafadoras habilitadas; utilizar aromatizantes, flavorizantes e corantes artificiais na elaboração da cerveja; efetuar a estabilização ou a conservação biológica por meio de processos químicos; utilizar edulcorantes artificiais; e utilizar estabilizantes químicos não autorizados expressamente.

Sindcerv (2012) classifica as cervejas de acordo com suas origens e características (Tabela 1).

Tabela 1: Relação dos diversos tipos de cerveja.

| CERVEJA | ORIGEM | COLORAÇÃO | TEOR ALCOÓLICO | FERMENTAÇÃO |
|-------------------|------------|----------------------------|------------------|------------------|
| <i>Pilsen</i> | Alemanha | Clara | Médio | Baixa |
| <i>Dortmunder</i> | - | - | Médio | Baixa |
| <i>Stout</i> | Inglaterra | Escura | Alto | Geralmente Baixa |
| <i>Porter</i> | Inglaterra | Escura | Alto | Alta ou Baixa |
| <i>Weissbier</i> | Alemanha | Clara | Médio | Alta |
| <i>München</i> | Alemanha | Escura | Médio | Baixa |
| <i>Bock</i> | Alemanha | Escura | Alto | Baixa |
| <i>Malzbier</i> | Alemanha | Escura | Alto | Baixa |
| <i>Ale</i> | Inglaterra | Clara e Avermelha da | Médio ou Alto | Alta |
| <i>Ice</i> | Canadá | Clara | Alto | Baixa |

Fonte: SINDICERV (2012).

2.3 Cervejas artesanais

As cervejas artesanais se diferenciam das industrializadas, tanto no processo, quanto na aplicação das matérias-primas, pode-se dizer que há um cuidado maior com cada garrafa que é produzida, uma vez que sua produção acontece geralmente em baixa escala, também conhecidas como cervejas especiais, a nomenclatura da mesma ainda é contraditória (FERREIRA, 2010).

Há muita controvérsia quanto a essa categorização, porque o termo artesanal pode levar a duas interpretações contraditórias: produto feito com cuidado e carinho e em pequena escala, versus produto feito sem controle rigoroso e sujeito a pequenas variações de volume e qualidade (FERREIRA, 2010).

Figura 1- Cervejas artesanais



Fonte: Autor.

Apesar das grandes diferenças em termos de sabor, aroma e principalmente o corpo da cerveja artesanal, se comparado às industriais, com exceção do uso de adjuntos e aplicação da matéria-prima, assim como a planta industrial em si, as etapas de produção, a exemplo das curvas de temperaturas utilizadas são semelhantes (PALMER, 2006).

Segundo Beltramelli (2012) a chegada ao Brasil de cervejas de outros estilos que não as *Standard Lager*, as chamadas cervejas especiais, deram aos brasileiros a oportunidade de fugir de certa forma da “prisão” das cervejas tipo pilsen, e vem mudando a perspectiva desses consumidores que agora são mais exigentes. Com perfis sensoriais mais complexos se comparados às *standard lager* massificadas, as cervejas especiais oferecem experiências gastronômicas que dispensam o consumo exagerado. O autor afirma também que paralelamente ao surgimento de várias microcervejarias no país, as cervejas especiais importadas também tomaram conta das gôndolas de empórios de artigos finos e até mesmo em alguns supermercados.

2.4 Ingredientes da cerveja

2.4.1 Água

A água é a matéria-prima mais importante para a fabricação de cerveja, pois a cerveja é constituída basicamente de água, assim sendo as suas características físicas e químicas serão de fundamental importância para se obter uma cerveja de boa qualidade. A água utilizada para fabricar cerveja obrigatoriamente tem de ser potável, podendo sofrer correções químicas de acordo com a sua composição. Mesmo uma cervejaria eficiente, utiliza no mínimo, espantosos cinco litros de água para produzir um litro de cerveja. Com o advento da química moderna aplicada

industrialmente ao tratamento da água, a relação entre a composição da água local e a qualidade da cerveja de qualquer cervejaria foi eliminada. Nos dias de hoje, a tecnologia de tratamentos de água evoluiu a tal ponto que é perfeitamente factível adequar as características físico-químicas de qualquer água aos níveis que o cervejeiro deseja (BELTRAMELLI, 2012).

Palmer (2006) afirma que razão dos sabores produzidos por uma água inadequada, é que os minerais na água podem afetar a conversão de amido no mosto, mas uma vez que os açúcares tenham sido produzidos, o efeito da composição da água no sabor da cerveja é grandemente reduzido. Quando produzido com extrato de malte e se a água tiver um bom sabor inicial, a cerveja também deverá ter um bom sabor.

2.4.2 Malte

Malte é o produto obtido pela germinação e secagem da cevada, devendo o malte de outros cereais ter a designação acrescida do nome do cereal de sua origem. Parte do malte de cevada poderá ser substituído por adjuntos cervejeiros, cujo emprego não poderá ser superior a quarenta e cinco por cento em relação ao extrato primitivo (BRASIL, 2009).

Figura 2 - Malte de cevada.



Fonte: Google imagens.

Quando a semente germina, ela ativa enzimas que começam a converter suas reservas de amido e proteínas em açúcares e aminoácidos, que serão utilizados no crescimento da planta. O objetivo de maltar um grão de cevada é liberar estas enzimas para sua utilização pelo cervejeiro. Uma vez que as enzimas começam a agir, o grão que começou a brotar é seco num forno, "desativando" as enzimas do malte, até que o cervejeiro esteja pronto para usá-lo (PALMER, 2006).

2.4.3 Adjuntos não maltados

Na fabricação das cervejas, podem ser adicionados adjuntos que são definidos como matérias-primas ricas em carboidratos que substituem parcialmente o malte, desde que permitidos por lei. São utilizados, principalmente, por razões econômicas, pois apresentam menor custo na produção de extrato em relação ao malte e, além disso, melhoram a qualidade físico-química e sensorial da cerveja acabada (VENTURINI FILHO, 2000). Na formulação das cervejas artesanais podem ser adicionados adjuntos desde que com o objetivo de melhorar a receita e não barateá-la (PALMER, 2006)

Os adjuntos são classificados em amiláceos e açucarados, conforme o tipo de carboidrato que predomina em sua composição. Os exemplos mais comuns de adjuntos amiláceos são o arroz, o milho, a cevada, o trigo e o sorgo, enquanto que a maltose (oriunda principalmente do milho) é um exemplo de adjunto açucarado (VENTURINI FILHO, 2000). Segundo Brasil (2009) parte do malte de cevada pode ser substituído por adjuntos, o emprego de adjuntos não pode ultrapassar quarenta e cinco por cento em relação ao extrato primitivo, consideram-se adjuntos cervejeiros a cevada cervejeira e os demais cereais aptos para o consumo humano, maltados ou não-maltados, bem como os amidos e açúcares de origem vegetal.

Figura 3 - Cereais não maltados: (a) Milho (b) Arroz (c) Aveia



(a)



(b)



(c)

Fonte: Google imagens.

2.4.4 Lúpulo

Lúpulo são os cones da inflorescência do *Humulus lupulus*, em sua forma natural ou industrializada, aptos para o consumo humano (BRASIL, 2009). Segundo Briggs et, al (2004) para a estabilidade do sabor e espuma da cerveja, é essencial o uso do lúpulo, assim como para atingir o amargor característico da bebida. A função principal do lúpulo no processo de fabricação da cerveja é incorporar na bebida as características de aroma e amargor, provenientes dos óleos essenciais e

das substâncias amargas (KUNZE, 1995). Além de atuar como um conservante natural da bebida, são os alfa ácidos os responsáveis pelo amargor característico da cerveja, onde quanto maior for o tempo de infusão na fervura, mais ácidos alfas serão extraídos do lúpulo (PALMER, 2006).

Figura 4 - (a) Lúpulo in natura (b) Lúpulo peletizado



(a)



(b)

Fonte: Google imagens.

Um dos principais ingredientes na produção de cerveja, o lúpulo (*Humulus lupulus*), é extremamente conhecido e importante no mundo cervejeiro, sendo responsável por refinar características organolépticas da bebida, como por exemplo, sabor e aroma, e atuar em sua conservação como antioxidante (HUVAERE et al., 2005).

Dentre os vários tipos de lúpulo existentes, sua classificação se dá pela sua característica mais marcante, ou seja, lúpulo de amargor (que apresentam alto teor de α -ácidos), sabor ou aroma (rico em β -ácidos), podendo-se utilizar um ou mais tipos na fabricação de uma cerveja (VENTURINI FILHO, 2010).

Por ser uma planta com hábito de crescimento em lugares frios, sendo inviável seu cultivo no Brasil, o lúpulo chega às cervejarias e microcervejarias brasileiras com preço alto, e acaba sendo moderadamente utilizado por esse motivo (DIAS, 2014). O lúpulo só passou a fazer parte da formulação a partir do século IX. No século VIII, era comum a utilização de uma mistura chamada *gruit* (que continha alecrim, gengibre, artemísia, aquileia e urze) na fabricação de cerveja (OLIVER, 2011).

2.4.5 Levedura

Existem vários tipos diferentes de levedura cervejeira, e cada uma produz um perfil diferente de sabor. Algumas cepas Belgas produzem aromas frutados, que cheiram como bananas e cerejas, algumas cepas alemãs produzem fenóis com aroma destacado de cravo. Estes dois exemplos são bastante especiais, já que a maioria das leveduras não são tão dominantes. Isto mostra como a escolha da levedura pode determinar o sabor da cerveja. O que diferencia os diversos estilos de cerveja é o tipo de levedura que se usa no processo (PALMER, 2006).

Há dois tipos principais de levedura: *Ale* e *Lager*. As *Ales* são conhecidas como "de Alta Fermentação", porque a maior parte da fermentação se produz na parte superior do fermentador, enquanto que as *Lager* parecem "preferir" o fundo. Embora muitas das cepas atuais confundam essa definição, há uma importante diferença entre elas: a temperatura. As *Ale* "preferem" temperaturas mais altas, tornando-se inativas a menos de 12°C, enquanto que algumas *Lager* trabalham até mesmo a 4°C (PALMER, 2006).

Além das leveduras converterem açúcar em álcool etílico e dióxido de carbono, elas também produzem muitos outros componentes, incluindo ésteres, álcoois superiores, cetonas, vários fenóis e ácidos graxos. Ésteres são os componentes responsáveis pelas notas frutadas na cerveja, já os fenóis dão notas de especiarias, e em combinação com cloro, notas medicinais. O diacetil é um componente cetônico que pode ser benéfico em quantidades pequenas. Dá uma nota de manteiga ao perfil de sabor da cerveja, que é desejável até certo ponto nas *Pale Ale* mais fortes, *Scotch Ales* e *Stouts* (PALMER, 2006).

2.5 SUBSTITUTOS DO LÚPULO

A utilização de outras substâncias amargas surge como uma alternativa à substituição (parcial ou total) do lúpulo no processo cervejeiro. O Brasil é um país com uma rica biodiversidade e um clima favorável ao cultivo de várias espécies (FUNARI; FERRO, 2005). SCHUINA (2018) ao utilizar plantas amargas como Carqueja, Alcachofra, Quina, Pau tenente e Guatambu em substituição ao lúpulo na produção de cerveja artesanal tipo American Lager conclui que é possível a elaboração de cervejas com o uso de plantas amargas em substituição ao lúpulo, obtendo-se uma cerveja de excelente qualidade, que apresente características físico-químicas satisfatórias e boa aceitação sensorial. Sendo a Carqueja substituta que se apresentou com maior potencial de utilização.

Resultados obtidos por Oliveira (2017) sugerem que a erva-mate atuou promovendo reações similares às do lúpulo, resultando em uma cerveja com características semelhantes às das cervejas produzidas convencionalmente. Existe uma tendência de quão maior a adição dos substituintes de lúpulo, menor a aceitação sensorial da bebida, por isso, deve-se ter atenção à quantidade de substituintes utilizados (SCHUINA, 2018).

2.5.1 Óleo de café verde

O óleo de café verde é composto por várias classes de triglicerídeos, que chegam a representar cerca de 75% do seu total em massa, e ainda contém produtos como cafeína, esteróis, terpenos e tocoferóis. Possui um alto valor comercial e normalmente é obtido por prensagem a frio, possuindo cor marrom esverdeado escuro que é atribuído a clorofila e terpenos (AZEVEDO et al., 2008). Sua composição de ácidos graxos poli insaturados representa 45%, fração essa que é muito importante nutricionalmente; os monoinsaturados representam 18%. Em relação aos compostos voláteis, estão inclusos os aldeídos, cetonas, furanos, pirroles, pirazinas e piridinas (GETACHEW; CHUN, 2016).

A fração relativamente grande de diterpenos, embora prejudique a sua utilização como um óleo vegetal comestível, pode também por este motivo, vir a constituir alimentos funcionais e ou medicamentos. O seu fracionamento por destilação molecular ou extração com CO₂ supercrítico podem vir a ser potenciais métodos para a obtenção do óleo de grãos de café verde para serem empregados com fins nutricionais, cosméticos e farmacêuticos (ESQUIVEL; JIMENEZ, 2012).

Os grãos de café verde também contém elevada concentração de ácidos fenólicos, em particular de polifenóis, como o ácido clorogênico (NARITA e INOUE, 2011), que mostram ter potenciais efeitos hipotensores (SHIMODA, 2006) e antioxidantes (STELMACH et al., 2015). Extratos de café verde que foram fermentados por 24h apresentaram aumento de 115,7% e 66,4% da atividade antioxidante, além disso, a fermentação do café promoveu um aumento de 68,6% no teor de fenólicos e um aumento de ácidos clorogênico e cafeico, demonstrando que esta biotransformação mostrou-se uma estratégia promissora para obtenção de um extrato com maior atividade antioxidante enriquecida de compostos fenólicos com potencial aplicação em alimentos e indústrias cosméticas (PALMIERI, 2018).

Atualmente os artigos sobre a utilização do óleo café verde são voltados a área de cosméticos, porém, baseado nas informações obtidas, supõe-se que o café verde não só possui composição química capaz de trazer benefícios à saúde humana como também possui compostos que podem vir a substituir o amargor gerado pelo lúpulo na cerveja, assim como atender os requisitos tecnológicos necessários para a substituição do lúpulo na produção da mesma.

2.5.2 Carqueja

A Carqueja (*Baccharis trimera*): é uma planta nativa das regiões Sul e Sudeste do Brasil,

podendo ser encontrada também na Argentina, Bolívia, Paraguai e Uruguai (BONA et al., 2012). É uma planta dióica, arbustiva, que apresenta ramos lenhosos cilíndricos, contendo três asas, afilinos ou com folhas sésseis raras, podendo alcançar aproximadamente 1 m de comprimento. Sua forma de consumo, em maior parte, se dá como planta seca e triturada (KAUT et al., 2018).

Seu consumo é basicamente direcionado a medicina alternativa, o que faz com que seus estudos estejam voltados ao seus efeitos no organismo humano, em estudos Mendes (2007) relataram que *B. trimera* apresentou uma moderada atividade antioxidante e não foi tão eficiente como antiúlcera em ratos (indução de úlceras por stress).

Estudos realizados por Bara e Vanetti (1997) comprovaram que os extratos alcoólicos de carqueja (*Baccharis trimera*) apresentaram potencial antimicrobiano, e Avancini . (2000) a partir do decocto da planta vieram a confirmar essa atividade in vitro.

Simões-Pires et al. (2005) isolaram e identificaram compostos antioxidantes de extratos aquosos de *Baccharis trimera*, *B.crispa*, e *B.usterii* por HPLCUV-MS/MS através do radical DPPH/TLC.

Figura 5. (a) Carqueja in natura (b) Carqueja desidratada



(a)



(b)

Fonte: Google imagens.

Em estudo realizado por Velloso (2021) foi verificado que cervejas *lager* produzidas com substituição de lúpulo por carqueja, apresentaram baixo teor de amargor. O teor de amargor padrão de cervejas tipo *lager* variam entre 10 e 15 IBU (SILVA; FARIA, 2008). Porém este baixo teor de amargor detectado está atrelado ao fato de a metodologia de determinação de amargor em cervejas ser baseada em detectar a concentração de iso-alfa-ácidos presentes na cerveja, que são provenientes do lúpulo. Uma vez que a carqueja não possui este composto, se faz necessária a criação de uma metodologia específica para a determinação de amargor neste tipo de cerveja.

2.6 TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DA CERVEJA ARTESANAL

a) Moagem do Malte

Para melhor aproveitar o malte na produção de cerveja artesanal, é necessário moer o malte. Deve-se moer o grão de cevada de forma que a casca do grão permaneça o mais íntegra possível, e o conteúdo seja exposto da melhor maneira. O objetivo de manter a casca do grão intacta é que ela servirá de filtro no final do processo de mostura. O “bolo” de grãos formado no fundo da panela permite que o mosto de cevada seja filtrado e levado para a fervura mais limpo. Além de ter uma cerveja mais límpida, o rendimento da produção é maior por ter menos descarte de sujeira ao final da fervura. É importante que o conteúdo do grão seja exposto para se extrair o máximo de açúcares dele durante a brassagem (PALMER, 2006).

b) Brassagem

Segundo Brasil (2009) mosto cervejeiro é a solução, em água potável, de carboidratos, proteínas, glicídios e sais minerais, resultantes da degradação enzimática dos componentes da matéria-prima que compõem o mosto.

É um termo usado na elaboração da cerveja, sendo o produto da fase da mosturação ou brassagem, que compreende a mistura do malte triturado com água, a uma temperatura específica. Nesta fase as enzimas que se desenvolveram durante a malteação começam a agir principalmente alfa-amilase e beta-amilase - transformando o amido em açúcares fermentescíveis e não fermentescíveis. Para que a atividade dessas enzimas, imprescindível nesta fase, possa ser perfeita, deve-se observar a temperatura ótima de cada uma delas. Valores superiores às chamadas temperaturas ótimas causam a desnaturação das enzimas, inativando-as antes de hidrolisarem todo o amido contido no mosto (PALMER, 2006). Por isso faz-se necessário o uso das chamadas “rampas de temperatura”, pois cada rampa escolhida irá determinar qual enzima será ativada e conseqüentemente sua ação no mosto, como pode ser visto abaixo (Quadro 1).

Quadro 1: Enzimas e suas temperaturas de ativação.

| ENZIMA | FAIXA IDEAL DE TEMPERATURA °C | FAIXA DE PH | FUNÇÃO DA ENZIMA |
|---------|-------------------------------|-------------|------------------|
| pHytase | 30- 52 | 5.0 - 5.5 | Diminuição do |

| | | | |
|--------------------|--------|-----------|--|
| | | | pH da mostura |
| Debranching (var.) | 35- 45 | 5.0 - 5.8 | Solubilização de amidos |
| Beta Glucanase | 35- 45 | 4.5 - 5.5 | Gelatinização, auxiliando na liberação de açúcares disponíveis |
| Peptidase | 45- 55 | 4.6 - 5.3 | Produz maior quantidades de proteínas solúveis no mosto |
| Protease | 45- 55 | 4.6 - 5.3 | Quebra proteínas que gera turvação na cerveja |
| Beta Amilase | 55- 65 | 5.0 - 5.5 | Produz maltose |
| Alpha Amilase | 68- 72 | 5.3 - 5.7 | Produz açúcares diversos, incluindo maltose |

Fonte: (Cerveja Henrik Boden 2012).

c) Recirculação e Lavagem do Malte

Este processo visa extrair maior quantidade de açúcares possíveis da cevada maltada após a brassagem, ajudando a ter um maior rendimento da produção, este processo também visa clarificar a cerveja deixando-a com uma coloração mais límpida (PALMER, 2006).

d) Fervura e Lupulagem

Esta etapa é essencial para o desenvolvimento de sabores da cerveja, assim como coagulação de proteínas, a fervura vai influenciar no corpo e espuma da cerveja, enquanto o amargor e o aroma serão definidos pelo tipo, quantidade e aplicação do lúpulo (PALMER, 2006).

e) Resfriamento e Aeração

Ao final da fervura o mosto deve ser resfriado para que ocorra a inoculação. Antes da inoculação o mosto deve ser aerado para fornecer oxigênio para as leveduras. Por a levedura necessitar de oxigênio para se multiplicar, o mosto tem de ser devidamente aerado (STEWART;

RUSSEL, 2005).

f) Maturação

A maturação também é conhecida como fermentação secundária, ou etapa de clarificação da cerveja, é durante este processo que se depositam as substâncias formadoras de turvação, como células de leveduras não retiradas no tanque de fermentação e/ou centrifugação, subprodutos de decomposição de proteínas, polifenóis, taninos, *trub* (*trub* é a camada de sedimentos que aparece no fundo do fermentador após levedura concluir a maior parte da fermentação) entre outros (SPEERS,1999).

g) Carbonatação

O uso do dióxido de carbono (CO₂) é de extrema relevância na produção da cerveja, uma vez que afeta diretamente a percepção sensorial. Encontra-se, geralmente, em quantidades entre 1 a 1,15 Kg hL⁻¹ de CO₂ dissolvidos na bebida. Segundo Postulkova et al., (2016) a quantidade de dióxido de carbono dissolvida a segue a lei de Henry, onde, a uma dada temperatura, a solubilidade de um gás dissolvido em um líquido é diretamente proporcional à pressão parcial do gás acima do líquido. Logo, o teor de CO₂ dissolvido na cerveja depende da pressão e da temperatura da mesma. Após a maturação, todos os processos são realizados buscando preservar o CO₂ dissolvido. Porém, normalmente é necessário realizar um ajuste no teor de CO₂ para que a cerveja apresente carbonatação adequada. Este ajuste é feito por injeção de CO₂ na linha de processo, utilizando diferentes formas de gaseificação (MUNROE, 2006)

Algumas microcervejarias e cervejarias artesanais também utilizam de um processo denominado “priming” (PALMER, 2006), que nada mais é que a adição de açúcar na cerveja engarrafada não pasteurizada. Onde a cerveja sofrerá nova fermentação, que produzirá o CO₂ desejável para a bebida.

h) Envase

No que diz respeito ao envase, a cerveja pode ser armazenada em diferentes recipientes, sendo os mais comuns as latas, garrafas e barris (FETTERS, 2006). O uso de cada um destes depende da escolha da empresa e/ou da aceitação do consumidor. Em relação à garrafa, deve-se ter o cuidado com a exposição da mesma à luz.

REFERÊNCIAS

AMBEV. **Cervejas. Fabricação.** Disponível em: <<https://www.ambev.com.br/nossa-historia>>. Acesso em: 22 out. de 2022.

APCV – **Associação Portuguesa dos Produtores de Cerveja.** Disponível em: <http://www.apcv.pt/apcv.php>; Acesso em: 22 set. de 2021.

AQUARONE, E; LIMA, U. A., BORZANI, W.; **Alimentos e bebidas produzidos por fermentação.** Série biotecnologia. 2ª ed. Editora Edgard Blüch Ltda, v. 5, 1983, p 14 43.

AVANCINI, C.A.M.; WIEST, J.M.; MUNSTOCK, E. Atividade bacteriostática do decocto de *Baccharis trimera* (Less.) D.C., *Compisitae*, carqueja, como desinfetante ou antisséptico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.52, n.3, p.230-4, 2000.

AZEVEDO, A. B. A. et al. Extraction of green coffee oil using supercritical carbon dioxide. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 44, n. 2, p. 186–192, 2008.

BARA, M.T. F., VANETTI, M.C.D. Estudo da atividade antibacteriana de plantas medicinais, aromáticas e corantes naturais. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.7/8, n.1, p.22-34, 1998.

BELTRAMELLI, M. **Cervejas, brejas e birras: um guia completo para desmistificar a bebida mais popular do mundo.** São Paulo: Editora. Leya, p 21-38, 2012.

BRASIL. Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial** (da República Federativa do Brasil), Brasília, DF, 4 de junho de 2009.

BRASIL. Decreto nº 9.902, de 8 de julho de 2019. Altera o Anexo ao Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009, que regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização. **Portal Oficial da Presidência da República do Brasil**, 08 Julho 2019. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9902.htm#art1>. Acesso em: 12 Jul. 2021.

BONA, C. M. et al. **Carqueja: Cultive esta ideia**. Curitiba: [s.n.], 2012

BRIGGS, D.E.; BOULTON, C.A.; BROOKS, P.A.; STEVENS, R. **Brewing Science and Practice**. North America: CRC Press LCC, 2004, V1.

BUDRYN, G.; NEBESNY, E.; ZYZELEWICZ, D.; ORACZ, J. Properties of model systems of sunflower oil and green coffee extract after heat treatment and storage. **LWT - Food Science and Technology**, v. 59, p. 467–478, 2014.

CHAGAS, E.; GARCIA, L. Lúpulo, crescendo muito bem no Brasil. **Revista da Cerveja**, n. 36, p. 52-61, 2018.

DIAS, J. **Desenvolvimento e avaliação de uma cerveja contendo chá amargo como substituinte de 50% de lúpulo**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Bioquímica) – Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, Lorena, 2014.

ESQUIVEL, P; JIMÉNEZ, M. V. Functional properties of coffee and coffee by-products. **Food Research International**, v. 46, n. 2, 488–495, 2012.

FERREIRA, R. H. **Inovação em cervejas artesanais na região metropolitana de Belo Horizonte**.- Pedro Leopoldo: Fipel, 2010. p. 131.

FETTERS, T. Packaging: A Historical Perspective. In: PRIEST, F. G.; STEWART, G. G. (Eds.). **Handbook of Brewing**. 2. ed. [s.l.] CRC Press, 2006. p. 551–562.

FUNARI, C. S; FERRO, V. O. Uso ético da biodiversidade brasileira: necessidade e oportunidade. **Rev Bras Farmacogn**, v. 15, n. 2, p. 178-82. 2005.

GETACHEW, A. T; CHUN, B. S. Optimization of coffee oil flavor encapsulation using response surface methodology. **LWT - Food Science and Technology**, v. 70, p. 126–134, 2016.

HUVAERE, Kevin et al. Photooxidative degradation of beer bittering principles: a key step on the route to lightstruck flavor formation in beer. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 53, n. 5, p. 1489- 1494, 2005.

KAUT, N. N. N. et al. Baccharis trimera (Carqueja) **Improves Metabolic and Redox Status in an Experimental Model of Type 1 Diabetes**. 2018. Disponível em:

https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30622608/?from_term=RABELO%3B+COSTA%2C+2018&from_pos=4. Acesso em: 3 dez. 2020.

KUNZE, W. **Technology Brewing and Malting**. International. Berlin ; VLB, 1999. 1ed. New Jersey. U.S.A.: Noyes Publications, 1995.

LINO, T. A. L. R. **Alcoolismo - da causa à doença**. [S.l]: [s.n], 2006. 21p. Trabalho de Licenciatura. Disponível em: <http://www.psicologia.pt/artigos/textos/TL0054.pdf> . Acesso em: 20 Nov. 2021.

MENDES, F. R., TABACH, R.; CARLINI, E. A. Evaluation of Baccharis trimera and Davilla rugosa in tests for adaptogen activity. **Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives**, v21, n.6, p.517-522, 2007.

MUNROE, J. H. Aging and Finishing. In: PRIEST, F. G.; STEWART, G. G. (Eds.). . **Handbook of Brewing**. 2. ed. [s.l.] CRC Press, 2006. p. 525–550.

NARITA, Y; INOUE, K. Inhibitory effects of chlorogenic acids from green coffee beans and cinnamate derivatives on the activity of porcine pancreas α -amylase isozyme I. **Food Chemistry**, v. 127, n. 4, p. 1532-1539, 2011.

OLIVEIRA, M. D; FABER, C. R.; OVIEDO, M. S. V. P. A erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire) como substituto parcial do lúpulo amargor na fabricação de cerveja artesanal. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 8, n. 4, p. 1-12, out./dez. 2017. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rebrapa>

OLIVER, G. **The Oxford Companion to Beer**. 1. ed. New York: Oxford University Press, Inc, 2011.

PALMER, J. **How to brew**. Boulder, CO: Brewers Publications. 2006.

PALMIERI, M. G. S. et al. Enhancement of antioxidant properties from green coffee as promising ingredient for food and cosmetic industries. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, [S.l.], v. 16, p. 43-48, Oct. 2018.

POSTULKOVA, M. et al. Technological possibilities to prevent and suppress primary gushing of beer. **Trends in Food Science and Technology**, v. 49, p. 64–73, 2016.

REINOLD, M. **Manual Prático de Cervejaria**. 1.ed. São Paulo : Aden, 1997.213p.

SEBRAE - **Serviço Brasileiro de Apoio às micro e pequenas empresas**. Disponível em: <https://respostas.sebrae.com.br/microcervejarias-ganham-espaco-no-mercado-nacional/>. Acesso em 12 Jul. 2021.

SCHUINA, G. L. **Utilização de plantas amargas em substituição ao lúpulo na produção de cerveja artesanal tipo american lager**. 2018.

SHIMODA, H; SEKI, E; AITANI, M. (2006). **Inhibitory effect of green coffee bean extract on fat accumulation and body weight gain in mice**. BMC Complementary and Alternative Medicine, v. 6, n. 1, p. 1-9, 2006.

SILVA, P. H. A. DA; FARIA, F. C. DE. Avaliação da intensidade de amargor e do seu princípio ativo em cervejas de diferentes características e marcas comerciais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, p. 902–906, dez. 2008.

SIMÕES-PIRES, C. A., QUEIROZ, E. F., HENRIQUE, A. T., HOSTETTMANN, K. Isolation and on-line identification of anti-oxidant compounds from three Baccharis species by HPLC-UV-MS/MS with post-column derivatisation. **Phytochemical Analysis: An International Journal of Plant Chemical and Biochemical Techniques**, v.16, n.5, p. 307-314. 2005.

SINDICERV. Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja. **A cerveja**: 2012. Disponível em: <http://www.sindicerv.com.br/tipo-cerveja.php>>. Acesso em: 22 de outubro de 2020.

SPEERS, A. Apostila: **Maturation**. Siebel Institute: WBA Diploma Course AME Module 2.3.1, 1999.

STELMACH, E., Pohl, P. e Szymczycha-Madeja, A. The content of Ca, Cu, Fe, Mg and Mn and antioxidant activity of green coffee brews. **Food Chemistry**, 182, pp. 302- 308. 2015.

STEWART, G. G.; RUSSEL. I. **Manual da levedura e fermentação High Gravity**. Heriot- Watt University, Ricartion, Edinburg EH 14 4AS. Scotland, 2005.

VELLOSO, C. K. (2020). **Avaliação do processo cervejeiro com a substituição parcial e total do lúpulo por carqueja**. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/194241>>. Acesso em: 09 Set. de 2021.

VENTURINI , W. G. F Matérias-primas. In: **Tecnologia de cerveja**. Jaboticabal: Funep, 2000. cap. 3, p. 8-22.

VENTURINI , W. G. F.; **Tecnologia de bebidas**, 1 ed. São Paulo: Edgard Blucher LTDA, 2005.

CAPÍTULO 2

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a produção de cerveja em escala artesanal tem se expandido consideravelmente com o surgimento cada vez maior do número de cervejarias no país (AREDES et al., 2020) com isso, diferentes estilos de cerveja vem, cada vez mais, conquistando consumidores que buscam sabores inovadores e diferenciados.

A partir do momento em que o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA, através do Decreto nº 9.902, de 8 de julho de 2019 com suas novas regulamentações no que diz respeito a cervejas, veio a permitir o uso de novos ingredientes à bebida, como o uso de produtos de origem animal por exemplo. Os cervejeiros passaram a ter ainda mais liberdade na criação das receitas de suas cervejas. Apesar de essa nova regulamentação ainda não permitir a substituição total do lúpulo em sua formulação, a substituição parcial do mesmo ainda é possível, uma vez que BRASIL (2019) não determina uma quantidade mínima de lúpulo na composição da bebida.

Grande parte da produção mundial de lúpulo (75-80%) é atribuída à países como Alemanha (Hallertau) e Estados Unidos (Washington, Oregon e Idaho), uma vez que nestes locais podem ser encontradas as condições ótimas para o cultivo do lúpulo (CHAGAS; GARCIA, 2018).

Vários estudos têm procurado encontrar formas de substituir o lúpulo por plantas que são facilmente encontradas no território brasileiro, buscando assim, não só valorizar ingredientes nacionais, mas principalmente baixar os custos de produção da bebida, tornando assim, a cerveja ainda mais atraente para o consumidor final. Velloso (2020), por exemplo, utilizou carqueja na produção de cerveja tipo *Lager* em substituição ao lúpulo. Schuina (2018) utilizou de plantas amargas cultivadas no Brasil para substituir o lúpulo, assim como Velloso (2020) na produção de cerveja tipo *Lager*; e obteve resultados semelhantes às cervejas produzidas com o próprio lúpulo.

Estudos como o de Świeca et al. (2017), tem apontado um aumento significativo da presença de compostos fenólicos ao se utilizar de café verde, assim como Palmieri (2018) que relatou um aumento de até 115% da atividade antioxidante e 68,6% no teor de fenólicos ao fermentar extratos de café verde. Isso demonstra um potencial enorme de uso do café verde como antioxidante na indústria alimentícia.

O presente trabalho teve como objetivo substituir o lúpulo por óleo de café verde e carqueja na produção de cerveja *Session Ipa*, valorizando não somente a cultura nacional por meio do uso de

um produto regional como, conseqüentemente, reduzir o custo de produção em um cenário pós pandemia da Covid 19.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados na Cervejaria CERVART, do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Campus Machado.

As análises físico químicas foram realizadas no laboratório de cervejas CERVTEC do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Campus Machado, já as análises de compostos fenólicos e atividade antioxidante foram realizadas no laboratório de química da USP - Universidade de São Paulo, usando os equipamentos e reagentes existentes nestes.

Todos os ingredientes utilizados para a produção das cervejas foram fornecidos pelo CERVART do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Campus Machado.

O óleo de Café verde foi fornecido pela Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé - COOXUPÉ.

A carqueja utilizada no experimento foi adquirida no mercado municipal da cidade de Machado- MG

2.1 Preparo da solução de óleo de café verde e carqueja

Foi preparada uma solução de óleo de café verde e carqueja, onde foram adicionados 10 ml de óleo de café verde em 100g de carqueja desidratada. Posteriormente foi adicionado a esta mistura 1500ml de água e então a solução foi levada à fervura por um período de 15 minutos. Ao final da fervura o volume final da solução foi corrigida para 1500 ml com o intuito de repor a água perdida na evaporação durante a fervura.

2.1.2Preparo da solução de lúpulo

Foi preparada uma solução de lúpulo, onde foram adicionados 50 g de lúpulo *Amarillo* em 1500 ml de água, posteriormente a solução foi levada à fervura por um período de 60 minutos.

Ao final do processo de fervura o extrato aquoso sofreu a adição de água até que o volume total de 1500ml fosse atingido.

2.2 Preparo da Cerveja

Para este estudo, foram elaboradas cervejas do estilo *Session Ipa*. Foi utilizada uma cozinha cervejeira bibloco Serinox com capacidade de 200 litros (Figura 6).

Figura 6 - Cervejeira bibloco.



Fonte: Google imagens.

O malte foi moído e, em seguida, introduzido na panela de mosturação juntamente com a água, na proporção de 1:3, em que, para cada parte de malte, foram adicionadas 3 partes de água.

E uma panela cervejeira foi preparada uma formulação de 50 litros de cerveja estilo *Session Ipa* onde foram utilizados três tipos de malte sendo eles:

Pale ale: 10,75 kg

Caramel: 0,375 Kg

Munick: 0,375 Kg

O lúpulo utilizado no experimento tanto para amargor, quanto para aroma foi o *Amarillo* 8,3% de Alfa Ácidos, foi utilizado o lúpulo na sua forma peletizada.

Segue abaixo o fluxograma de produção da Cerveja *Session Ipa* com Substituição de lúpulo por óleo de café verde e carqueja:

Figura 7 - Fluxograma de produção da cerveja.



Fonte: Autor.

a) Brassagem

Durante a brassagem, o malte foi hidratado para ativação das enzimas presentes nele. Como a cerveja produzida tratava-se de uma *Session Ipa*, as “Rampas de Temperatura” utilizadas foram: 65°C/ 55min, 75°C/ 10 e 78°C/ 5min. Para teste de eficiência da brassagem foi utilizado o teste de iodo. Segundo Palmer (2006) o teste do iodo é um teste usado para identificar alguns polissacarídeos baseado na formação de um complexo fortemente corado resultante da interação entre o iodo e o polissacarídeo).

b) Recirculação e Lavagem do Malte

Após o término da brassagem, o mosto foi retirado da panela separadamente dos grãos de cevada, e deu-se início a recirculação e lavagem do malte até o momento em que a bebida alcançou uma coloração mais límpida.

c) Fervura e Lupulagem

Todo o líquido recolhido da brassagem e da recirculação foi para a panela de fervura, esta etapa é essencial para o desenvolvimento de sabores da cerveja, assim como coagulação de proteínas. Esta etapa durou 60 minutos.

Faltando 10 minutos para o final da fervura foi feita a adição de 50 g de lúpulo *Amarillo* com o objetivo de acrescentar aroma à bebida.

Ao final da fervura foram separados os 7 tratamentos nos quais foram adicionadas as soluções de lúpulo de amargor, assim como as soluções de óleo de café verde e carqueja (conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 1. Formulações utilizadas no preparo dos tratamentos de cerveja.

| Tratamentos | Lúpulo (%) | Solução de Lúpulo (mL) | Solução óleo de café verde + Carqueja(mL) | Volume de Mosto(L) |
|-------------|------------|------------------------|---|--------------------|
| T1 | 100 | 150 | 0 | 4,85 |
| T2 | 90 | 135 | 15 | 4,85 |
| T3 | 70 | 105 | 45 | 4,85 |
| T4 | 50 | 75 | 75 | 4,85 |
| T5 | 30 | 45 | 105 | 4,85 |
| T6 | 10 | 15 | 135 | 4,85 |

| | | | | |
|----|---|---|-----|------|
| T7 | 0 | 0 | 150 | 4,85 |
|----|---|---|-----|------|

d) Resfriamento e Aeração

Ao final da fervura o mosto foi resfriado a 22°C, temperatura ótima para inoculação. Antes da inoculação das leveduras previamente hidratadas o mosto foi aerado para fornecer oxigênio para as leveduras e colocado em fermentadores de 5 litros cada.

e) Fermentação

Após o mosto atingir 20°C foi feita a inoculação, a fermentação foi conduzida utilizando a cepa de levedura WLP 001, a qual foi repicada e replicada para o presente trabalho.

A taxa de inóculo utilizada foi de 6,0.10⁶ células/ mL, e o mosto esteve incubado por 4 dias à temperatura de 16°C na ausência de oxigênio, ao final do quarto dia a temperatura foi elevada à 18°C por mais 3 dias. Para manutenção da temperatura foi utilizada uma câmara incubadora B.O.D.

f) Maturação

Terminada a fermentação a temperatura da B.O.D foi regulada para 1°C e deu-se início à fase de maturação, onde a cerveja foi armazenada a 1°C durante 15 dias.

g) Carbonatação

As cervejas não passaram pelo processo de carbonatação, uma vez que as mesmas seriam posteriormente submetidas às análises físico químicas e para isso seria necessário que estas fossem desgaseificadas novamente para que o CO₂ não interferisse nos resultados, O mesmo pode ser dito em relação ao envase, pois ele não ocorreu, pois amostras foram retiradas diretamente do fermentador ao final do processo de maturação para ser destinadas às análises.

2.3 Análises Físico-químicas:

Os sete tratamentos de cerveja produzidos foram analisados de acordo com a metodologia analítica da European Brewery Convention (EBC, 2020) para determinação de pH, teor alcoólico, extrato real e aparente, cor, amargor, turbidez, e também de acordo com a metodologia de AOAC (2005) para determinação de acidez total. Todas as amostras de cerveja foram analisadas em triplicatas, sob temperatura ambiente (20 a 25°C) e desgaseificadas.

Figura 8- Preparo das amostras.



Fonte: Autor

pH

A análise de pH das amostras de cervejas foi realizada utilizando um pHmetro digital de bancada (Tecnal, Tec-3MP) calibrado de acordo com o manual do equipamento, becker's para coleta de amostras e para limpeza do eletrodo, pisseta (contendo água destilada) e papel macio. A coleta das amostras foi realizada utilizando um becker com 50 ml de cerveja, que posteriormente cuidadosamente, o eletrodo do equipamento foi lavado em abundância utilizando água destilada (o excesso de água foi retirado com um papel macio), seguidamente o eletrodo foi imerso na amostra de cerveja. O registro dos valores de pH foi realizado no momento em que a leitura do equipamento se estabilizou.

Teor alcoólico, e extrato real e aparente

Para determinação do extrato real e aparente foi aplicado o método de refratometria, utilizando as amostras de cerveja completamente desgaseificadas e por meio de um refratômetro (GRAVITY 1.000-1.120 E BRIX 0-32% INVERSA calibrado conforme instruções do manual). A coleta das amostras de cerveja (a 20°C) foi realizada utilizando uma pipeta de pasteur, onde foi colocado o volume de uma gota de amostra ao refratômetro.

Posteriormente com os dados das amostras analisados, o teor alcoólico e o extrato real e aparente foram calculados de acordo a metodologia apresentada por (EBC, 2020):

$$\text{Extrato (\%)} = -460,234 + 662,649 \times SG - 202,414 \times SG^2$$

$$\text{Extrato real (\%)} = 0,188 * \text{Extrato Original} + 0,8192 * \text{Extrato aparente}$$

$$\text{Atenuação aparente (\%)} = 100 * \frac{\text{Extrato Original} - \text{Extrato aparente}}{\text{Extrato Original}}$$

$$\text{Atenuação real (\%)} = 100 * \frac{\text{Extrato Original} - \text{Extrato real}}{\text{Extrato Original}}$$

$$\text{Álcool (\% } \frac{m}{m} \text{)} = \frac{\text{Extrato Original} - \text{Extrato real}}{2,0665 - 0,010665 * \text{Extrato Original}}$$

$$\text{Álcool (\% } \frac{v}{v} \text{)} = \frac{\text{Álcool (\% } \frac{m}{m} \text{)}}{SG_{final} * 0,794}$$

Cor

Para análise de cor das cervejas foram utilizados um Espectrofotômetro (KASUAKI, VIS SPECTROPHOTOMETER), cubetas de vidro de 10mm, um funil de vidro, filtros de papel, Becker's e o reagente terra diatomácea. Foram diluídos 2g de terra diatomácea com aproximadamente 100 ml de cerveja, onde a solução foi filtrada com um filtro de papel (os primeiros 50 ml foram retornados) e o filtrado foi coletado utilizando outro becker. A leitura de absorbância do branco foi realizada com água destilada em 430 nm no espectrofotômetro, posteriormente foi realizada a leitura das cervejas com o mesmo comprimento de onda.

O valor da Cor (EBC) das cervejas foi obtido multiplicando os valores de absorbância encontrados na análise por um fator, conforme descrito por (EBC, 2020):

$$\text{Cor (EBC)} = A \times Fd \times 25$$

Onde: **A** = absorbância da cerveja em 430 nm;

F= fator de diluição (Se o valor da absorbância estiver maior que 1,000, diluir cerveja 1:2 com água destilada e introduzir um fator de diluição de 2 no cálculo com a fórmula, caso contrário se não for necessária a diluição o valor de **F** é = 1).

Turbidez

A análise de turbidez foi realizada utilizando becker (50 mL) para coleta das cervejas e um turbidímetro digital (MS TECNOPON TB-2000), calibrado de acordo com o especificado pelo manual que acompanha o equipamento. As amostras de cerveja foram coletadas e depositadas de acordo com o volume estipulado na cubeta, onde são mensurados os desvios dos feixes de luz que entram em contato com a amostra. Posteriormente foi aguardado o tempo de estabilização da leitura de turbidez das cervejas e feito o registro dos valores obtidos.

Acidez Total

Para a determinação de acidez total dos tratamentos de cerveja foram utilizadas provetas graduadas (10 e 50 mL), uma bureta graduada de 50mL, Erlenmeyer's de 250mL, Fenolftaleína 1%, uma solução padrão de Hidróxido de Sódio (NaOH) 0,1M e água destilada.

Utilizando a proveta graduada foi retirada uma alíquota de 50 mL de cada amostra de cerveja e transferida para um erlenmeyer, onde também foi diluído 100 mL de água destilada e 3 gotas de fenolftaleína. A titulação foi realizada por meio de uma solução padrão de NaOH (titulante), sendo adicionada aos poucos no erlenmeyer contendo as amostras. O erlenmeyer foi agitado manualmente (movimentos circulares) até que a coloração da cerveja mudasse de amarela para vermelha âmbar, ou seja, até que fosse atingido o ponto de equivalência (viragem de cor). O

volume gasto de hidróxido de sódio usado na análise foi anotado e posteriormente foram realizados os cálculos correspondentes seguindo a fórmula apresentada por (BRASIL, 2005).

A acidez total é expressa em mEq/L através da fórmula:

$$AT \text{ (mEq /L)} = (1000 \times n \times N \text{ NaOH}) \div (v)$$

Onde:

n = volume da solução de NaOH gasto na titulação (mL)

N = Normalidade da solução de NaOH

v = Volume da amostra (mL)

Amargor

Na determinação do amargor das amostras de cerveja foi utilizado um Espectrofotômetro UV em 275 nm, cubetas de quartzo, centrífuga; tubos de ensaio, pipetas, micropipetas e os reagentes: Iso-octano (absorbância máxima de 0,010 contra água destilada em 275 nm) e Ácido clorídrico- 6M.

A determinação do amargor da cerveja foi realizada pela extração das substâncias amargas presentes na cerveja, principalmente iso- α -ácidos, com iso-octano acidificado, e posteriormente pela leitura com espectrofotômetro onde que: Centrifugou-se 10 a 15 ml de amostra de cerveja em 3000 RPM por 15 minutos, posteriormente pipetou-se 10 ml de cerveja em três tubos de ensaio grandes, e adicionando também 0,5 ml de ácido clorídrico (com auxílio de micropipetas) e 20 ml de iso-octano em cada tubo. Os tubos foram vedados e agitados por 15 minutos e deixados em descanso por 10 minutos até o momento da leitura de absorbância em 275 nm, sendo realizada utilizando a cubeta contendo a camada de iso-octano sobrenadante das amostras pipetadas.

O resultado da análise dos tratamentos de cerveja foi expresso em unidades de amargor (BU), seguindo a fórmula apresentada por (EBC, 2020) e arredondando os valores obtidos para o número inteiro mais próximo:

$$AMARGOR \text{ (BU)} = \text{Absorbância } 275 \text{ nm} \times 50$$

Compostos Fenólicos

A concentração de fenóis totais foi determinada pelo método de Folin-Ciocalteu modificado por Singleton e Rossi (1965). Feitas em duplicata, 15 µL de cada amostra, foram diluídas 3 vezes (1:15 H₂O) e adicionados 240 µL do reagente Folin-Ciocalteu, em ambiente escuro. Após 10 minutos de repouso, adicionou-se 15 µL de solução de carbonato de sódio (Na₂CO₃) 20%, a placa foi agitada levemente. Após a reação, foi feita a leitura em espectrofotômetro (Spectra Max M2,) com a absorvância em 755 nm. Os teores de compostos fenólicos totais foram determinados por interpolação da absorvância das amostras contra uma curva de calibração construída com padrões de ácido gálico ($y=0,0025x+0,06747$; $R^2=0,9987$) e expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico por litro (mg EAG.L-1).

Atividade Antioxidante

A ação antioxidante das cervejas foram analisadas através da capacidade dos antioxidantes presentes na amostra de capturarem o radical livre DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazina), conforme as metodologias descritas na literatura (BRAND-WILLIAMS, 1995; MOLYNEUX et al., 2004; DUARTE-ALMEIDA et al., 2006). O DPPH possui forte coloração roxa, ao se reduzir, passa a ter uma coloração roxa claro para amarelo pálido, sendo esta mudança de cor monitorada pelo espectrofotômetro Spectra Max M2 (517 nm). A variação da cor permite estimar o desaparecimento do radical livre DPPH em solução devido à formação de compostos mais estáveis.

Para o cálculo de porcentagem de DPPH reduzido foi utilizado a fórmula:

$$\frac{(\text{Abs Branco} - \text{Abs Amostra})}{\text{Abs Branco}} \times 100 = \% \text{ DPPH reduzido}$$

Abs Branco

Análise Estatística

As análises de variância dos dados foram realizadas com auxílio do programa computacional SISVAR (Sistema de análise de variância para dados balanceados) (FERREIRA, 2008), foram realizadas em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições e as análises de cada experimento efetuadas em triplicata. Os dados das amostras foram submetidos à análise de variância univariada (ANOVA) e à análise de regressão. Todas as análises foram realizadas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os tratamentos obtiveram ao final do processo um teor alcoólico de 5,25%, uma vez que, para todos os tratamentos foram utilizados para a fermentação o mesmo mosto, com uma OG (*Original Gravity*) de 1.055 e a fermentação foi interrompida assim que cada amostra atingiu uma FG (*Final Gravity*) de 1.010.

Os valores de pH encontrados nas amostras de cerveja (Tabela 2), condizem com os valores observados por (BRUNELI; MANSANO; VENTURINI FILHO, 2014; VILLALPANDA et al., 2013). Essa faixa de Ph está próximo das cervejas produzidas comercialmente. Normalmente cervejas produzidas de forma artesanal acabam tendo seu pH reduzido devido a forma de carbonatação (priming). As leveduras selvagens e bactérias naturalmente presentes no mosto (*lactobacilos, pediococcus, brettanomyces, etc...*) acabam tendo seu metabolismo acelerado (temperaturas ± 20 °C), gerando acidificação da cerveja (DRAGONE et al., 2008), isso não ocorreu com a cerveja deste trabalho pois a mesma não foi submetida ao priming e nenhum outro processo de gaseificação, uma vez que as amostras deveriam ser desgaseificadas posteriormente para as análises físico químicas.

Tabela 2: . Médias de pH, Turbidez, Cor Acidez e Amargor.

| Tratamento | pH | Turbidez (uT) | Cor (EBC) | Acidez (%) | Amargor (IBU) |
|------------|-------|---------------|-----------|------------|---------------|
| 1 | 4,8 a | 2,68 a | 14,17 a | 0,14% a | 26,4 |
| 2 | 4,8 a | 2,84 a | 14,09 a | 0,15% a | 23,7 |
| 3 | 4,6 a | 2,94 a | 14,34 a | 0,16% a | 19,2 |
| 4 | 4,6 a | 2,83 a | 14,13 a | 0,16% a | 13,7 |
| 5 | 4,6 a | 2,86 a | 14,09 a | 0,16% a | 8,7 |
| 6 | 4,7 a | 2,93 a | 14,19 a | 0,17% a | 2,7 |
| 7 | 4,7 a | 3,06 a | 14,12 a | 0,17% a | 0 |

Nota: T1=100% lúpulo, T2=90% lúpulo, T3=70% lúpulo, T4= 50%lúpulo, T5= 30% lúpulo, T6= 10% lúpulo e T7= 0% lúpulo. Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Todas as amostras apresentaram pH e acidez titulável de acordo com a estabelecida pela Ambev, (2011). Uma acidez elevada pode indicar contaminação bacteriana no mosto ou na cerveja e/ou um fraco desempenho da levedura (normalmente por envelhecimento desta) (ROSA, 2015). Por outro lado, uma acidez muito baixa pode afetar a qualidade sensorial da bebida. Segundo Aredes et al. (2016) o consumo de bebidas com baixa acidez pode alterar o esmalte dos dentes causando uma instauração em relação à hidroxiapatita e fluorapatita (substâncias que compõem os dentes) assim levando a problemas dentários. O pH ideal da bebida está entre 4 e 4.8, sendo que abaixo de 3,8 o PH já pode incomodar o paladar do consumidor.

O pH tem grande importância na cerveja, pois ele pode vir a influenciar em vários fatores, como crescimento microbiano, intensidade de cor, atividade enzimática, potencial de oxirredução e também no sabor (OLIVEIRA, 2011).

Todas as amostras de cerveja apresentaram níveis baixos de turbidez, contrariando o que Steiner et al. (2010) que diz que os polifenóis, proteínas, levedura, entre outros compostos ainda presentes em uma cerveja não filtrada/estabilizada, acabam gerando maior turbidez, porém, apesar da cerveja deste estudo se encaixar nessa descrição, ela apresentou baixos níveis de turbidez. Isto pode ter se dado devido ao período de maturação prolongado a baixas temperaturas, assim como um maior cuidado nas etapas de produção da bebida.

Segundo a classificação brasileira de cervejas, todas as amostras foram classificadas como “cerveja clara”, pois apresentaram valores menores a 20 EBC (BRASIL, 2009). Todas as amostras se enquadram no estilo *Session Ipa* em relação a coloração estando todas elas entre 8 e 24 EBC, segundo o BJCP (Beer Judge Certification Program). Os resultados das análises de cor foram submetidos à análise estatística com significância de 5% e não houve diferença significativa entre elas, isso demonstra que a adição de óleo de café e carqueja e consequentemente a redução da adição de lúpulo nas cervejas, não afetaram a sua coloração.

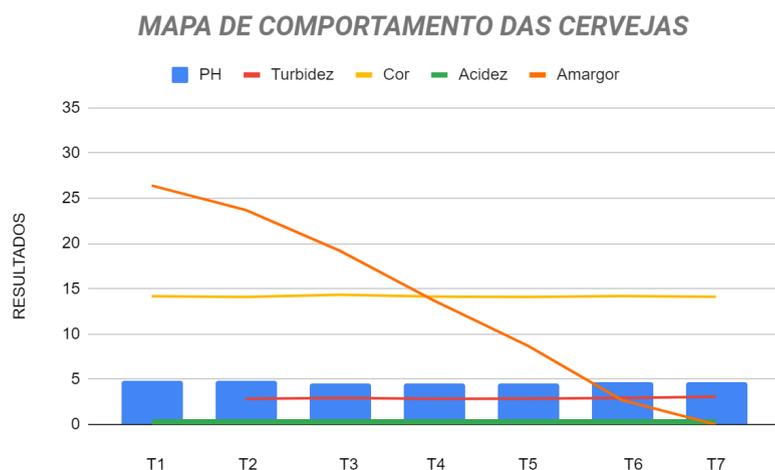
Os resultados das análises de amargor (IBU) das cervejas demonstram um decréscimo gradativo do amargor conforme foram aumentadas as dosagens de carqueja e óleo de café verde, e consequentemente diminuídas as dosagens de lúpulo. Contudo isso já era esperado, uma vez que as análises de IBUs em cervejas tem como objetivo quantificar a presença de α -ácidos (humulonas) presentes no lúpulo. Uma vez que a tanto a carqueja, quanto o óleo de café verde não possuem essas substâncias em sua composição, essa queda de IBU nos resultados não indica um menor amargor da bebida, indica apenas que o amargor advindo da carqueja não provém de α -ácidos (humulonas) mas sim de outras substâncias não são quantificadas na metodologia utilizada neste experimento.

Velloso (2020), ao substituir o lúpulo por carqueja na produção de cerveja tipo *Lager* também verificou essa queda de IBUs nas cervejas de seu experimento, porém tal queda de amargor não foi constatada nos seus testes sensoriais.

Como não existe uma escala de amargor atribuída a elas, se faz necessário a criação de uma escala adequada para que se possa relacionar a quantidade dessas substâncias presentes na carqueja a um valor específico de amargor esperado na bebida final.

Não houve diferença significativa em nenhuma das amostras de cerveja em relação a pH, turbidez, cor, acidez e amargor. Abaixo a figura 9 ilustra como os sete tratamentos se comportaram de maneira parecida em relação a esses parâmetros físico químicos, o que nos dá indícios de que as cervejas com adição de óleo de café verde e carqueja possuem características físico químicas similares a cervejas produzidas com a adição de lúpulo.

Figura 9: Mapa de comportamento das cervejas de acordo com as médias observadas nas análises de PH, Turbidez, Cor, Acidez e Amargor.

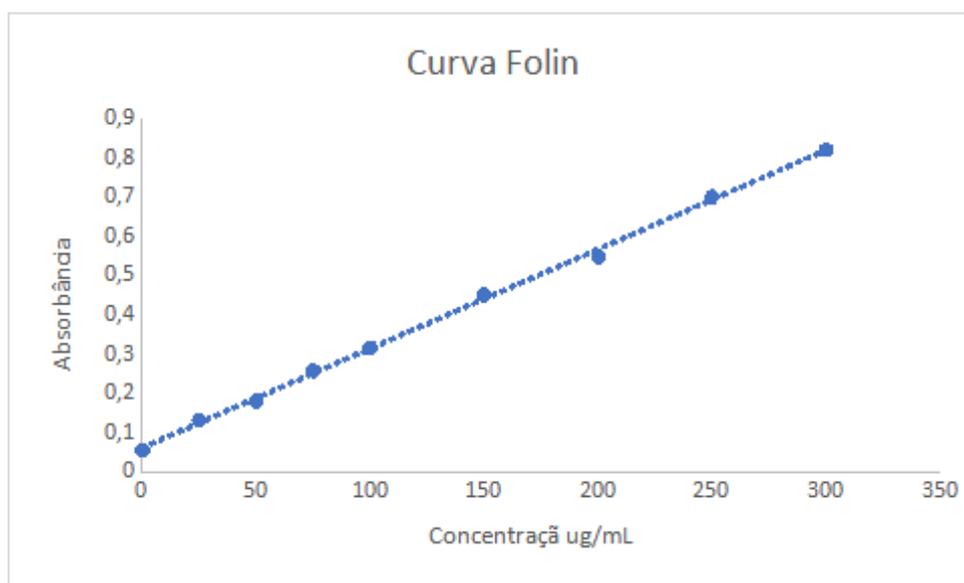


Fonte: Autor (2022).

O único parâmetro que se apresentou diferente dos demais no mapa de comportamento foi a curva do amargor, que apresentou o declínio à medida em que o lúpulo foi substituído pelo óleo de café verde e carqueja, como já era esperado e como já foi mencionado anteriormente. Nos demais parâmetros analisados fica claro a igualdade entre os tratamentos.

Compostos Fenólicos Totais

Através da curva de calibração $Y=0,0025X+0,06747$ $R^2= 0,9987$ obteve-se a curva padrão de Ácido Gálico.

Figura 10: Curva Padrão Ácido Gálico.

Fonte: Autor (2022).

A tabela 3 mostra o teor de compostos fenólicos totais encontrados nas respectivas amostras de cerveja. Os compostos fenólicos são comumente associados ao potencial antioxidante das plantas, e é ele o responsável pelo seu sabor amargo,

Tabela 3 - Quantificação das médias de compostos fenólicos totais das cervejas.

| Tratamento | Concentração mg de Ác.Gálico/L de cerveja |
|------------|--|
| T1 | 263,91 a |
| T2 | 244,11 a |
| T3 | 266,99 a |
| T4 | 262,99 a |
| T5 | 261,15 a |
| T6 | 259,39 a |
| T7 | 263,23 a |

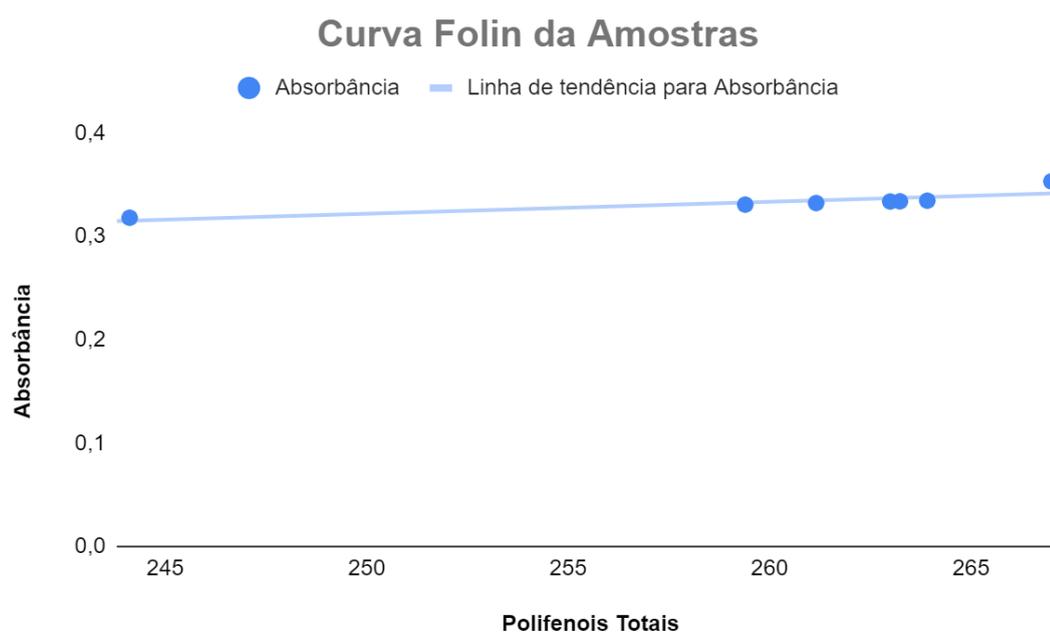
Nota: T1=100% lúpulo, T2=90% lúpulo, T3=70% lúpulo, T4= 50%lúpulo, T5= 30% lúpulo, T6= 10% lúpulo e T7= 0% lúpulo. Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DMS= 96,16.

Os tratamentos apresentaram alto índice de compostos fenólicos, e ao serem submetidos à análise estatística, não apresentaram diferenças significativas entre si, isso indica que o óleo de café verde e a carqueja, assim como o lúpulo pode fornecer as cervejas quantidades similares de compostos fenólicos que normalmente estão associadas a atividade antioxidante, proporcionando ao produto final uma maior vida de prateleira sem prejuízos à sua qualidade, somado a isso o óleo de café verde e carqueja associados também conseguem suprir o amargor que é desejável na bebida. Os valores obtidos foram similares aos encontrados por Neto, Spinosa e Bonassi (2017), que avaliaram os compostos fenólicos totais em cervejas artesanais estilo Red Ale com adição de especiarias, e encontraram resultados que variaram entre 272 e 305 mg.

Uma vez que os tratamentos 1 e 7 que são os extremos do experimento, onde o tratamento 1 com adição de 100% de lúpulo e o tratamento 7 com 0% de lúpulo ficaram em segundo e terceiros respectivamente com maiores índices de compostos fenólicos totais, fica difícil afirmar que a variação da quantidade destes compostos presentes na bebida seja associada somente a adição ou não do lúpulo ou do óleo de café verde e carqueja.

A figura 11 mostra a curva de Folin para as amostras de cerveja analisadas, e nela é possível observar que durante todos os tratamentos de cervejas experimentadas, foi mantida uma estabilidade na curva de Folin.

Figura 11: Curva de Folin das amostras de cervejas analisadas.



Fonte: Autor (2022).

Schuina (2018) ao substituir o lúpulo por carqueja encontrou valores muito acima dos encontrados neste estudo, uma vez que este trabalho encontrou em média 260mg de Ac.Gálico/L de cerveja, Schuina (2018) chegou a encontrar 630,28mg de Ac.Gálico/L, contudo o autor em questão analisou extratos aquosos concentrados da planta que seria utilizada para a elaboração da bebida, enquanto o presente trabalho analisou a presença de compostos fenólicos diretamente na bebida.

Vale salientar que um fator que pode vir a influenciar na diferença entre resultados é a etapa de adição destes ingredientes no processo de produção, pois isso pode influenciar a composição da bebida final. O estilo também pode gerar uma variação, pois cervejas do tipo *Ale*, quando comparadas com as cervejas de coloração clara do tipo *Lager*, apresentam teores de compostos fenólicos mais elevados (HABSCHIED et al., 2020).

Bertuzzi et al., (2020) ao compararem os valores de fenólicos totais de cervejas produzidas em larga escala por cervejas produzidas em pequena escala (produção de até 200.000 litros por mês) constataram que cervejas produzidas em baixa escala possuem maiores índices de compostos fenólicos totais, uma vez que essas pequenas cervejarias usam ingredientes que as grandes cervejarias não costumam usar em sua linha de produção.

Isso demonstra a necessidade de uma padronização da execução, assim como na metodologia empregada para determinação não só dos compostos fenólicos, mas também da atividade antioxidante, pois em vários estudos publicados são encontrados resultados muito discrepantes decorrentes das mais variadas formas de aplicação das técnicas descritas nos trabalhos.

Em revisão bibliográfica feita por Silva (2021), (Tabela 4) pode-se observar a variação que existe na concentração de compostos fenólicos totais em cervejas de acordo com o seu estilo, Os resultados compilados em seu estudo mostram, portanto, que os ingredientes e processos de fabricação podem influenciar significativamente tanto a variedade quanto o teor de compostos fenólicos nos diferentes tipos de cerveja (Zhao et al., 2010).

Os resultados obtidos neste estudo estão de acordo com os encontrados em sua revisão bibliográfica, haja visto que o estilo de cerveja escolhido para o presente estudo foi uma *Session IPA*, uma cerveja que apesar de se tratar de uma *Ale*, possui baixa carga de adição de lúpulo tornando a mais refrescante, porém, essa menor carga de lúpulo impacta em uma menor concentração de compostos fenólicos, isso faz com que ela fique posicionada na tabela entre cervejas *Lagers e Ales*.

Tabela 4: Teor de compostos fenólicos totais pelo método de Folin-Ciocalteu (mg GAL/L) de acordo com o tipo e estilo de cerveja.

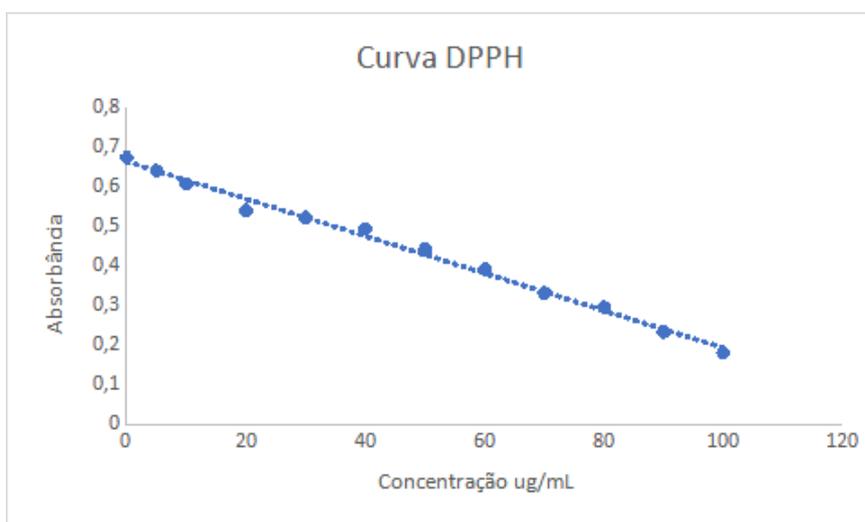
| <i>Estilos Lager</i> | <i>mg GAL/L</i> | <i>Estilos Ale</i> | <i>mg GAL/L</i> | Referência |
|---------------------------------|-----------------|--|-----------------|--------------------------|
| <i>Lager</i> | 152 - 339 | n.d | n.d | Zhao et al., 2010 |
| <i>Lager, Pilsner, Bock</i> | 452 - 875 | <i>Wheat, Ale, Abbey</i> | 504 - 622 | Piazzon et al., 2010 |
| <i>Lager</i> | 120 - 200 | <i>Brown Ale</i> | 280 - 526 | Granato et al., 2011 |
| <i>Lager</i> | 84 - 267 | n.d | n.d | Zhao et al., 2012 |
| <i>Standard American Lager</i> | 164 | <i>German weizen</i> | 572 | Moura-Nunes et al., 2016 |
| <i>Classic American Pilsner</i> | 448 | <i>Irish Red Ale, American Pale Ale, Brown Poter</i> | 475 - 531 | Marques et al., 2017 |
| <i>Standard American lager</i> | 119 - 343 | n.d | n.d | Rodrigues et al., 2020 |
| <i>Lager, Pilsner, Dark</i> | 464 - 776 | <i>Black</i> | 723 - 855 | Habschied et al., 2020 |

Fonte: (SILVA, 2021).

O amargor e o teor alcoólico podem vir a ter elevada correlação com o teor de compostos fenólicos e a atividade antioxidante nas cervejas, uma vez que cervejas mais amargas possuem maior quantidade de lúpulo, ingrediente rico em compostos fenólicos. Já as cervejas de maior teor alcoólico, por sua vez, propiciam maior solubilidade dos compostos fenólicos (MOURA et al., 2016). Diante do exposto, vale ressaltar que a cerveja do presente estudo por se tratar de uma cerveja *Session IPA*, possui menor carga de lúpulo, assim como teor alcoólico reduzido, se comparado a uma *IPA* convencional. Enquanto uma *IPA* possui teor alcoólico entre 5,5 e 7,5, uma *Session Ipa* fica em torno de 4,5 ABV.

Atividade Antioxidante

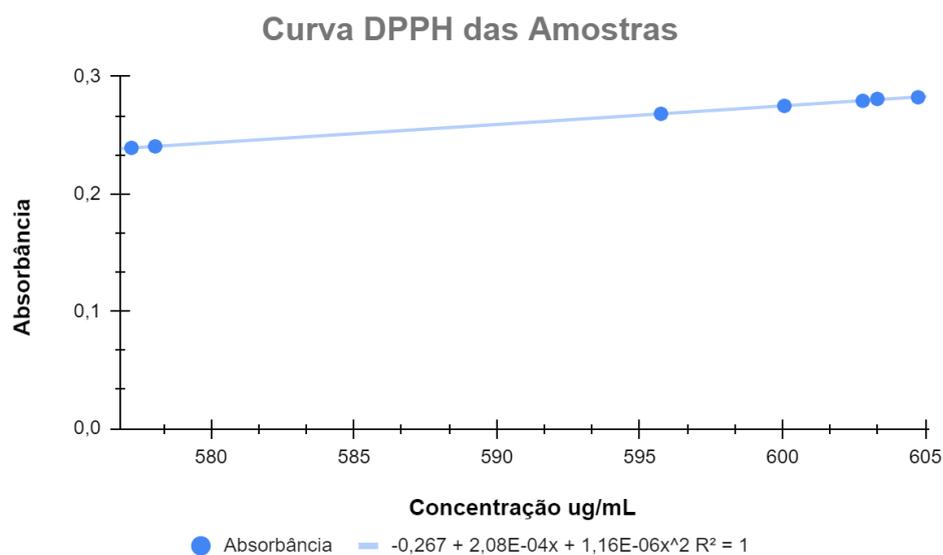
A atividade antioxidante das cervejas foi comparada com a do ácido ascórbico, que possui alta capacidade antioxidante (MENSOR et al., 2001). Os testes foram realizados em triplicata e os resultados foram expressos como média de cada triplicata. A figura 12 representa o gráfico de regressão linear dos pontos obtidos pela leitura em espectrofotômetro da diminuição da absorbância a 517 nm, com uma Curva de calibração: $y=-0,0047x+0,6651$, $R^2 = 0,9931$.

Figura 12: Curva padrão DPPH.

Fonte: Autor (2022).

Diferentemente da curva de Folin a curva DPPH é decrescente, ou seja quanto maior a concentração de ácido na amostra menor é a absorbância observada nos resultados, o que faz com que a curva seja invertida.

A figura 13 demonstra que o comportamento da curva DPPH das amostras não se manteve estável, demonstrando assim a diferença existente entre os tratamentos.

Figura 13: Curva DPPH das amostras de cerveja.

Fonte: Autor (2022).

Para determinação da porcentagem de inibição do DPPH foi utilizada a equação:

$$\frac{(\text{Abs Branco} - \text{Abs Amostra}) \times 100}{\text{Abs Branco}} = \% \text{ DPPH reduzido}$$

E os resultados podem ser vistos na tabela 5.

Tabela 5: - Absorbância e % de inibição de DPPH das amostras de cerveja.

| Tratamento | Absorbância (517nm) | % Inibição DPPH |
|------------|---------------------|-----------------|
| T1 | 0,239 a | 56,80 a |
| T2 | 0,275 b | 50,34 b |
| T3 | 0,268 b | 51,56 b |
| T4 | 0,240 a | 56,57 a |
| T5 | 0,280 b | 49,27 b |
| T6 | 0,279 b | 49,56 b |
| T7 | 0,282 b | 49,01 b |

Nota: T1=100% lúpulo, T2=90% lúpulo, T3=70% lúpulo, T4= 50%lúpulo, T5= 30% lúpulo, T6= 10% lúpulo e T7= 0% lúpulo. Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

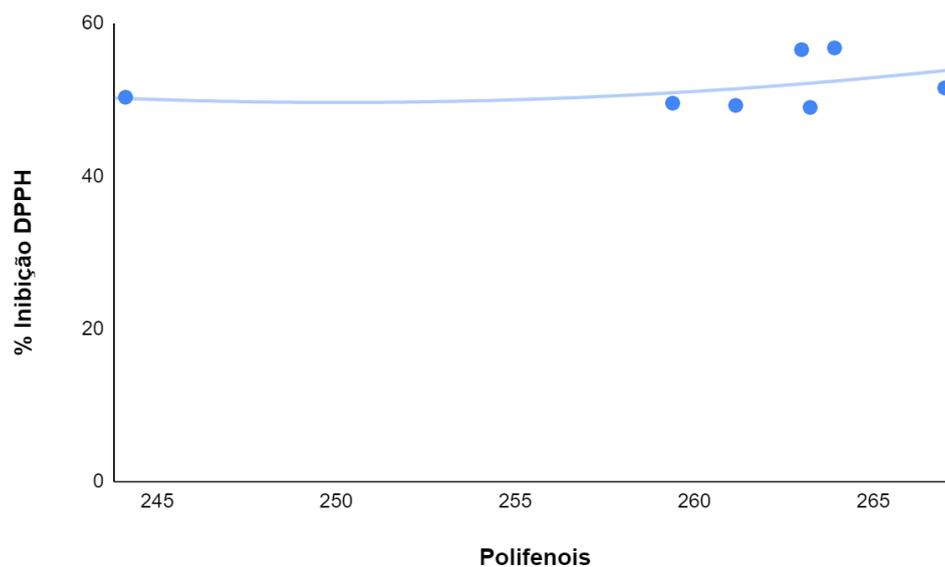
Todos os tratamentos apresentaram alto índice de potencial antioxidante, obtendo em média 51,87% de inibição do DPPH, resultados parecidos com Castro (2020) que ao produzir uma cerveja do estilo *Red Ale* com adição de pimenta dedo de moça comercial obteve em média uma inibição de DPPH 50,7 %.

Tanto as cervejas produzidas com 100% de lúpulo, assim como as cervejas produzidas com 100% de óleo de café e verde e carqueja, apresentaram um bom desempenho no que diz respeito à porcentagem de inibição do DPPH, porém ao submeter os resultados ao teste de tukey com significância de 5%, foi verificado que houve diferença significativa entre os tratamentos, sendo que os tratamentos 1 e 4 obtiveram os melhores resultados.

Assim como nos resultados encontrados para a presença de compostos fenólicos totais, deve-se levar em consideração vários fatores, e no caso do potencial antioxidante especificamente, é preciso considerar também porcentagem de iso-alfa ácidos presentes na variedade de lúpulo utilizada no experimento, uma vez que quanto maior for essa porcentagem, maior será o impacto do lúpulo tanto no amargor quanto na capacidade antioxidante da bebida. Para este experimento foi utilizado o lúpulo Amarillo que possui em média 8,80% de Alfa ácidos.

Observou-se uma correlação positiva entre a média do conteúdo de polifenóis totais com a média dos valores de inibição DPPH, conforme mostra a figura 14 o que indica uma forte influência dos compostos fenólicos sobre a atividade antioxidantes das cervejas testadas.

Figura 14: Correlação entre o índice de polifenóis totais com atividade antioxidante determinada pelo método DPPH nas cervejas.



Fonte: Autor.

Firmino (2011) ao avaliar a qualidade de diferentes marcas de chá verde comercializados na Bahia - BA, também verificou essa correlação entre teor de polifenóis e atividade antioxidante. É preciso salientar que a correlação entre os compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante dos frutos pode depender do método escolhido para análise, e também das características hidrofóbicas e ou hidrofílicas do sistema teste e dos antioxidantes testados (LIMA et al., 2011). Como existem estudos que indicam essa correlação e outros que a questionam, se faz necessário um maior estudo acerca de quais são especificamente os polifenóis que contribuem para uma maior atividade antioxidante nos alimentos.

4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos através deste estudo é possível afirmar que as cervejas produzidas com óleo de café verde e carqueja em substituição ao lúpulo possuem características físico químicas que se espera de um substituto para a produção de uma bebida estável.

Infelizmente devido a pandemia da Covid-19 não foi possível a realização de testes sensoriais nas cervejas produzidas com óleo de café verde e carqueja, algo que agregaria muito ao trabalho. Tal falta não poderia passar despercebida, uma vez que qualquer que seja a substituição realizada na indústria alimentícia, ela deve sempre levar em consideração dois fatores: a função tecnológica e a função sensorial, contudo essas análises podem ser realizadas em um futuro com o intuito de enriquecer o trabalho.

No que diz respeito ao fator tecnológico a maior preocupação em relação a substituição do lúpulo por óleo de café verde e carqueja se baseava no potencial antioxidante dos substitutos associados, porém conforme os resultados obtidos, apesar da diferença significativa encontrada entre os tratamentos, os valores encontrados estão dentro do que se espera de uma cerveja.

Mais uma vez, a impossibilidade da realização de testes sensoriais preliminares devido a pandemia da Covid-19, impossibilitou uma melhor elaboração de uma tabela equivalência de amargor percebido na cerveja adicionada de lúpulo e de seus substitutos. Com uma resposta sensorial por parte dos consumidores seria possível aumentar ou diminuir a dosagem de óleo de café verde e carqueja, o que impactaria diretamente no potencial antioxidante da bebida.

REFERÊNCIAS

- AMBEV. Programa de formação técnica cervejeiros. Jacareí: **AmBev**, 2011.
- AREDES, L. C. S; OLIVEIRA, D. C; SILVA, F. J; CARVALHO, M. M. R. Índice de acidez em cerveja. **Revista Científica Univiçosa**. 2016; 8(1): 515-20.
- AREDES, R.S. et al. Evaluation of craft beers through the direct determination of amino acids by capillary electrophoresis and principal component analysis. **Food Chemistry**, In Press, 128572, 2020. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.128572.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis**. 18. ed. Washington: AOAC, 2005.
- BRAND-WILLIAMS, W; CUVELIER, M. E; BERSET, C. L. W. T. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT-Food science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.
- BRASIL. Instrução Normativa N°24, de 8 de setembro de 2005. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/instrucao-normativa-no-24-de-8-de-setembro-de-2005.pdf/view> . Acesso: 09 de ago. 2022.
- BRASIL. Decreto n° 9.902, de 8 de julho de 2019. Altera o Anexo ao Decreto n° 6.871, de 4 de junho de 2009, que regulamenta a Lei n° 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização. **Portal Oficial da Presidência da República do Brasil**, 08 Julho 2019. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019
- BRUNELI, L. T.; MANSANO, A. R.; VENTURINI FILHO, W. G. Caracterização físico-química de cervejas elaboradas com mel. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, n. 1, p. 19–27, 2014.
- CASTRO, T. L. A. et al. Produção de cerveja artesanal com pimenta dedo-de-moça comercial. Farmanguinhos - **Revista Fitos** - Volume 15 - Supl. 1, 2020.
- CHAGAS, E.; GARCIA, L. Lúpulo, crescendo muito bem no Brasil. **Revista da Cerveja**, n. 36, p. 52-61, 2018.

DRAGONE, G. et al. Revisão: Produção de Cerveja: Microrganismos Deteriorantes e Métodos de Detecção. **Braz. J. Food Technol.**, v. 10, n. 4, p. 240–251, 2008.

EBC. **The European reference Analytical Methods for breweries by European Brewery Convention.** [S. l.: s. n.] Disponível em: <https://brewup.eu/ebcanalytica>

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.

FIRMINO, L. A. Avaliação da qualidade de diferentes marcas de chá verde (*Camellia sinensis*) comercializadas em Salvador-Bahia. 2011.

GORJANOVIĆ, S. Ž et al. Application of a novel antioxidative assay in beer analysis and brewing process monitoring. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 58, n. 2, p. 744-751, 2009.

GRANATO, D; BRANCO, G. F; FARIA, J. A. F; CRUZ, A. G. (2011). Characterization of Brazilian lager and brown ale beers based on color, phenolic compounds, and antioxidant activity using chemometrics. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 91(3), 563–571.

HABSCHIED, K; LONČARIĆ, A; MASTANJEVIĆ. Screening of polyphenols and antioxidative activity in industrial beers. **Foods**, v. 9, n. 2, p. 238, 2020.

OLIVEIRA, N. A. M. Leveduras utilizadas no processo de fabricação da cerveja. Monografia (Especialista em Microbiologia Ambiental e Industrial) – **Departamento de Microbiologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais**, 2011.

LIMA, A. D. J. B. et al. Anthocyanins, pigment stability and antioxidant activity in jabuticaba [*Myrciaria cauliflora* (Mart.) O. Berg]. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 877–887, 2011.

MARQUES, D. R, CASSIS, M. A; QUELHAS, J. O. F; BERTOZZI, J; VISANTAINER, J.V; OLIVEIRA, C. C; MONTEIRO, A. R.G. (2017). Characterization of craft beers and their bioactive compounds. **Chemical Engineering Transactions**, 57, 1747–1752.

MOLYNEUX, P et al. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. **Songklanakarin J. sci. technol**, v. 26, n. 2, p. 211-219, 2004.

MOURA, N. N; BRITO, T. C; FONSECA, N. D; AGUIAR, P. F; MONTEIRO, M; PERRONI, D;

TORRES, A. G. (2016). Phenolic compounds of Brazilian beers from different types and styles and application of hemometrics for modeling antioxidant capacity. **Food chemistry**, 199, 105-113.

NETO, R. C. N.; SPINOSA, W. A.; BENASSI, M. T. Atividade Antioxidante e Compostos Fenólicos Totais Em Cerveja Artesanal Estilo Red Ale Com Adição De Especiarias. **Revista Latino Americana De Cerveja**, v. 89065, p. 34, 2017.

PALMIERI, M. G. S. et al. Enhancement of antioxidant properties from green coffee as promising ingredient for food and cosmetic industries. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, [S.l.], v. 16, p. 43-48, Oct. 2018.

SCHUINA, G. L. **Utilização de plantas amargas em substituição ao lúpulo na produção de cerveja artesanal tipo american lager**. 2018.

ROCHA, W. S. et al. Compostos fenólicos totais e taninos condensados em frutas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 4, p. 1215– 1221, 2011.

RODRIGUES, J. A; BARROS, A. S; CARVALHO, B; BRANDÃO, T; GIL, A. M; FERREIRA, A. C. S. (2011). Evaluation of beer deterioration by gas chromatography–mass spectrometry/multivariate analysis: A rapid tool for assessing beer composition. **Journal of Chromatography A**, 1218(7), 990–996.

ROSA, N. A.; AFONSO, J. C. A química da cerveja. **Química nova escola**. vol.37, nº2, p. 98-105. 2015.

SILVA, R. N. P; DIAS, J. F; KOBLITZ, M. G. B. Cervejas: relação entre estilos; compostos fenólicos e capacidade antioxidante. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e42210313471-e42210313471, 2021.

SIMIONATO, E. M. R. S., MENEZES, M. L. Determinação de ocratoxinas em cervejas, por injeção direta da amostra empregando uma coluna cromatográfica IS-aniônica. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v. 33, n. 3, p. 234-239, 2007.

SINGLETON, V. L; & ROSSI, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American journal of Enology and Viticulture**, 16(3), 144-158.

STEINER, E.; BECKER, T.; GASTL, M. Turbidity and Haze Formation in Beer - Insights and Overview. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 116, n. 4, p. 360–368, 2010.

ŚWIECA, M. et al. Wheat bread enriched with green coffee – In vitro bioaccessibility and bioavailability of phenolics and antioxidant activity. *Food Chemistry*, v. 221, p. 1451–1457, 2017.

PALMER, J. (2006). **How to brew**. Boulder, CO: Brewers Publications.

PIAZZON, A; FORTE, M; NARDINI, M. (2010). Characterization of Phenolics Content and Antioxidant Activity of Different Beer Types. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 58(19), 10677–10683.

VELLOSO, C. K. (2020). **Avaliação do processo cervejeiro com a substituição parcial e total do lúpulo por carqueja**. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/194241>>. Acesso em: 09 Set. de 2021.

VILLALPANDA, M. A. et al. Influencia del campo magnético estático en la turbidez de la cerveza de alta gravedad Influence. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 4, p. 273–277, 2013.

ZHAO, H; CHEN, W; LU, J; ZHAO, M. (2010). Phenolic profiles and antioxidant activities of commercial beers. **Food Chemistry**, 119(3), 1150–1158.

ZHAO, H; LI, H; SUN, G; YANG, B; ZHAO, M. (2013). Assessment of endogenous antioxidative compounds and antioxidant activities of lager beers: Assessment of antioxidants of lager beers. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 93(4), 910–917.