



**JORDANA ALVES FERNANDES**

**CONSTRUÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM MÓDULO  
DE PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL – SISTEMA  
HERMS**

**LAVRAS – MG**

**2021**

**JORDANA ALVES FERNANDES**

**CONSTRUÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM MÓDULO DE PRODUÇÃO  
DE CERVEJA ARTESANAL – SISTEMA HERMS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Química, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Tiago José Pires de Oliveira

Orientador

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Natália Maira Braga Oliveira

Coorientadora

**LAVRAS -MG**

**2021**

**JORDANA ALVES FERNANDES**

**CONSTRUÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM MÓDULO DE PRODUÇÃO  
DE CERVEJA ARTESANAL – SISTEMA HERMS**

**CONSTRUCTION AND IMPLEMENTATION OF A CRAFT BEER  
PRODUCTION MODULE - HERMS SYSTEM**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Química, para a obtenção do título de Bacharel.

---

Prof. Dr. Tiago José Pires de Oliveira  
Orientador

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Natália Maira Braga Oliveira  
Coorientadora

**LAVRAS -MG**

**2021**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe, Delma, que sempre foi um exemplo de mulher forte e determinada e me ensinou a correr atrás dos meus sonhos. Obrigada pelo apoio, amizade e confiança. Você me inspira a querer ser cada dia mais e melhor!

Agradeço ao meu pai, Fernandes, que nunca mediu esforços para me ajudar no que for preciso. Sua tranquilidade e humildade fazem os dias mais leves e mais fáceis. É muito bom poder contar com você! Obrigada por ser exatamente o que eu preciso!

Agradeço à minha irmã, Natália, que mesmo estando longe sempre se faz tão presente. Sempre me inspirei muito em você e fico muito feliz em ver tudo que você já conquistou. Obrigada pelo apoio sempre!

Agradeço à segunda família que pude ter. Regina, Bela, Vinícius, Paula, Elisson, Ana, Gustavo, Felipe e Alice. Obrigada por nos receberem tão bem. Vocês são muito especiais para mim!

Agradeço às minhas amigas de infância, Vic, Bia e Ju, por sempre acreditarem em mim e me apoiarem em todas as decisões. Apesar da distância e dos caminhos, estaremos sempre juntas!

Agradeço aos meus amigos feitos durante a faculdade. Tonho, Marcela, Cris, Thamara, Lívia, Mariana, Paula, Bianca, Brito, Carol e Marina, essa trajetória foi muito mais fácil e mais divertida com vocês. Obrigada por tornarem os dias mais leves e alegres. Morro de saudades de cada um e torço muito por todos!

Agradeço a todos os professores que passaram pelo meu caminho durante a graduação. Em especial, àqueles que pude ficar tão próxima. Obrigada Renata por sempre ser um exemplo e pelos ensinamentos também durante a IC, sou muito grata pela oportunidade de trabalhar com você. Luciano, pelos aprendizados e bom humor diário, você é uma pessoa ímpar. João, pelas tantas longas conversas e por sempre nos escutar, você faz os dias serem mais divertidos. Lidja, por sempre levar as aulas e os dias de forma leve e divertida, pelas competições durante a aula e pelo meu bolinho de aniversário, foi muito bom aprender com você! Cris, pelos conselhos profissionais e pessoais que sempre nos deu, e por fazer do NEPetro uma família. Zuy, por me aguentar e me ensinar, na prática, a não desistir dos meus objetivos. Natália, pelo apoio e pela oportunidade de fazer um trabalho tão especial para mim, você é um exemplo de aprendizado.

Agradeço ao meu prof querido, Irineu, pela amizade que construímos nesse tempo e por fazer o possível para ajudar, sempre. Obrigada por me escutar, por ser um ombro amigo, por me ensinar, por formatar o meu computador (hehe) e pela ótima companhia nos cafés e almoços. Você é demais e eu morro de saudades!!!

Obrigada Su, por ser uma pessoa tão extraordinária. Não tenho nem palavras para agradecer seu apoio. Você é um exemplo de profissional e mulher que vou levar sempre. Agradeço a forma que você sempre nos ajudou e nos tratou. Você é muito especial!!!!

Agradeço ao meu professor, amigo e orientador, Tiago. Sem você nada disso seria possível. Obrigada pela oportunidade, pela confiança, pelo apoio e por me ensinar tanto! Foi incrível fazer esse trabalho ao seu lado. Obrigada por tanto, por não medir esforços para ajudar e por fazer o que fosse possível para meu desenvolvimento!!

Agradeço ao NEPetro, NucBeer e todas as pessoas que tive oportunidade de conhecer nessas entidades. Foram experiências incríveis que me ajudaram a me tornar o que sou hoje. Foi uma honra fazer parte destes núcleos, que se tornaram família, e que morro de orgulho!!!

Agradeço ao meu gestor, André, que caminha ao meu lado nessa nova etapa. Obrigada pelos ensinamentos diários, pela paciência, pela equipe em que fazemos parte, pelos chocolates e pela amizade. Você é um exemplo de pessoa e profissional para mim!! Agradeço também a todo nosso time, por me receberem tão bem e por me ensinarem a ser uma ótima profissional. É muito bom trabalhar com vocês!

Por fim, agradeço a mim mesma, por finalizar mais uma etapa nessa jornada. Não foi fácil, mas conseguimos. Que venham novos desafios, com novos aprendizados!!!!

Obrigada a todos que fizeram e fazem parte desta trajetória!!

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.”

(Albert Einstein)

## RESUMO

O setor de cervejas artesanais no Brasil e no mundo tem se mostrado bastante promissor, conquistando cada vez mais consumidores e produtores neste segmento, uma vez que buscam por uma bebida de alta qualidade, com aspectos sensoriais como cor, aroma e sabor marcantes e de alto nível. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o custo para construção de um módulo para produção de cerveja artesanal, bem como avaliar as etapas de instalação e operação do equipamento mediante elaboração e produção de receitas do estilo Blonde Ale. O sistema escolhido para construção e implementação foi o HERMS. Apesar de ele possuir maior quantidade de equipamentos do que os outros sistemas, o aquecimento indireto se torna uma opção mais segura e assertiva para iniciantes na produção de cerveja artesanal. O valor total para construção do módulo foi de R\$ 5.301,81, o que pode variar de acordo com a capacidade de produção, local de compra dos equipamentos e ano de aquisição. Além disso, sua eficiência, baseada no volume final produzido e densidade final da cerveja, foi de 56 %. Para a criação e produção da receita da cerveja, utilizou-se o *software* BeerSmith. A produção teve duração total de 8 horas e o tempo mínimo recomendado para consumo da cerveja é de 30 dias, sendo 17 de fermentação e maturação e 13 de carbonatação. Durante o processo produtivo mensurou-se a densidade e grau brix do mosto, para se comparar os valores encontrados com a literatura a fim de constatar que a receita estava dentro do estilo. Para o estilo Blonde Ale, a densidade do mosto antes da fermentação deve estar entre a faixa de 1,038 a 1,054 g/cm<sup>3</sup> e, após a fermentação, sua densidade deve estar entre 1,008 e 1,013 g/cm<sup>3</sup>. Com isso, pode-se concluir que a produção atendeu às expectativas e a cerveja se enquadra no estilo proposto, uma vez que suas densidades antes e após a fermentação foram de 1,043 g/cm<sup>3</sup> e 1,010 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. Além disso, a porcentagem de álcool estimada da cerveja também ficou dentro do esperado. Seu valor deve ser entre 3,8 e 5,5 % e estima-se que foi de 4,3 %. Ao final da produção, através dos parâmetros mensurados e características sensoriais observadas, concluiu-se que a construção e a produção da cerveja foram bem-sucedidas, e que a bebida apresentou as características esperadas.

**Palavras-chave:** Grau brix. Blonde Ale. BeerSmith. Whirlpool.

## ABSTRACT

The craft beer sector in Brazil and worldwide has shown itself to be quite promising, conquering more and more consumers and producers in this segment, as they search for a high-quality drink, with sensory aspects such as strong and high color, aroma and flavor level. This study aimed to evaluate the cost of building a module for the production of craft beer, as well as evaluating the stages of installation and operation of the equipment through the preparation and production of recipes in the Blonde Ale style. The system chosen for construction and implementation was HERMS. Although it has more equipment than other systems, indirect heating becomes a safer and more assertive option for beginners in the production of craft beer. The total value for the construction of the module was R\$ 5,301.81, which may vary according to production capacity, place of purchase of equipment and year of acquisition. Furthermore, its efficiency, based on the final volume produced and final density of the beer, was 56%. For the creation and production of the beer recipe, the BeerSmith software was used. The production lasted a total of 8 hours and the minimum recommended time for drinking the beer is 30 days, 17 days for fermentation and maturation and 13 for carbonation. During the production process, the density and brix degree of the must were measured, in order to compare the values found with the literature in order to verify that the recipe was in keeping with the style. For the Blonde Ale style, the wort density before fermentation should be between the range of 1.038 to 1.054 g/cm<sup>3</sup> and, after fermentation, its density should be between 1.008 and 1.013 g/cm<sup>3</sup>. Thus, it can be concluded that the production met expectations and the beer fits the proposed style, since its densities before and after fermentation were 1.043 g/cm<sup>3</sup> and 1.010 g/cm<sup>3</sup>, respectively. In addition, the estimated alcohol percentage of the beer was also within expectations. Its value must be between 3.8 and 5.5% and it is estimated that it was 4.3%. At the end of production, through the measured parameters and observed sensory characteristics, it was concluded that the construction and production of the beer were successful, and that the drink presented the expected characteristics.

**Keywords:** Brix degree. Blonde Ale. Beer Smith. Whirlpool.



## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Classificação da cerveja por cor. ....                                    | 15 |
| Figura 2 – Diferentes torras de maltes. ....   | 17 |
| Figura 3 – Flor de lúpulo.....   | 18 |
| Figura 4 – Diferentes apresentações do lúpulo (A) flor, (B) plug e (C) pellets. .... | 18 |
| Figura 5 – Exemplos de formas de leveduras (A) seca e (B) líquida. ....              | 20 |
| Figura 6 – Exemplos comerciais Blonde Ale. ....                                      | 23 |
| Figura 7 – Fluxograma produtivo.....   | 24 |
| Figura 8 – Malte moído.....  | 25 |
| Figura 9 – Clarificação.....   | 28 |
| Figura 10 – <i>Whirlpool</i> . ....  | 29 |
| Figura 11 – Sistema BIAB. ....   | 32 |
| Figura 12 – RIMS.....  | 33 |
| Figura 13 – HERMS.....   | 34 |
| Figura 14 – Panelas inox (A) HLT, (B) MLT e (C) <i>Boil Kettle</i> .....             | 38 |
| Figura 15 – (A) Mangueira atóxica e (B) bomba. ....                                  | 38 |
| Figura 16 – Moedor de Malte – Moinho 02 Rolos Mini. ....                             | 39 |
| Figura 17 – Resistência elétrica. ....   | 39 |
| Figura 18 – Trocadores de calor (A) serpentina e (B) 30 placas.....                  | 40 |
| Figura 19 – Auxiliares brassagem.....  | 40 |
| Figura 20 – <i>Hop Bag</i> . ....  | 40 |
| Figura 21 – Tampador e tampas para garrafas. ....                                    | 41 |
| Figura 22 – Diluição PAC 200. ....   | 42 |
| Figura 23 – Moagem dos grãos.....  | 42 |
| Figura 24 – Brassagem.....   | 43 |
| Figura 25 – Lavagem. ....  | 44 |
| Figura 26 – Fervura.....   | 45 |
| Figura 27 – Fermentação.....   | 45 |
| Figura 28 – Unidade experimental. ....   | 47 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 29 – Etapa fria: fermentação.....                                | 48 |
| Figura 30 – Calibração panela HLT.....                                  | 49 |
| Figura 31 – Calibração panela MLT.....                                  | 49 |
| Figura 32 – Calibração panela Boil Kettle.....                          | 50 |
| Figura 33 – Sanitização módulo de produção.....                         | 51 |
| Figura 34 – Brassagem.....  | 52 |
| Figura 35 – Valores refratômetro 60 minutos de brassagem.....           | 53 |
| Figura 36 – Teste de Iodo.....  | 53 |
| Figura 37 – Transferência de mosto e lavagem.....                       | 54 |
| Figura 38 – Fervura.....  | 55 |
| Figura 39 – <i>Whirlpool</i> .....                                      | 55 |
| Figura 40 – Resfriamento e fermentação.....                             | 56 |
| Figura 41 – Características da cerveja após o final da fermentação..... | 57 |
| Figura 42 – Carbonatação.....   | 58 |
| Figura 43 – Cerveja final.....  | 58 |

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| <b>Quadro 1</b> – Aspectos do lúpulo.....  | 19 |
| <b>Quadro 2</b> – Comparação dos Sistemas de Produção de Cerveja Artesanal. .... | 31 |
| <b>Tabela 1</b> – Estatísticas Vitais Blonde Ale. ....                           | 23 |
| <b>Tabela 2</b> – Faixas de atividade enzimática ideal. ....                     | 26 |
| <b>Tabela 3</b> – Equipamentos e acessórios utilizados e seus custos*.....       | 36 |
| <b>Tabela 4</b> – Matérias primas utilizadas.....                                | 41 |
| <b>Tabela 5</b> – Volume morto.....  | 50 |
| <b>Tabela 6</b> - Densidade e teor de açúcar do mosto.....                       | 52 |

## SUMÁRIO

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | INTRODUÇÃO .....                                | 12 |
| 2     | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....                     | 14 |
| 2.1   | Cerveja.....                                    | 14 |
| 2.1.1 | Cerveja artesanal.....                          | 15 |
| 2.2   | Matérias primas utilizadas na fabricação .....  | 16 |
| 2.2.1 | Água.....                                       | 16 |
| 2.2.2 | Malte .....                                     | 16 |
| 2.2.3 | Lúpulo.....                                     | 17 |
| 2.2.4 | Levedura .....                                  | 20 |
| 2.2.5 | Adjuntos.....                                   | 21 |
| 2.3   | Diferentes Estilos e Famílias de Cerveja .....  | 21 |
| 2.3.1 | BJCP .....                                      | 21 |
| 2.3.2 | Blonde Ale .....                                | 22 |
| 2.4   | Processo produtivo artesanal.....               | 24 |
| 2.4.1 | Malteação.....                                  | 24 |
| 2.4.2 | Moagem .....                                    | 25 |
| 2.4.3 | Brassagem.....                                  | 26 |
| 2.4.4 | Clarificação .....                              | 27 |
| 2.4.5 | Fervura.....                                    | 28 |
| 2.4.6 | Resfriamento .....                              | 29 |
| 2.4.7 | Fermentação.....                                | 29 |
| 2.4.8 | Maturação .....                                 | 30 |
| 2.4.9 | Carbonatação e Envase .....                     | 30 |
| 2.5   | Sistemas de produção de cerveja artesanal ..... | 31 |
| 2.5.1 | BIAB .....                                      | 31 |
| 2.5.2 | RIMS.....                                       | 32 |
| 2.5.3 | HERMS.....                                      | 33 |
| 2.6   | <i>Softwares</i> cervejeiros .....              | 34 |
| 3     | MATERIAIS E MÉTODOS .....                       | 36 |
| 3.1   | Montagem do módulo de produção .....            | 36 |
| 3.2   | Produção da cerveja .....                       | 41 |

|       |                               |    |
|-------|-------------------------------|----|
| 4     | RESULTADOS E DISCUSSÕES ..... | 47 |
| 4.1   | Módulo de Produção .....      | 47 |
| 4.1.1 | - Calibrações .....           | 49 |
| 4.2   | Produção Blonde Ale .....     | 51 |
| 5     | CONCLUSÃO .....               | 60 |
|       | REFERÊNCIAS .....             | 62 |
|       | ANEXO A .....                 | 66 |

## 1 INTRODUÇÃO

Os consumidores de cerveja buscam cada vez mais entender como funciona este processo produtivo, seja industrial ou artesanalmente, através de visitas a grandes cervejarias e cursos e palestras online. O interesse por esse setor fez com que o número de produtores de cerveja aumentasse e mostra como a produção de cerveja artesanal é uma área em ascensão no Brasil e no mundo. Em 2017, o país contava com aproximadamente 2000 cervejarias ciganas, ou seja, cervejarias que não possuem fábrica própria e alugam equipamentos/espço de outras cervejarias, podendo produzir cumprindo toda a legislação, e a área tem previsão de crescimento de 30 a 40% ao ano (FURLAN, 2021). Hoje, as pessoas buscam por cervejas de melhor qualidade, mesmo que elas possuam um valor mais alto, se comparado com outros tipos de bebida. Apesar de ser um produto com alto valor de mercado, o processo de produção de cerveja artesanal não necessariamente tem alto custo.

O Brasil é o terceiro maior fabricante mundial de cerveja (SINDICERV, 2019), com produção de 13,3 bilhões de litros no ano de 2019. Em primeiro e segundo lugar tem-se a China, com 46 bilhões, e os Estados Unidos com 22,1 bilhões de litros de cerveja. A indústria cervejeira tem enorme destaque na economia, com um faturamento em 2018 de R\$77 bilhões, o que corresponde a 2% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil (SINDICERV, 2019). Além disso, impacta positivamente outros setores econômicos, como agronegócio, transporte, energia, veículos, materiais de embalagens, gerando mais de 2 milhões de empregos diretos, indiretos e induzidos, com gastos de R\$27 bilhões em salários.

Já em 2020, o Brasil teve 204 novas cervejarias registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e 30 cancelaram seu registro, totalizando 1.383 estabelecimentos, um aumento de 14,4% em relação ao ano anterior (MAPA, 2021). A partir dessas novas fábricas, todos os estados do país contam com ao menos uma cervejaria, sendo inaugurada a primeira no estado do Acre.

De acordo com o decreto número 9.902 (BRASIL, 2019), cerveja é uma bebida obtida através da fermentação, a partir da levedura cervejeira, usando mosto de cevada malteada ou extrato de malte, que passa por um processo de cocção adicionado de lúpulo ou extrato de lúpulo, podendo ser adicionado adjunto cervejeiro para substituir parte da cevada malteada ou extrato de malte. Consideram-se adjuntos cervejeiros cevada não malteada e demais cereais aptos para consumo humano, bem como o mel e outros ingredientes vegetais que são fontes de amido e de açúcares.

O setor de cervejas artesanais no Brasil e no mundo tem se mostrado bastante promissor, conquistando cada vez mais consumidores e produtores neste segmento, uma vez que buscam por uma bebida de alta qualidade, com aspectos sensoriais como cor, aroma e sabor marcantes e de alto nível.

O mercado de cerveja artesanal foi responsável por girar US\$ 38 bilhões no mundo em 2018 e espera-se que a taxa composta anual de crescimento, durante o período de 2018-2023, seja de 14,1%, sendo os maiores produtores desta bebida os Estados Unidos, Reino Unido e Alemanha (BUSINESS WIRE, 2018). Segundo Martins et al (2020), no Brasil, o número de cervejarias artesanais aumentou 91% entre 2015 e 2019.

Diante disso, fica clara a importância das cervejas artesanais para o mercado brasileiro e mundial, bem como a tendência de aumento do seu consumo. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o custo para construção de um módulo para produção de cerveja artesanal – sistema HERMS -, bem como avaliar as etapas de instalação e operação do equipamento mediante elaboração e produção de receitas do estilo Blonde Ale. Durante a produção de cerveja, existem etapas que demandam controle de temperatura, tempo, vazão e, principalmente, sanitização, que foram avaliados para que o produto esteja dentro dos padrões de qualidade esperados.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Cerveja

Cerveja é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto de malte de cevada e água potável, por ação da levedura cervejeira, com adição de lúpulo ou seu extrato, podendo parte do malte ser substituído por cereais maltados ou não ou por carboidratos de origem vegetal. Seu teor alcoólico pode variar de 0,05 %, sendo considerada cerveja sem álcool, até 14,9 %. A maioria das cervejas possui teor em torno de 4 a 5 % (CARVALHO, 2007).

Dois termos muito comuns no contexto cervejeiro são *Ale* e *Lager*, que são dois termos fundamentais para diferenciar as cervejas. Cervejas Ales, ou de alta fermentação, têm esse nome devido ao tipo de levedura utilizada no seu processo de fermentação, que trabalham em uma temperatura mais elevada, entre 15 e 21°C, além da fermentação ocorrer na parte superior do fermentador. Já as Cervejas Lagers, conhecida também como de baixa fermentação, utilizam em seu processo leveduras que trabalham em temperaturas mais baixas, geralmente entre 9 e 15 °C e fermentam, preferencialmente, no “fundo” do fermentador (PALMER, 2006).

A aparência da cerveja é a primeira característica sensorial percebida pelo consumidor e, por isso, se tornou habitual descrever uma cerveja como clara ou escura. A tonalidade de uma cerveja é medida pelo *Standard Reference Method* (SRM), ou Método de Referência Padrão, que é um método americano analítico utilizado para quantificar a cor de uma cerveja. Já os países europeus utilizam o sistema EBC (*European Brewing Convention*). Em ambos os casos, o valor é obtido através da utilização de um espectrofotômetro e, quanto maior o valor, mais escura a cerveja é (ROSENTHAL, 2018). Na classificação de cerveja clara ou escura, existem 12 macro divisões referentes à coloração da cerveja, que vai desde palha, amarelo, ouro, até preto e preto muito opaco. Tecnicamente, cervejas com até 20 EBC são consideradas claras e com 20 EBC ou mais, escuras (BJCP, 2015). Na Figura 1 é possível identificar todas as tonalidades de uma cerveja, bem como seus respectivos nomes e valores SRM e EBC.



Figura 1 – Classificação da cerveja por cor.

| MACRO DIVISÃO                 | SRM     | TONALIDADE | EBC           | CLASSIF.                    |
|-------------------------------|---------|------------|---------------|-----------------------------|
| Palha                         | 2 – 3   |            | 3,94 – 5,91   | Cerveja Clara<br>até 20 EBC |
| Amarelo                       | 3 – 4   |            | 5,91 – 7,88   |                             |
| Ouro                          | 4 – 5   |            | 7,88 – 9,85   |                             |
| Âmbar                         | 6 – 9   |            | 11,82 – 17,73 |                             |
| Profundo âmbar / cobre luz    | 10 – 14 |            | 19,70 – 27,58 |                             |
| Cobre                         | 14 – 17 |            | 27,58 – 33,49 | Cerveja Escura<br>≥ 20 EBC  |
| Profundo cobre/castanho claro | 17 – 18 |            | 33,49 – 35,46 |                             |
| Castanho                      | 19 – 22 |            | 37,43 – 43,34 |                             |
| Castanho Escuro               | 22 – 30 |            | 43,34 – 59,10 |                             |
| Castanho muito escuro         | 30 – 35 |            | 59,10 – 68,95 |                             |
| Preto                         | 35 +    |            | 68,95 – 78,80 |                             |
| Preto opaco                   | 40+     |            | >78,80        |                             |

Fonte: BJCP (2008 -adaptado).

### 2.1.1 Cerveja artesanal

A definição de cerveja artesanal ainda é muito subjetiva no Brasil. A Associação Brasileira das Microcervejarias - ABRACERVA, fundada em 2013, tem como objetivo promover o desenvolvimento no setor de cervejas artesanais. Segundo seu estatuto (ABRACERVA, 2018), Microcervejaria Brasileira é aquela com sede no Brasil, com maioria de capital nacional, registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, que produza marcas próprias ou de terceiros sob encomenda e com capacidade de produção de até 50 mil hectolitros (5 milhões de litros) por ano. Mestres cervejeiros e pesquisadores dividem opiniões sobre o conceito de cerveja artesanal. Para alguns, a matéria-prima e o tempo de maturação são fatores que deveriam ser levados em consideração, assim como os processos de filtração e pasteurização e adição de aditivos (estabilizador de espuma, acelerador de processo etc.) que, para eles, não fazem parte de uma produção artesanal (CERVESIA, 2017).

A produção de cerveja artesanal é uma temática emergente, o que a torna uma peça importante para a economia nacional e global. A inovação cervejeira ganhou relevância nas últimas décadas, alavancada pela participação cada vez mais significativa das cervejas artesanais e especiais no mercado de bebidas, que pode ser percebida pela abertura de novos nichos de mercado, com novos serviços e produtos. As microcervejarias são reconhecidas pela produção de cervejas artesanais e especiais, caracterizadas pela qualidade dos seus ingredientes e processos (CARVALHO, OLIVEIRA & CURTIS, 2020).

No Brasil, o mercado e o consumo de cervejas artesanais vêm crescendo significativamente. Em 2014, a venda de cervejas mais comuns no bares e supermercados cresceu 5%; de cervejas premium ou especiais, 14%; e as artesanais mais que 21% (GERLACH apud TELLES, 2014). Em 2020, o país teve uma produção de 14,1 bilhões de litros de cerveja, do qual estima-se que 352 a 380 milhões foram produtos das cervejarias artesanais independentes, que corresponde aproximadamente 3% de toda produção (SACCHAROBEER, 2020).

## **2.2 Matérias primas utilizadas na fabricação**

### **2.2.1 Água**

A água representa aproximadamente 90% da composição em massa de uma cerveja, sendo seu principal insumo (ROSA; AFONSO, 2015). Por representar maior parte do produto, a qualidade da água está diretamente relacionada à qualidade da cerveja.

No geral, a água deve ser inócua, livre de turbidez, ou seja, sem partículas em suspensão e com pH controlado, entre 5,0 e 7,5. O pH pode interferir nos processos de regulação da atividade enzimática, solubilização de componentes adstringentes, variação da cor e coagulação dos componentes proteicos do mosto (ROSA; AFONSO, 2015).

Para chegar no parâmetro de água adequado para o estilo de cerveja, é possível tratá-la. Alguns íons podem influenciar diretamente no gosto e qualidade da cerveja, como o Cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ), Magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ ), Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^{-1}$ ), Sulfato ( $\text{SO}_4^{-2}$ ), Sódio ( $\text{Na}^{+1}$ ) e Cloro ( $\text{Cl}^{-1}$ ). Quando se fala em água dura, refere-se à quantidade de íons de Cálcio e Magnésio presentes na água (PALMER, 2006).

Segundo Palmer (2006), o Cálcio é fundamental para muitas reações de leveduras, enzimas e proteínas, além de produzir claridade, aroma e estabilidade no produto final. Similar ao Cálcio, o Magnésio também é nutriente para as leveduras em pequenas concentrações, mas, em quantidades elevadas, pode dar um sabor amargo à cerveja. O íon Sulfato também contribui com a dureza da água, o que acentua o amargor do lúpulo. O Sódio contribui com os aromas da cerveja, acentuando a doçura do malte. Já o Cloro, acentua o aroma e a terminação da cerveja.

### **2.2.2 Malte**

Durante o processo de produção de cerveja, as leveduras precisam consumir açúcares que serão convertidos principalmente em álcool e  $\text{CO}_2$ , e a principal fonte desse açúcar é a cevada malteada. O processo de malteação é importante pois ele controla a germinação do grão,

e garante que o malte terá amido e enzimas suficientes para serem convertidos em açúcares fermentáveis (PALMER, 2006). Existem outros cereais que podem ser malteados, como milho, trigo, aveia e centeio, mas a cevada é a mais utilizada por ser rica em amidos (CARVALHO, 2007).

Além de ser fonte de açúcares fermentáveis, os maltes também são grandes responsáveis pela cor final da cerveja. Uma das principais diferenças entre os maltes é o seu grau de torra, ou seja, por quanto tempo e em qual temperatura ele foi exposto. É possível observar diferentes tipos de torra na Figura 2. Após a moagem e em contato com a água, o malte passará seus pigmentos para o mosto e, quanto mais torrado for o malte, maior sua capacidade de dar cor à cerveja (ROSENTHAL, 2018).

Figura 2 – Diferentes torras de maltes.



Fonte: Rosenthal (2019).

### 2.2.3 Lúpulo

Lúpulo é uma flor de plantas nativas das regiões temperadas da América do Norte, Europa e Ásia. Suas folhas lembram folhas de uvas e seus cones lembram o formato de pequenas pinhas, aproximadamente com 3 a 5 cm, porém possuem coloração esverdeada e são mais finas, como pode ser observado na Figura 3. Na base das pétalas estão as glândulas de lupulina que contém os óleos e resinas essenciais tão estimados pelos produtores de cerveja (PALMER, 2006).

Figura 3 – Flor de lúpulo.



Fonte: Guia da Cerveja (2021).

O lúpulo é o conservante mais importante do mosto cervejeiro, além de conferir equilíbrio e ser responsável por características marcantes da cerveja, como seu aroma e sabor. Apesar de ser uma flor, durante o processo de produção ele pode ser adicionado ao mosto de três formas, sendo a própria flor (Figura 4 A), plug (Figura 4 B) e pellets (Figura 4 C) (PALMER, 2006).

Figura 4 – Diferentes apresentações do lúpulo (A) flor, (B) plug e (C) pellets.



Fonte: Palmer (2006).

No Quadro 1, pode-se comparar as vantagens e desvantagens de cada apresentação de lúpulo.

**Quadro 1** – Aspectos do lúpulo.

| APRESENTAÇÃO | VANTAGENS   | DESVANTAGENS   |
|--------------|---|--|
| FLOR         | Boiam e são mais fáceis de se retirar do mosto. Melhores características de aroma.                        | Absorvem o mosto, o que causa um pouco de perda após fervura. Seu volume o torna difíceis de pesar.  |
| PLUG         | Permanecem frescos por mais tempo que a flor e comportam-se como ela. Medidas convenientes de 15 g.       | Difíceis de usar fora de incrementos de 15 g e absorvem mosto como a flor.   |
| PELLETS      | Fáceis de pesar; pequeno aumento na isomerização devido a moagem; não absorvem o mosto; melhor estocagem. | Forma um “lodo” de lúpulo na panela de fervura; difícil para <i>dry hop</i> ; conteúdo de aroma tende a ser menor que as outras formas, devido ao processamento. |

Fonte: Palmer (2006).

Existem inúmeras variedades de lúpulo, mas ele pode ser dividido em duas categorias gerais, que são amargor e aroma. A resina ácido alfa é responsável pelo aspecto amargo e é insolúvel em água até ser isomerizada pela ebulição do mosto. Sendo assim, quando maior o tempo de ebulição, maior o percentual de isomerização e mais amarga será a cerveja. Por outro lado, os óleos que auxiliam com sabores e aromas são voláteis e têm uma grande perda durante longas fervuras (PALMER, 2006).

Segundo Palmer (2006), lúpulos utilizados para trazer amargor para a cerveja são adicionados no início da fervura, e são fervidos por 45 a 90 minutos. Os lúpulos responsáveis pelo sabor do produto são adicionados no meio desta etapa, sendo comum participarem da fervura durante aproximadamente 30 minutos. Já para trazer aroma à cerveja, os lúpulos são adicionados 15 minutos ou menos para o fim da fervura, ou logo após o calor ser desligado. Um método bastante utilizado para aumentar o aroma da cerveja é o *Dry-Hopping*, que consiste na adição do lúpulo já na etapa de fermentação.

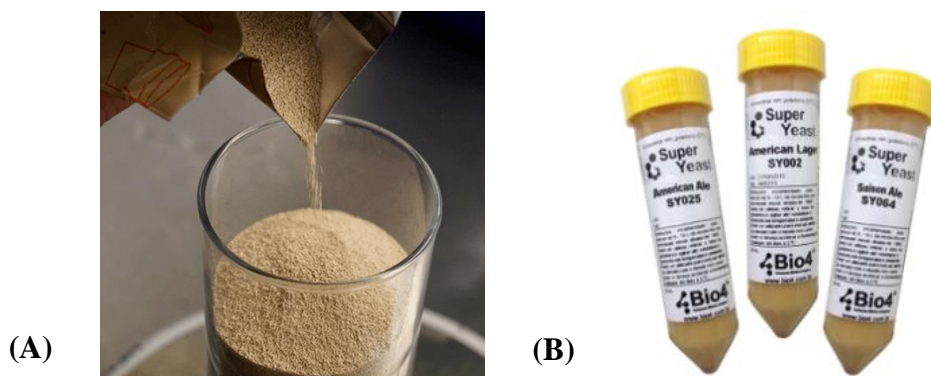
### 2.2.4 Levedura

Leveduras são um tipo de fungo, microrganismos unicelulares, encarregadas pela fermentação alcoólica e produção de CO<sub>2</sub>, ou seja, suas células incorporam açúcares simples, como glicose e maltose, e produzem dióxido de carbono e álcool como produtos residuais. As leveduras mais utilizadas para produção de cerveja são *Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces uvarum*, que são capazes de viver e crescer com ou sem oxigênio (CARVALHO, 2007).

Além da produção de CO<sub>2</sub> e álcool, a levedura também produz ésteres, que são responsáveis pelas notas frutadas da cerveja, álcoois superiores, cetonas que, em pequenas quantidades, dão uma nota amanteigada na cerveja, fenóis, que dão notas de especiarias e medicinais, e ácidos graxos (PALMER, 2006).

As principais formas de leveduras encontradas são liofilizada (Figura 5 A) e líquida (Figura 5 B). A liofilização é feita para favorecer o armazenamento e, para se ter melhores resultados, ela deve ser reidratada antes de ser inserida no mosto cervejeiro. É mais recomendada para iniciantes, pois vem em pacotes com a quantidade de células de levedura viáveis, podem ser armazenados por períodos longos e é de fácil preparação. Em contrapartida, existem maiores variedades de leveduras líquidas e elas permitem um melhor ajuste da cerveja a um estilo particular. Ao se utilizar levedura líquida, é necessário ativá-la. (PALMER, 2006).

Figura 5 – Exemplos de formas de leveduras (A) seca e (B) líquida.



Fonte: Cerveja da Casa (2019).

Como dito anteriormente, segundo Palmer (2006), antes de se adicionar a levedura seca no mosto, ela deve ser reidratada. Para isso, deve-se incorporar a levedura em água fervida morna, entre 35 e 40 °C, cobrir com papel filme e aguardar aproximadamente 30 minutos para colocar a solução no mosto. O processo de ativação da levedura líquida consiste em aumentar

o número de células viáveis do recipiente. Isso é feito adicionando-a em uma solução de água com extrato de malte seco (DME).

### **2.2.5 Adjuntos**

Os principais adjuntos cervejeiros são definidos como fermentáveis não enzimáticos com composição apropriada e propriedades que complementam ou suplementam o malte de cevada. Entre eles, tem-se cereais não maltados como cevada em flocos, griz de milho, ou açúcares em xarope ou na forma seca (refinado, cristais etc.) (REBELLO, 2009).

De acordo com Carvalho (2007) outros adjuntos que podem ser utilizados no processo de fabricação são: os estabilizantes, com objetivo de manter características físicas das emulsões e suspensões, aumentando a viscosidade da cerveja; os acidulantes, utilizados como adjunto de aroma e sabor; os antiespumantes, que atuam regulando a formação de espumas, principalmente durante a fervura; e os antioxidantes.

## **2.3 Diferentes Estilos e Famílias de Cerveja**

### **2.3.1 BJCP**

O *Beer Judge Certification Program, Inc.* (BJCP) é uma organização mundial sem fins lucrativos que certifica juízes de cerveja e outras bebidas fermentadas. É uma instituição fundada em 1985 e que hoje já está presente em mais de 60 países, com mais de 7.500 juízes (BJCP Inc., 2021).

A organização lançou, em 2015, seu último Guia de Estilos de Cerveja – BJCP 2015 – que foi amplamente adotado em todo mundo para descrever cervejas em geral. Sua última versão conta com uma grande revisão da edição de 2008 e aborda estilos de cerveja de todo o mundo, tendências do mercado de cerveja artesanal, descreve cervejas históricas e as características sensoriais dos modernos ingredientes empregados na produção de cerveja. Além disso, adicionou-se muitos novos estilos e alguns outros foram divididos em várias categorias ou renomeados.

Apesar de ser um guia técnico, as diretrizes do BJCP 2015 são orientações e não especificações rigorosas de estilo. Nele, são descritas as características gerais dos exemplares mais comuns de cervejas, que servem como ajuda para avaliar o estilo da cerveja.

A descrição de um estilo, segundo o Guia BJCP (2015), se dá a partir da definição de um formato padrão. Neste formato, são avaliadas 13 características. A primeira delas, a

Impressão Geral, descreve a essência do estilo; os pontos que o distinguem de outros estilos e o torna único. Nessa seção, é feita uma descrição de forma simples, não-técnica, que permite a compreensão de pessoas que não sejam especialistas em cerveja. Em seguida, tem-se os componentes básicos de construção de um estilo, que são Aparência, Aroma, Sabor e Sensação na Boca. As próximas seções, de Comentários e História, contêm curiosidades e um resumo de alguns dos pontos mais importantes de cada estilo. No tópico de Ingredientes Característicos, apesar de não conter a receita do estilo, são descritos alguns ingredientes típicos e, em alguns casos, até processos típicos, que ajudam a diferenciar um estilo do outro. É feita também uma Comparação de Estilos, novidade do guia de 2015, que ajuda a descrever como o estilo difere de um similar ou estilos relacionados. A seção de Instruções de Entrada é mais técnica, e identifica informações necessárias para que os juízes avaliem uma amostra de determinado estilo de cerveja. As Estatísticas Vitais apresentam as características gerais do estilo, como densidades original (OG) e final (FG), álcool por volume (ABV), unidades internacionais de amargor (IBU) e as cores da cerveja expressa no Método Padrão de Referência (SRM) ou pela Convenção Europeia (EBC). Por fim, são apresentados alguns Exemplos Comerciais e Etiquetas.

A cerveja *American IPA*, por exemplo, tem sua cor entre dourado médio a leve âmbar-avermelhado. Deve ser límpida, com espuma de média formação, branca a bege claro e boa persistência. Suas densidades original e final devem estar entre 1,056 e 1,070 g/cm<sup>3</sup> e 1,008 e 1,014 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. Seu IBU fica em torno de 40 e 70, sua coloração entre 6 e 14 SRM e seu teor alcoólico, entre 5,5 e 7,5 %. Outra cerveja bastante conhecida é a *Weissbier*, uma cerveja alemã de trigo, coloração clara, refrescante, com alta carbonatação e notas de banana e cravo. Suas estatísticas vitais estão entre 10,44 e 1,052 g/cm<sup>3</sup> para densidade original e 1,010 e 1,014 para densidade final. Com um índice de amargor de 8 a 15 IBU, cor entre 8 e 15 SRM e ABV por volta de 4,3 a 5,6 % (BJCP, 2015).

### **2.3.2 Blonde Ale**

O estilo de cerveja Blonde Ale faz parte da categoria Pale American Ale, que agrupa as modernas American Ales de força média e cor clara, moderadamente maltadas a moderadamente amargas. Dentro desta categoria tem-se também a famosa American Pale Ale (APA).

De acordo com o Guia BJCP (2015), a Blonde Ale é uma cerveja acessível, fácil de beber, orientada para o malte, frequentemente com notas de frutas, lúpulos ou notas de caráter



maltado. Equilibrada, limpa, refrescante e sem sabores agressivos. Tem um aroma leve a moderado de maltes doces, podendo ou não ter notas de pão ou caramelo. Pode ter de baixo a médio aroma de lúpulo, como notas cítricas, florais, frutadas e condimentadas. Sua aparência é de amarelo claro a dourado, com espuma branca de baixo a médio volume, como pode ser observado na Figura 6, com boa retenção. Sabor doce maltado suave, leve a moderado sabor de lúpulo, que não deve ser agressivo. Médio amargor, com final médio seco a leve maltado-doce. Sua sensação na boca é de média a elevada carbonatação, porém sem ser pesada. Curiosamente, geralmente é oferecida como uma cerveja artesanal de entrada. É um estilo de cerveja americana, que pode ter até 25% de malte de trigo e alguns adjuntos de açúcar. Ao se comparar com outros estilos de cerveja, a Blonde Ale tem mais sabor que as American Lagers e Cream Ales, e é menos amarga que uma APA. A Tabela 1 apresenta as características gerais do estilo.

Como exemplos comerciais, tem-se a Kona Big Wave Golden Ale (Figura 6 A), produzida pela Cervejaria AmBev, Pelican Kiwanda Cream Ale (Figura 6 B) e Victory Summer Love (Figura 6 C).

Figura 6 – Exemplos comerciais Blonde Ale.



Fonte: Maria Cevada (2015).

Tabela 1 – Estatísticas Vitais Blonde Ale.

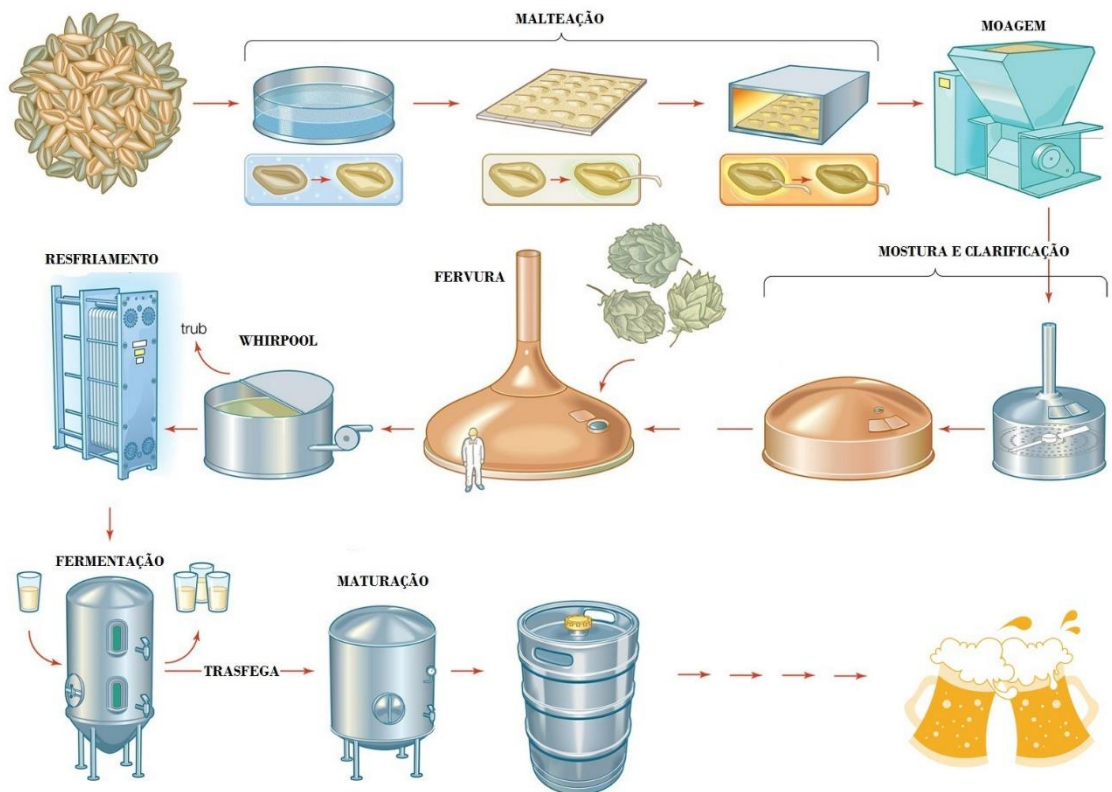
| <b>Estatística</b>           | <b>Mínimo</b> | <b>Máximo</b> |
|------------------------------|---------------|---------------|
| <b>OG (g/cm<sup>3</sup>)</b> | 1,038         | 1,054         |
| <b>FG (g/cm<sup>3</sup>)</b> | 1,008         | 1,013         |
| <b>IBUs (-)</b>              | 15            | 28            |
| <b>SRM (-)</b>               | 3             | 6             |
| <b>ABV (%)</b>               | 3,8           | 5,5           |

Fonte: BJCP (2015).

## 2.4 Processo produtivo artesanal

O processo produtivo de cerveja artesanal pode ser dividido em etapas quentes e frias. Para a produção artesanal, os grãos já passaram pelo processo de malteação, e podem ou não serem adquiridos moídos. Na etapa quente tem-se a brassagem, clarificação, fervura, *whirlpool* e resfriamento. Já na etapa fria, tem-se a fermentação, maturação, cold crash, carbonatação e envase, como representado pela Figura 7.

Figura 7 – Fluxograma produtivo.



Fonte: Cinema e Cerveja (2017).

Como exemplos comerciais, tem-se a Kona Big Wave Golden Ale (Figura 6 A), produzida pela Cervejaria AmBev, Pelican Kiwanda Cream Ale (Figura 6 B) e Victory Summer Love (Figura 6 C).

### 2.4.1 Malteação

A malteação é realizada pela indústria cervejeira com o objetivo de produzir enzimas no grão do cereal e causar mudanças químicas, para que se tornem fontes de açúcares fermentáveis. As etapas que constituem o processo são: maceração – ou umidificação – germinação e secagem (GOUVÊA; MAIA, 2014).

No Brasil, existe atualmente apenas quatro maltarias, sendo elas: Maltaria Navegantes, localizada em Porto Alegre (RS) e a Maltaria Passo Fundo (RS), ambas da empresa AmBev; Maltaria do Vale, em Taubaté (SP); e a Agromalte – Agrária, situada em Guarapuava (PR) (DULCETTI, 2016).

#### 2.4.2 Moagem

A primeira etapa para produção de cerveja é a moagem, que tem como função promover um corte na casca do malte para liberar o amiláceo (amido), além de promover a redução do seu tamanho de partícula, aumentando sua área superficial (CARVALHO, 2007).

Ao moer o malte separa-se o endosperma, parte interna do grão, de sua casca, que serão importantes para as etapas futuras. O endosperma é basicamente constituído de amido que, quando exposto à ação enzimática da brassagem, irá produzir o açúcar. Já a casca servirá como uma camada filtrante natural, que contribui para a clarificação do mosto (CAMPOS, 2017).

A moagem é uma etapa importante pois quanto mais fino o grão estiver, mais rapidamente o endosperma sofrerá ação enzimática e mais fácil será a produção do amido, o que aumenta a eficiência da produção. Por outro lado, se moído intensamente, os grãos podem gerar problemas de entupimentos nas etapas de filtragem e recirculação (CAMPOS, 2017).

Segundo Henrik Boden (2009), a moagem ideal resulta em uma mistura com aproximadamente 30% de cascas inteiras, 55% de sêmolas intermediárias, 12% de farinha e nenhum grão inteiro, como mostra a Figura 8.

Figura 8 – Malte moído.



Fonte: Henrik Boden (2009).

### 2.4.3 Brassagem

A brassagem, popularmente conhecida como mostura, é a etapa em que se realiza o cozimento do malte com água quente e, com isso, o amido dos grãos é convertido em açúcares fermentáveis (maltose e glicose) e outros carboidratos, formando o mosto (BODEN, 2012).

Existem diferentes métodos de brassagem, que podem ser divididos em dois grupos gerais, o de infusão simples, que se utiliza uma mesma temperatura durante todo o processo de mostura, e o de rampas de temperatura, em que a temperatura do mosto varia, a fim de favorecer diferentes grupos de enzimas. O aquecimento também pode ser feito de duas maneiras, sendo pela adição de água quente (infusão) ou pela calefação direta do mosto. O método de decocção é uma associação entre os dois métodos, uma vez que uma parte do mosto é aquecida separadamente e depois adicionada à mistura principal (PALMER, 2006).

São três as enzimas responsáveis pela sacarificação do mosto, ou seja, por converter o amido dos grãos em maltose e moléculas de tamanhos menores, que são a beta-amilase, alfa-amilase e limite-dextrinase. As Beta-amilases e as Alfa-amilases formam o grupo das enzimas diastásicas, que quebram o amido, que é uma longa cadeia de glicose. A beta quebra o amido de forma sistemática em açúcares menores fermentáveis (maltoses). Já a alfa quebra o amido de forma aleatória, gerando açúcares de tamanhos diferentes e que não são fermentáveis, em geral (dextrinas) (CERVEJA E MALTE, 2021). Há uma faixa de atuação ideal para cada enzima funcionar de maneira mais eficaz, mas trabalhar fora dessa faixa não significa que não tem atividade enzimática, somente que ela será realizada mais devagar (BODEN, 2012). Na Tabela 2, é possível observar a faixa de temperatura e pH ideal de cada enzima.

**Tabela 2** – Faixas de atividade enzimática ideal.

| <b>Enzima</b>            | <b>Temperatura ideal</b> | <b>Temperatura de desativação</b> | <b>pH ideal</b> |
|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------------|
| <b>Beta-Amilase</b>      | 60-65°C                  | >70°C                             | 5,1-5,3         |
| <b>Alfa-Amilase</b>      | 70-75°C                  | >75°C                             | 5,3             |
| <b>Limite-Dextrinase</b> | 55-62,5°C                | >65°C                             | 5,1             |

Fonte: Henrik Boden (2012).

Compreender esses parâmetros é importante pois é nesta etapa que as enzimas quebram as longas cadeias de carboidratos em moléculas menores, que posteriormente serão convertidos em álcool e CO<sub>2</sub>. Com essas informações, é possível encontrar a temperatura ideal

para a brassagem, de acordo com o estilo e características da cerveja. Caso seja feita apenas uma rampa de temperatura, por exemplo, esta deve estar na faixa de 66-69 °C, para que as enzimas beta e alfa amilase, que são as principais neste processo, possam trabalhar juntas, acelerando a conversão do amido. Se a temperatura se mantiver em 66 °C, o mosto será mais fermentável e a cerveja mais seca, com viscosidade semelhante à da água, dando uma sensação menos doce na boca. Caso seja mantido a 69 °C, a cerveja terá uma característica mais encorpada, onde se tem uma sensação mais cheia na boca e o líquido é mais viscoso e denso (BODEN, 2012).

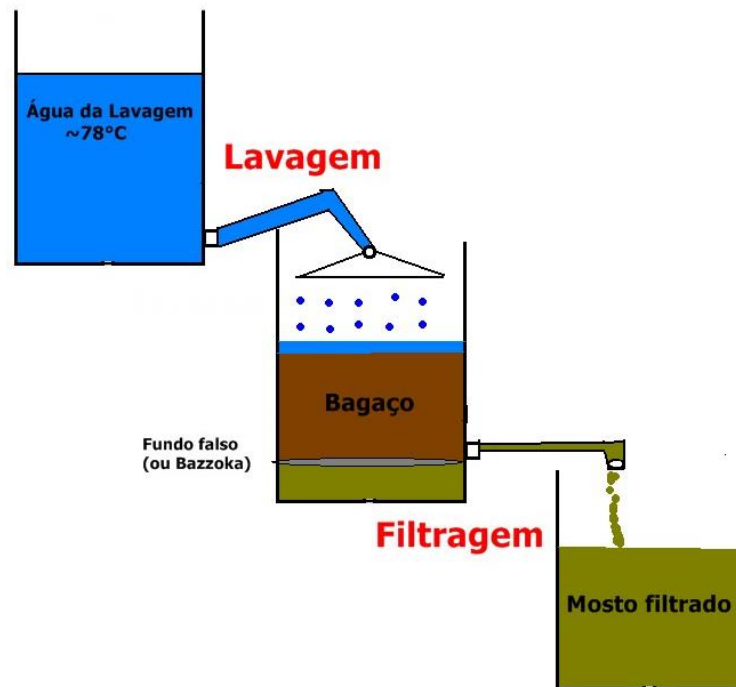
#### **2.4.4 Clarificação**

Simultaneamente à etapa de brassagem, se inicia a etapa de recirculação do mosto. As cascas dos grãos moídos atuam como elemento filtrante natural e assentam no fundo falso da panela. A recirculação é feita para manter a temperatura de todo o mosto homogênea. Repetidamente é retirado o mosto filtrado e recolocado na panela até se atingir um mosto mais livre de sedimentos com uma cor mais clara (CAMPOS, 2017).

Após o término da brassagem e antes do início da filtração e lavagem dos grãos, realiza-se o *mash out* do mosto para suspender a atividade enzimática. Esta etapa consiste em elevar a sua temperatura, para aproximadamente 76 °C que, de acordo com a Tabela 2, é a temperatura de desativação das principais enzimas (PALMER, 2006).

Segundo Campos (2017), a filtração em uma produção artesanal consiste na separação dos grãos e sedimentos do mosto clarificado. Em processos industriais, esta etapa envolve processos físico-químicos. Quando uma parte do mosto for transferido para a panela de fervura, inicia-se a lavagem dos grãos, como representado pela Figura 9.

Figura 9 – Clarificação.



Fonte: Henrik Boden (2009).

Cervejeiros caseiros do Brasil comumente utilizam o método de lavagem conhecido como *fly sparging*, que distribui a vazão da água sobre o mosto de forma homogênea por toda a superfície, evitando a criação de caminhos preferenciais, como ilustrado na Figura 8. É necessário que a temperatura da água esteja entre 75-79 °C, para garantir a eficiência da extração e evitar a liberação de substâncias que causam sabores desagradáveis no produto (CAMPOS, 2017).

#### 2.4.5 Fervura

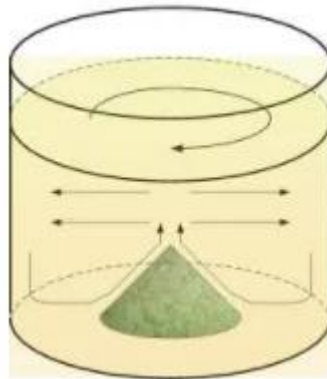
A última etapa da fase quente de produção da cerveja é a fervura, que basicamente ferve o mosto resultante da brassagem, agora rico em açúcares, por aproximadamente 90 a 120 minutos. Este estágio tem como objetivo a esterilização e concentração do mosto, uma vez que ele atingirá a temperatura em torno de 100 °C e boa parte da água será evaporada, consequentemente, ocasionando um aumento na densidade do mosto. Além disso, determinadas substâncias indesejadas são eliminadas pela evaporação e ocorre a ativação das características do lúpulo (BODEN, 2009).

De acordo com Palmer (2006), é nesta etapa que se adiciona os lúpulos que darão as características de aroma e sabor para a cerveja. Como mencionado anteriormente, lúpulos de

amargor são adicionados no início da fervura, enquanto lúpulos de aroma são adicionados no fim da fervura ou quando o calor é desligado. É comum utilizar um *hop bag*, ou cesto para lúpulo, nesta etapa, para precaver que os restos de lúpulo se tornem sedimentos na cerveja.

A fervura gera alguns aglomerados de proteínas e partículas indesejadas, conhecidas como *trub*, que podem provocar turbidez na cerveja. Uma maneira de evitar esse problema é realizando o *whirlpool* no fim da fervura, também conhecido como redemoinho. Ele pode ser feito de forma manual ou por uma bomba, e tem como objetivo realizar um movimento circular no mosto para que o *trub* decante no centro da panela, como visto na Figura 10 (CAMPOS, 2017).

Figura 10 – *Whirlpool*.



Fonte: Concerveja (2016).

#### 2.4.6 Resfriamento

Finalizando a fervura, é necessário esfriar o mosto rapidamente pois, à medida que perde temperatura, o mosto fica suscetível a danos por oxidação e contaminação. Desliga-se a fonte de calor da panela e se inicia a transferência do mosto para o tanque de fermentação. Nesta etapa se utiliza um trocador de calor, que pode ser um *chiller* de imersão, de contrafluxo ou de placas, para reduzir a temperatura da mistura. O mosto deve atingir a temperatura aproximada de 26°C, para posterior atuação da levedura (PALMER, 2006).

#### 2.4.7 Fermentação

A fermentação é quando de fato o mosto se transforma em cerveja. Nesta etapa, com a ação das leveduras, os açúcares se transformarão em álcool e CO<sub>2</sub>.

De acordo com (ROCHA, 2006), a fermentação se divide em três fases. Na primeira delas, chamada de *lag time*, acontece o crescimento das leveduras, que se adaptam ao mosto e

capturam o oxigênio e aminoácidos e dura de 2 a 12 horas. Em seguida, tem-se o crescimento exponencial, em que o fermento consome os açúcares disponíveis e produz álcool e CO<sub>2</sub>, sendo possível observar o borbulhamento do *airlock*. Essa fase tem duração média de 2 a 6 dias para *Ales*, e de 4 a 10 dias para *Lagers*. Por fim, tem-se a fase estacionária, em que as leveduras têm seu crescimento desacelerado e começam a sedimentar no fundo do fermentador.

#### **2.4.8 Maturação**

A maturação é responsável por consolidar os sabores e aromas da cerveja. É uma etapa complementar à fermentação. Após o fim da fermentação, que pode durar até 14 dias, reduz-se a temperatura da cerveja para que as leveduras decantem no fundo do recipiente, clarificando a bebida. Com a baixa temperatura e a ausência de nutrientes para o fermento, finaliza-se o processo de fermentação (CAMPOS, 2017).

Nesta etapa, também é possível adicionar lúpulos que darão mais aroma e sabor para a cerveja, técnica conhecida como *dry hopping* (PALMER, 2006).

#### **2.4.9 Carbonatação e Envase**

O *priming* é um preparo feito logo antes do envase e tem como objetivo induzir uma nova fermentação dentro da garrafa, para gerar CO<sub>2</sub> e carbonatar a cerveja. O processo consiste em adicionar açúcar fermentável, como açúcar cristal, refinado, mascavo, mel, entre outros, e pode ser feito adicionando o açúcar direto no fermentador ou em outro recipiente, ou preparando uma solução aquosa para adicionar nas garrafas de envase, que é o processo mais comum quando se fala de produção artesanal. (BODEN, 2009).

Por ser uma etapa fria e a última do processo produtivo, é imprescindível o cuidado com a sanitização de todos os equipamentos e acessórios que serão utilizados. Após o *priming*, a cerveja é envasada em garrafas e devem ser armazenadas ainda em temperatura controlada, para que a levedura consiga atuar e produzir o gás da cerveja. Esta etapa leva em torno de 30 dias, para posterior consumo da bebida (PALMER, 2006).

Outra forma de produzir o CO<sub>2</sub> é através da carbonatação forçada. Para isso, a cerveja deve ser envasada em um barril e um volume de CO<sub>2</sub> é injetado direta e artificialmente. É vantajoso pois como não há fermentação na garrafa, não produz resíduos e sedimentos, além de finalizar o processo rapidamente, podendo consumir em 2 dias. Por outro lado, é um processo mais caro e deve-se atentar para não colocar a cerveja em contato com oxigênio, podendo oxidar a bebida (SILVA, 2019).



## 2.5 Sistemas de produção de cerveja artesanal

Existem três principais sistemas de produção de cerveja artesanal, que se diferem nas etapas de brassagem e clarificação, e serão mais detalhados em seguida. Não existe um método melhor ou pior para se produzir, porém na Quadro 2 é possível fazer uma comparação geral dos sistemas, bem como observar as vantagens e desvantagens de cada um.

**Quadro 2** – Comparação dos Sistemas de Produção de Cerveja Artesanal.

| SISTEMA | VANTAGENS  | DESVANTAGENS   |
|---------|--|--|
| BIAB    | Baixo custo;<br>simplicidade de produção.  | Tamanho de lote pequeno;<br>baixa eficiência;<br>etapa manual. |
| RIMS    | Menos equipamentos se comparado ao HERMS;<br>recirculação do mosto.                | Aquecimento direto – mosto pode ser caramelizado.              |
| HERMS   | Aquecimento indireto – não causa caramelização do mosto;<br>recirculação do mosto. | Mais equipamentos.   |

Fonte: Smith (2009).

### 2.5.1 BIAB

O método mais simples de produção de cerveja artesanal é o BIAB (*Brew in a Bag*) que, em tradução livre, significa fazer cerveja em um saco. Sua simplicidade vem das características e quantidade de equipamentos necessários para a produção (VIEIRA, 2017). Nele, basicamente se utiliza um caldeirão com um filtro de tecido em seu interior, no geral ficam alocados os grãos de malte já moídos, como representado pela Figura 11.

Figura 11 – Sistema BIAB.



Fonte: Smith (2009).

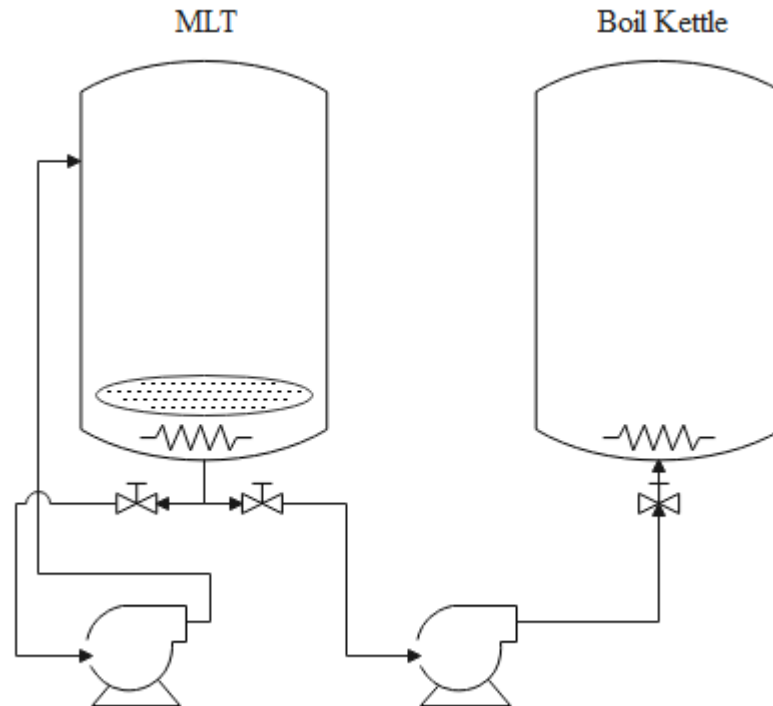
O conceito por trás da brassagem em um saco é produzir o mosto cervejeiro com o mínimo de equipamentos, configuração ou tempo extras. Apesar de ser menos eficiente que outros métodos, é possível compensar isso utilizando uma maior quantidade de grãos na mostura, o que causa um encarecimento na produção (SMITH, 2009).

Ainda de acordo com Smith (2009), esta produção é feita utilizando uma etapa única de infusão. A água é pré-aquecida no caldeirão até uma temperatura predeterminada, antes que se adicione os grãos. Neste caso, todo o volume de água pré-fervida é utilizado para a produção. Após atingir a temperatura necessária, adiciona-se os grãos dentro do saco para começar a mosturação. Após finalizada, o saco de grãos é removido de forma manual, ficando apenas o mosto no caldeirão, que irá para a etapa de fervura neste mesmo recipiente.

### 2.5.2 RIMS

A sigla RIMS vem do inglês *Recirculating Infusion Mash System*, que significa Sistema de Mistura com Recirculação por Infusão. Neste sistema, utiliza-se calor direto para aquecer o mosto na panela MLT, à medida que ele é recirculado, de baixo para cima, como exemplificado na Figura 12. A bomba deve funcionar de forma contínua, mantendo o mosto em recirculação em uma taxa constante para evitar queimá-lo. Porém, por estar em contato direto com a fonte de calor, que pode ser elétrica ou a gás, o mosto pode sofrer caramelização, prejudicando o processo produtivo (CONDE, 2017).

Figura 12 – RIMS.



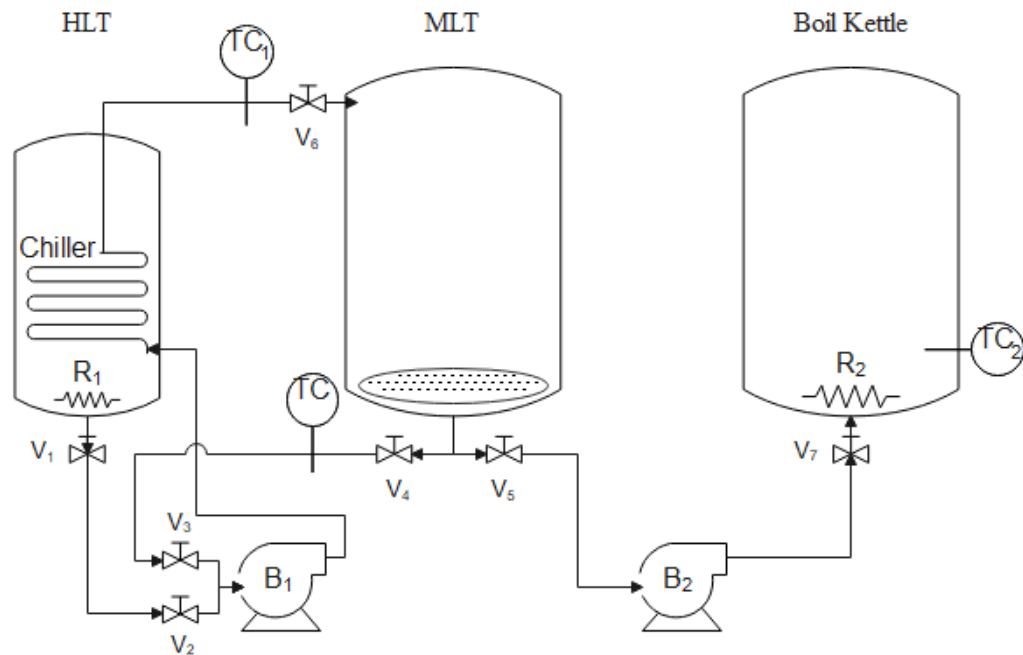
Fonte: Da autora (2021).

Ao se comparar os sistemas RIMS e HERMS com o BIAB, a principal diferença é a presença da bomba para recirculação do mosto. Após finalizada a etapa de mostura, em ambos os casos, o mosto é transferido para uma outra panela na qual será realizada a fervura, como ilustrado na Figura 11 (SMITH, 2018).

### 2.5.3 HERMS

O HERMS, sistema de produção de cerveja artesanal, é o mais comum entre os três. Sua sigla significa “*Heat Exchange Recirculation Mash System*”, ou seja, Sistema de Troca de Calor por Recirculação do Mosto. O sistema é composto por três panelas, e realiza a brassagem por meio de duas, como mostra a Figura 13. A primeira, HLT (*Hot Liquor Tank*), atua como reservatório de água e é aquecida, enquanto na segunda, MLT (*Mash/Lauter Tank*), tem-se o mosto cervejeiro. Este sistema consiste na recirculação constante do mostro, através de uma serpentina imersa na panela HLT, em que a temperatura é controlada durante toda a etapa de brassagem (CAMPOS, 2017).

Figura 13 – HERMS.



Fonte: Da autora (2021)

Os elementos que compõem a Figura 12 são:

- HLT (*Hot Liquor Tank*): Painel de água quente com serpentina e controlador de temperatura;
- *Chiller*: Trocador de calor tipo serpentina;
- MLT (*Mash/Lauter Tank*): Painel de mostura (ou brassagem) e filtração com fundo falso;
- *Boil Kettle*: Painel de fervura com controlador de temperatura;
- TC: Controlador de temperatura;
- B<sub>1-2</sub>: Bombas;
- R<sub>1-2</sub>: Resistências elétricas;
- V<sub>1-2-3-4-5-6-7</sub>: Válvulas esfera.

## 2.6 Softwares cervejeiros

*Softwares* cervejeiros são programas computacionais de apoio para produção de cerveja. Esses sistemas reúnem informações que orientam no processo produtivo. Neles, é

possível criar receitas, a partir do estilo previamente selecionado, além de encontrar receitas feitas por outros cervejeiros. Além disso, com base nas informações adquiridas, são calculados diferentes parâmetros, como cor e IBU, o que permite estimar o amargor, densidade e teor alcoólico da cerveja (CENTRAL BREW, 2020).

Existem inúmeros *softwares* disponíveis para *download*. O *Breweria* é um exemplo brasileiro, lançado em 2020, dedicado aos cervejeiros iniciantes e intermediários, com planos de assinatura anual por R\$ 75,00 ou mensal, por R\$ 7,50 (BEER ART, 2020). O *BeerTools Pro* versão 2.0 é um pacote de *software* avançado para formular, preparar e gerenciar receitas de cerveja e sua assinatura é aproximadamente R\$ 137,00/ano (BEERTOOL, 2021). Outro exemplo é o *BeerSmith*, *software* mais utilizado no mundo pelos cervejeiros artesanais. Nele, é possível formular receitas e acompanhar todo o processo durante a brassagem e fermentação. Além disso, pode-se determinar a eficiência do equipamento e identificar quais etapas devem ser aprimoradas para aumentar o rendimento do processo. Sua versão mais atual, a 3.0, possui assinaturas que variam de R\$ 82,50/ano até R\$ 275,00/ano, sendo este último pacote o recomendado para uso comercial (BEERSMITH, 2021).

Além desses, existem alguns exemplos gratuitos, como o *Brewtarget*, que também permite a criação de receitas, além de calcular a cor, amargor e outros parâmetros da cerveja. Ele também possibilita a importação de receitas no formato BeerXML, que podem ser compartilhadas com outros programas, como o *BeerSmith* (BREWTARGET, 2014).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Montagem do módulo de produção

O sistema escolhido para construção e implementação foi o HERMS. Apesar de ele possuir maior quantidade de equipamentos do que os outros sistemas, o aquecimento indireto se torna uma opção mais segura e assertiva para iniciantes na produção de cerveja artesanal, uma vez que a caramelização do mosto, ocasionada pelo aquecimento direto, pode se tornar uma dificuldade durante o processo produtivo.

Para a construção do módulo de produção de cerveja artesanal, com capacidade de 20 L, foram utilizados os equipamentos e acessórios conforme Tabela 3. A maior parte das compras dos itens foi feita de forma on-line, em sites cervejeiros como WE Consultoria, Inversa e Cerveja da Casa, e também no Mercado Livre. Já outros acessórios, como peças de conexão e geladeira, foram adquiridos por fornecedores locais.

**Tabela 3** – Equipamentos e acessórios utilizados e seus custos\*.

| <b>Equipamento</b>             | <b>Quantidade</b> | <b>Valor Unitário</b> | <b>Valor Total</b> |
|--------------------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|
| <i>Airlock</i>                 | 02                | R\$ 10,23             | R\$ 20,46          |
| <b>Arruela lisa</b>            | 12                | R\$ 2,00              | R\$ 24,00          |
| <b>Bomba Magnética</b>         | 02                | R\$ 265,00            | R\$ 530,00         |
| <b>Tanques de Fermentação</b>  | 02                | R\$ 40,00             | R\$ 80,00          |
| <b>Chiller 30 placas</b>       | 01                | R\$ 349,00            | R\$ 349,00         |
| <b>Chiller Serpetina</b>       | 01                | R\$ 108,00            | R\$ 108,00         |
| <b>Controlador de Temp.</b>    | 02                | R\$ 80,00             | R\$ 160,00         |
| <b>Cotovelo 90° ½’’</b>        | 04                | R\$ 7,00              | R\$ 28,00          |
| <b>Acessórios Elétricos</b>    | 01                | R\$ 156,00            | R\$ 156,00         |
| <b>Espigão ½’’</b>             | 09                | R\$ 10,00             | R\$ 90,00          |
| <b>Geladeira</b>               | 01                | R\$ 250,00            | R\$ 250,00         |
| <b>Hop Bag</b>                 | 01                | R\$ 139,00            | R\$ 139,00         |
| <b>Iodo 2%</b>                 | 01                | R\$ 6,50              | R\$ 6,50           |
| <b>Luva ½’’</b>                | 04                | R\$ 5,00              | R\$ 20,00          |
| <b>Mangueira atóxica ½’’</b>   | 06                | R\$ 15,75             | R\$ 94,50          |
| <b>Mangueira atóxica 3/8’’</b> | 01                | R\$ 12,66             | R\$ 12,66          |
| <b>Mangueira TC água</b>       | 01                | R\$ 26,90             | R\$ 26,90          |

| <b>Equipamento</b>   | <b>Quantidade</b> | <b>Valor Unitário</b> | <b>Valor Total</b> |
|--|-------------------|-----------------------|--------------------|
| <b>Moedor malte</b>  | 01                | R\$ 299,00            | R\$ 299,00         |
| <b>Niple ½”</b>  | 08                | R\$ 6,00              | R\$ 48,00          |
| <b>Panela inox 32 L c/ válvula</b>                             | 01                | R\$ 380,00            | R\$ 380,00         |
| <b>Panela inox 48 L c/ válvula,<br/>fundo falso e chuveiro</b> | 01                | R\$ 745,00            | R\$ 745,00         |
| <b>Panela inox 48 L c/ válvula</b>                             | 01                | R\$ 460,00            | R\$ 460,00         |
| <b>Placa teste iodo</b>  | 01                | R\$ 26,50             | R\$ 26,50          |
| <b>Poço termométrico</b>                                       | 03                | R\$ 42,28             | R\$ 126,84         |
| <b>Redutor sedimento</b>                                       | 02                | R\$ 2,88              | R\$ 5,76           |
| <b>Refratômetro</b>  | 01                | R\$ 110,00            | R\$ 110,00         |
| <b>Resistência 3000 W</b>                                      | 01                | R\$ 144,90            | R\$ 144,90         |
| <b>Resistência 5000 W</b>                                      | 01                | R\$ 178,40            | R\$ 178,40         |
| <b>Rolha p/ <i>airlock</i></b>                                 | 02                | R\$ 8,28              | R\$ 16,56          |
| <b>Tampador garrafa</b>  | 01                | R\$ 89,90             | R\$ 89,90          |
| <b>Tampas p/ garrafa</b>                                       | 01                | R\$ 10,00             | R\$ 10,00          |
| <b>Tee reto ½”</b>   | 04                | R\$ 10,00             | R\$ 40,00          |
| <b>Torneira plástica ¾”</b>                                    | 02                | R\$ 18,13             | R\$ 36,26          |
| <b>Válvula esfera ½”</b>                                       | 05                | R\$ 45,00             | R\$ 225,00         |
| <b>Válvula tripartida ½”</b>                                   | 01                | R\$ 70,00             | R\$ 70,00          |
| <b>Fretes</b>  | 01                | R\$ 194,67            | R\$ 194,67         |
| <b>TOTAL</b>   |                   |                       | R\$ 5.301,81       |

Fonte: Da autora (2020).

\*Valores gastos nos anos 2019/2020.

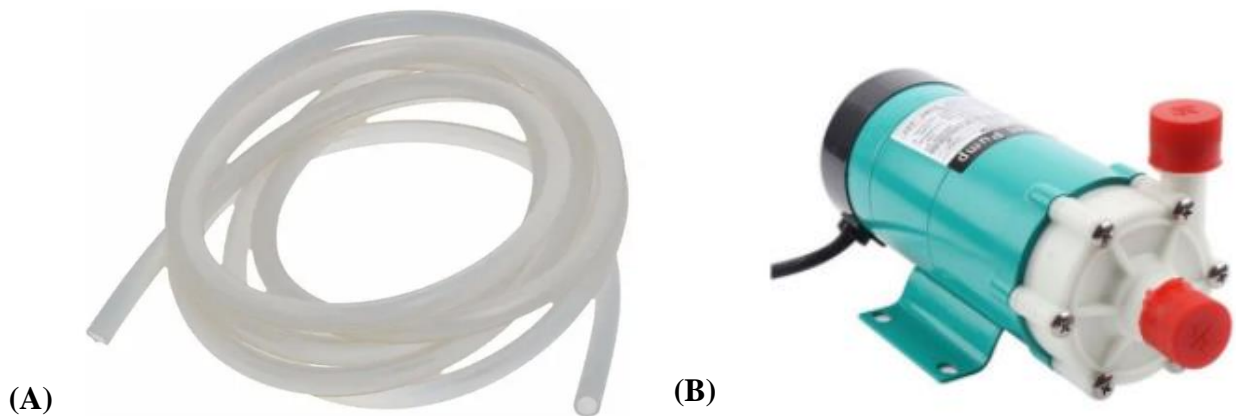
As painelas de inox de 32 L com válvula (HLT), 48 L com válvula, fundo falso e chuveiro (MLT) e 48 L com válvula, (*Boil Kettle*) podem ser observadas nas Figuras 14 A, B e C, respectivamente. Além disso, pode-se visualizar a mangueira utilizada na Figura 15 A e bomba na Figura 15 B.

Figura 14 – Panelas inox (A) HLT, (B) MLT e (C) *Boil Kettle*.



Fonte: Cerveja da Casa (2020).

Figura 15 – (A) Mangueira atóxica e (B) bomba.



Fonte: Mercado Livre (2020).

Na etapa fria do processo, utiliza-se um fermentador implementado com o *airlock*, torneira com redutor de sedimento e poço termométrico, dentro de uma geladeira.

Além dos equipamentos e acessórios representados nas Figuras 14 e 15, utilizou-se também um moedor de malte (Figura 16); resistências elétricas inseridas nas panelas HLT e Boil Kettle (Figura 17), para aquecimento da água e fervura do mosto, respectivamente; *chiller* serpentina (Figura 18 A) e de placas (Figura 18 B), para aquecimento do mosto na brassagem e resfriamento do mosto para fermentação, respectivamente; placa para teste de iodo (Figura 19 A), Iodo 2% (Figura 19 B) e refratômetro (Figura 19 C), utilizados na etapa de brassagem para avaliar o processo de sacarificação, além de aferir os valores de densidade e grau brix do mosto;



um *Hop Bag* (Figura 20), para adição do lúpulo na etapa de fervura e tampador e tampas (Figura 21) para as garrafas.

Figura 16 – Moedor de Malte – Moinho 02 Rolos Mini.



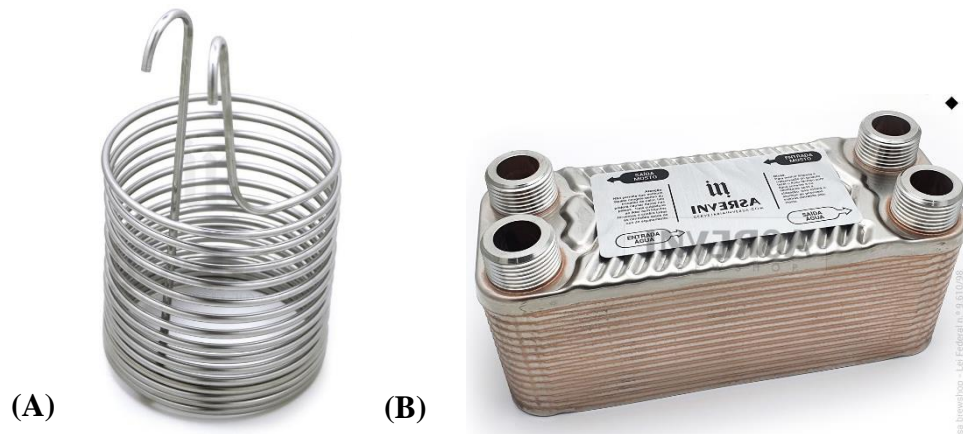
Fonte: Cerveja da Casa (2021)

Figura 17 – Resistência elétrica.



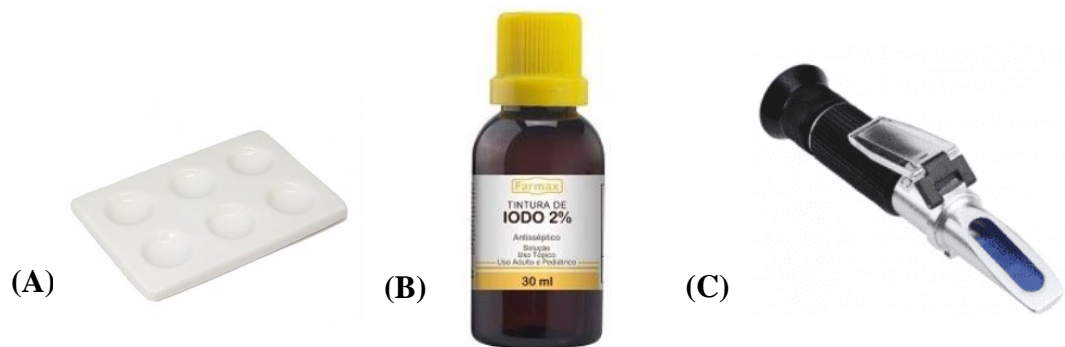
Fonte: Mercado Livre (2021)

Figura 18 – Trocadores de calor (A) serpentina e (B) 30 placas.



Fonte: Inversa (2021)

Figura 19 – Auxiliares brassagem (A) placa para teste de Iodo, (B) Iodo 2% e (C) refratômetro.



Fonte: Lamas Brew Shop (2021)

Figura 20 – Hop Bag.



Fonte: Mercado Livre (2021)

Figura 21 – Tampador e tampas para garrafas.



Fonte: Cerveja da Casa (2021)

### 3.2 Produção da cerveja

O estilo de cerveja produzido no presente trabalho foi o Blonde Ale. A receita completa, feita no *software BeerSmith*, pode ser vista no Anexo A. Para a produção de 20 litros de cerveja, utilizou-se os insumos descritos na Tabela 4.

**Tabela 4** – Matérias primas utilizadas.

| Insumo                      | Quantidade |
|-----------------------------|------------|
| Malte Pilsner               | 5,00 kg    |
| Malte Caramunich            | 0,150 kg   |
| Aveia em Flocos             | 0,250 kg   |
| Lúpulo Hallertau Magnum     | 12,5 g     |
| Lúpulo Columbus             | 10 g       |
| Lúpulo Cascade              | 14 g       |
| Levedura SafAle English Ale | 1,5 pacote |
| Sanitizante PAC 200         | 10 g       |

Fonte: *BeerSmith* (2020)

A primeira etapa para produção de cerveja artesanal é a sanitização, fundamental para um bom resultado, livre de contaminações. Para isso, montou-se todo o equipamento, conforme Figura 14. O sanitizante PAC 200 é sólido e, por isso, é necessário diluí-lo. Para isso, colocou-se 10 L de água na panela HLT e ligou-se a resistência elétrica. Adicionou-se 10g do sanitizante e a água foi aquecida até aproximadamente 60°C, para sua completa dissolução, como pode ser

observado na Figura 22. Após diluído, desligou-se a resistência. A solução ficou em contato com todas as panelas, mangueiras, trocadores de calor e fermentador durante 15 minutos.

Figura 22 – Diluição PAC 200.



Fonte: Da autora (2020)

A moagem dos grãos foi feita com o auxílio de um moinho com 02 rolos. Homogeneizou-se os dois tipos de malte e a aveia, que foram passados uma vez pelo moinho, conforme Figura 23.

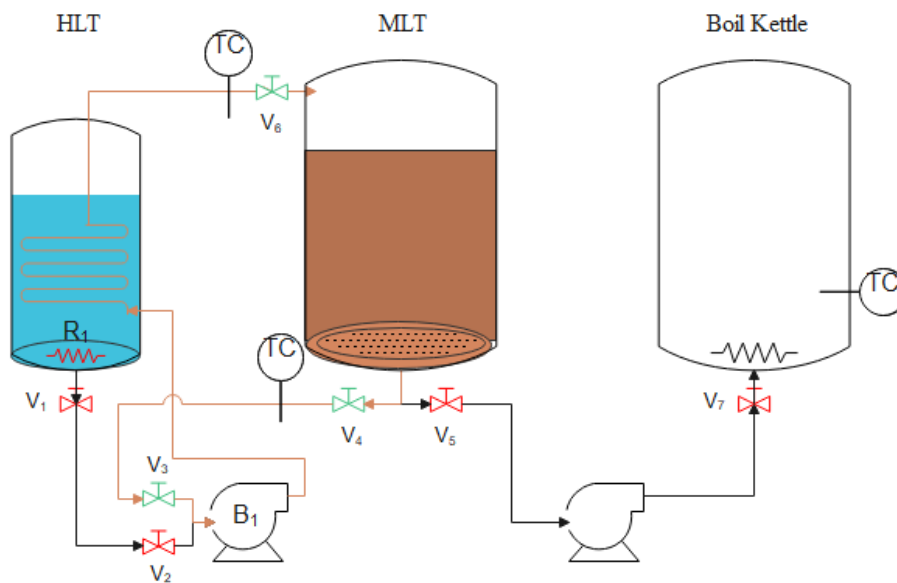
Figura 23 – Moagem dos grãos.



Fonte: Da autora (2020)

Após a sanitização dos equipamentos e moagem dos grãos, é possível iniciar a brassagem, observada na Figura 24. Colocou-se 30,5 L de água na panela HLT e a resistência foi ligada com *set point* de 71,0 °C, temperatura mais elevada para ativação das enzimas e, além disso, para que a mistura chegue na temperatura ideal de 66°C quando os grãos, à temperatura ambiente, são inseridos na água. Adicionou-se 17,54 L de água na panela MLT e iniciou a recirculação. Após atingida a temperatura de 71,0 °C, adicionou-se o malte moído na panela MLT e ajustou-se o *set point* para 66 °C. A recirculação do mosto, representada pela coloração marrom na Figura 24, se manteve até o fim da brassagem. O malte foi agitado manualmente em alguns momentos para melhor extração. Durante esta etapa, a densidade e o grau brix do mosto foram medidos a cada 15 minutos, além disso, realizou-se também o teste de Iodo. Esta etapa tem duração aproximada de 60 minutos.

Figura 24 – Brassagem.



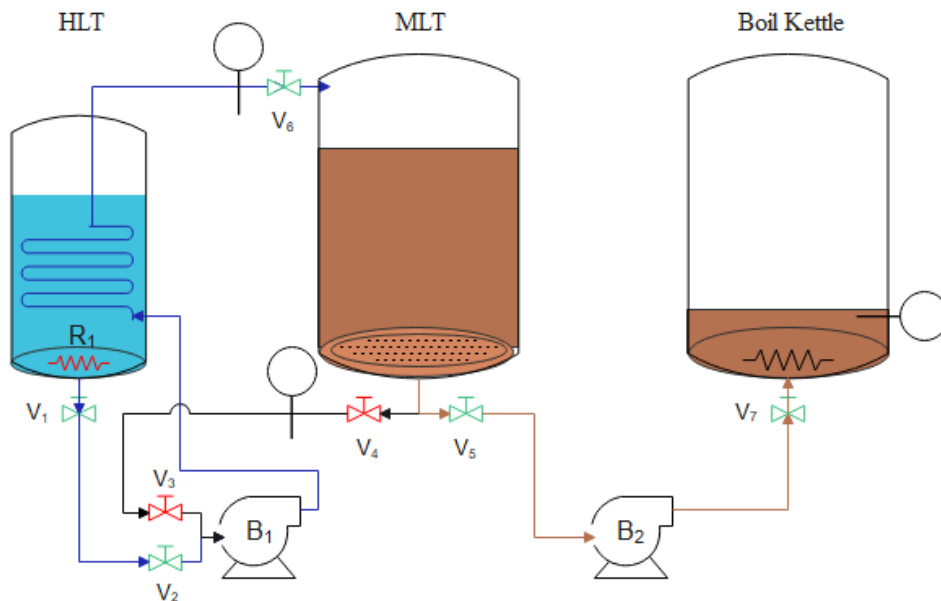
Fonte: Da autora (2021)

Finalizada a etapa de brassagem, realizou-se o *mash out*. Para isso, a temperatura de *set point* foi ajustada para 75°C e deixou-se nessa temperatura por 10 minutos. Como visto na Tabela 3, esta temperatura é capaz de inativar todas as enzimas. Ao final da etapa, mediu-se a densidade e o grau brix do mosto.

Concluída a etapa anterior, a bomba 2 (dois) foi acionada e o mosto foi transferido da panela MLT para a Boil Kettle. A vazão deve ser baixa o suficiente para não ocorrer a formação de espuma. Quando boa parte do líquido foi transferido para a panela três, iniciou-se a lavagem

dos grãos. A bomba 1 (um) foi ligada e água da panela HLT (aproximadamente a 75 °C) foi transferida para a panela MLT, processo de transferência representado pela coloração azul, enquanto o mosto era transferido da panela MLT para a Boil Kettle, identificado pela coloração marrom, como ilustrado na Figura 25. A lavagem foi realizada até que a panela Boil Kettle atingisse o volume de 37,17 L. Antes de iniciar a fervura, mediu-se a densidade e o teor de açúcar do mosto.

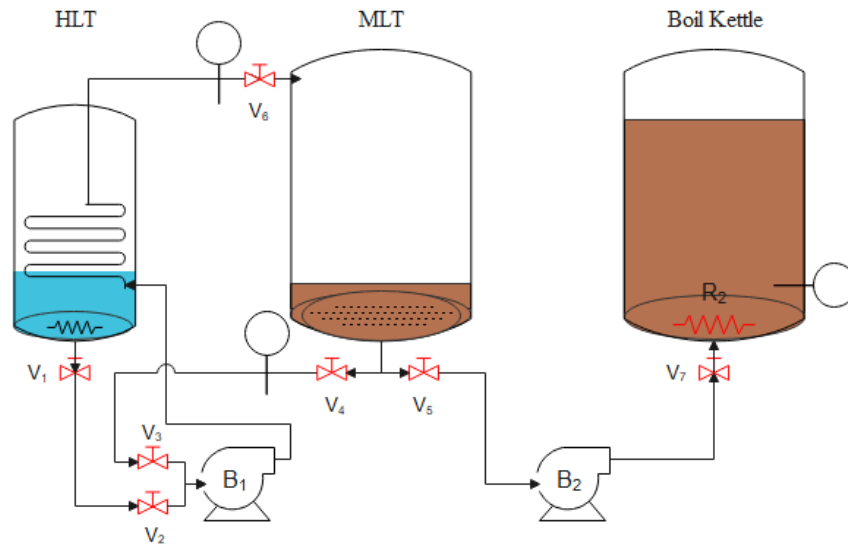
Figura 25 – Lavagem.



Fonte: Da autora (2021)

Para realizar a fervura, ligou-se a resistência 2 com *set point* em 100 °C, conforme visto na Figura 26. Assim que a fervura foi estabelecida, adicionou-se o lúpulo Hallertau Magnum, de amargor, e, após 50 minutos de fervura, faltando 10 minutos para desligar a resistência, adicionou-se 10g do lúpulo Columbus, responsável pelo sabor e aroma da cerveja. Após o fim da fervura, mediu-se novamente a densidade e o teor de açúcar. Com o auxílio de uma colher, realizou-se o *whirlpool* (sentido anti-horário) e esperou-se até que o mosto atingisse a temperatura de 85°C.

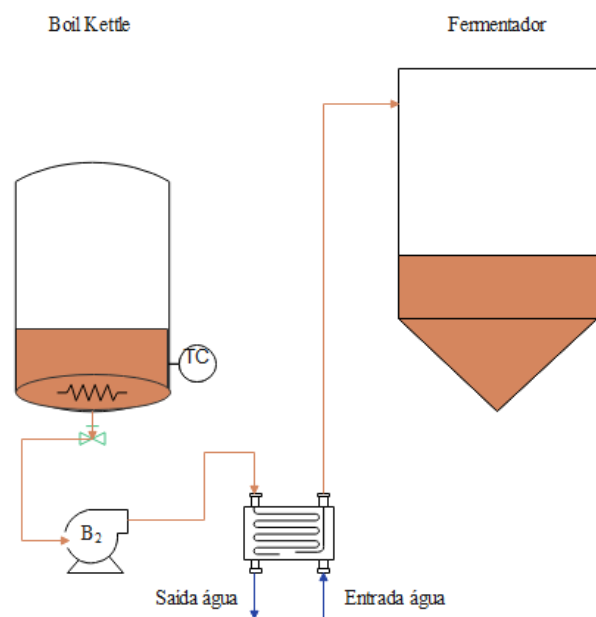
Figura 26 – Fervura.



Fonte: Da autora (2021)

Para o resfriamento do mosto, utilizou-se o trocador de 30 placas. No trocador de calor utilizou-se água como fluido refrigerante à uma temperatura de 25°C que estava conectado por uma mangueira com a torneira do laboratório, observado na Figura 27. O mosto foi transferido para o fermentador, pela bomba 2 (dois), com baixa vazão, e foi resfriado até uma temperatura de aproximadamente 26 °C.

Figura 27 – Fermentação.



Fonte: Da autora (2021)

Para a hidratação da levedura, água filtrada foi aquecida no Erlenmeyer no micro-ondas até a fervura e, em seguida, aguardou-se que ela chegasse à temperatura abaixo de 38°C (foi deixada em banho maria). Após atingida a temperatura recomendada, os pacotes de levedura foram divididos em dois Erlenmeyer e aguardou-se até a hidratação completa das leveduras. As leveduras foram introduzidas no fermentador, que foi levado para a geladeira a uma temperatura de 19,2 °C. Durante a etapa de fermentação e maturação, mediu-se a densidade e grau brix de amostras da bebida produzida.

Para produção de CO<sub>2</sub> nas garrafas da cerveja foi realizado o *priming*. Foram fervidos em um béquer 400 mL de água filtrada, sendo que antes da fervura foi adicionado um volume a mais considerando a evaporação. Pesou-se 400 g de açúcar cristal e ele foi dissolvido na água fervida, obtendo-se uma proporção 1:1 (m:m). A solução foi resfriada à temperatura ambiente enquanto as garrafas, as tampas metálicas e todos os outros instrumentos eram sanitizadas com álcool 70%. O envase ocorreu em garrafas de 600 mL, adicionando-se 5 mL da solução de açúcar em cada antes da inserção do líquido.

No início da carbonatação as garrafas foram armazenadas na geladeira a uma temperatura aproximadamente de 18 °C. Após 5 dias as garrafas foram retiradas da geladeira e armazenadas em um armário, evitando-se a interferência da luz.

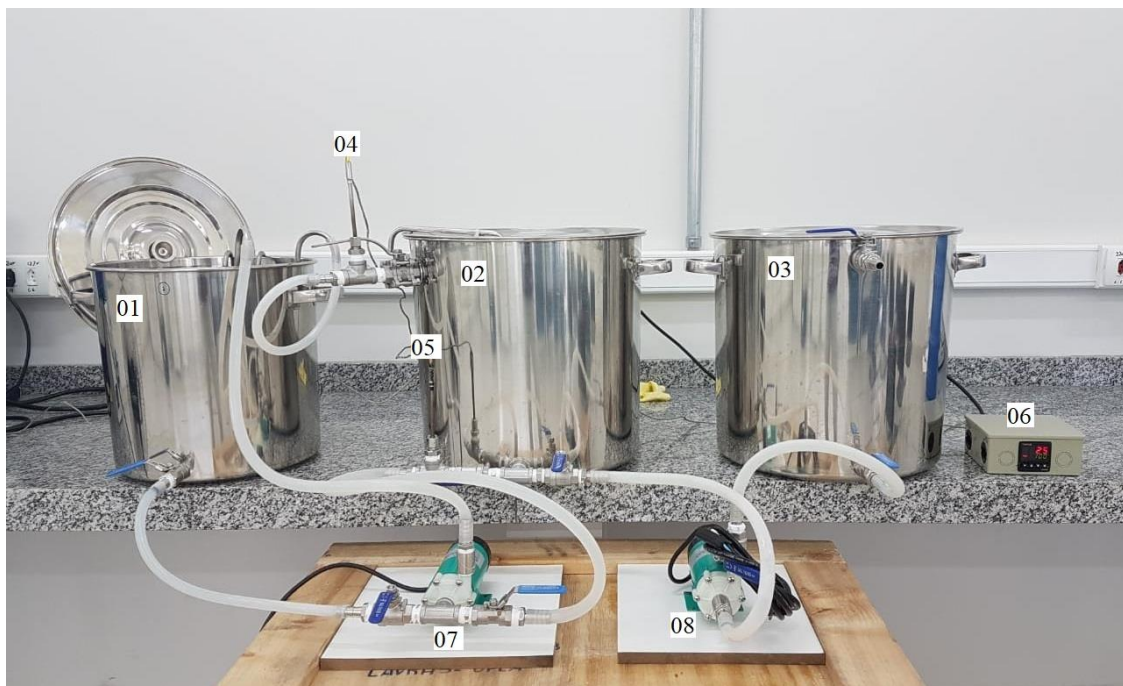


## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Módulo de Produção

Na Figura 28, pode-se observar a unidade experimental construída para a etapa quente do processo. A unidade experimental é composta por: (01) Panela HLT com serpentina e resistência; (02) Panela MLT com fundo falso; (03) Panela Boil Kettle com resistência; (04), (05) e (06) Poços termométricos e termostato; (07) e (08) Bombas.

Figura 28 – Unidade experimental.



Fonte: Da autora (2020)

O valor total para construção do módulo foi de R\$ 5.301,81, o que pode variar de acordo com a capacidade de produção, local de compra dos equipamentos e ano de aquisição.

Na Figura 29 é possível ver onde ocorre a fermentação, etapa fria do processo de produção. O processo de fermentação é composto por: (01) Geladeira; (02) e (03) Fermentadores para fermentação; (04) e (05) *airlocks*; (06) e (07) Torneiras com redutor de sedimentação; (08) Poço termométrico.

Figura 29 – Etapa fria: fermentação



Fonte: Da autora (2020)

Como os equipamentos e acessórios foram comprados de forma independente, após receber todas as compras realizou-se a montagem do módulo. A panela de 32 L é a HLT, utilizada para aquecimento indireto do mosto. A de 48 L com válvula e fundo falso, é a MLT, utilizada para a etapa de brassagem e, a outra de 48 L, é a Boil Kettle, onde ocorre a fervura do mosto. As válvulas, tês, conexões e mangueiras foram instalados nas panelas para que fosse possível todo o fluxo de fluido, conforme fluxogramas apresentados anteriormente.

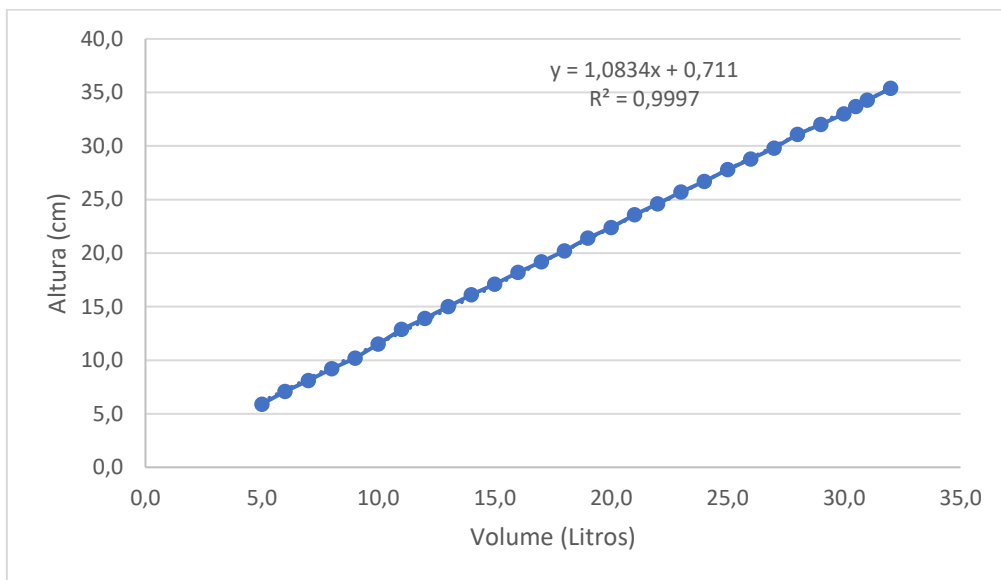
A abertura das válvulas e acionamento das bombas se deram de forma manual, sendo que toda a vazão foi controlada pelo diâmetro de abertura das válvulas. Já os termostatos eram integrados com módulos relé, ou seja, o controle de temperatura foi feito de forma automática, sendo necessário apenas indicar o *set point* de cada etapa. Durante a brassagem do mosto, o *set point* era controlado pelo poço termométrico 04 (Figura 28) e, ao atingir esta temperatura, a resistência 01 era automaticamente desligada, sendo religada caso houvesse uma queda de temperatura. Na fervura, colocou-se outro poço termométrico na panela Boil Kettle e sua

temperatura e *set point* eram indicados pelo termostato 06 (Figura 28). O processo de liga/desliga da resistência 02 se deu da mesma forma.

#### 4.1.1 - Calibrações

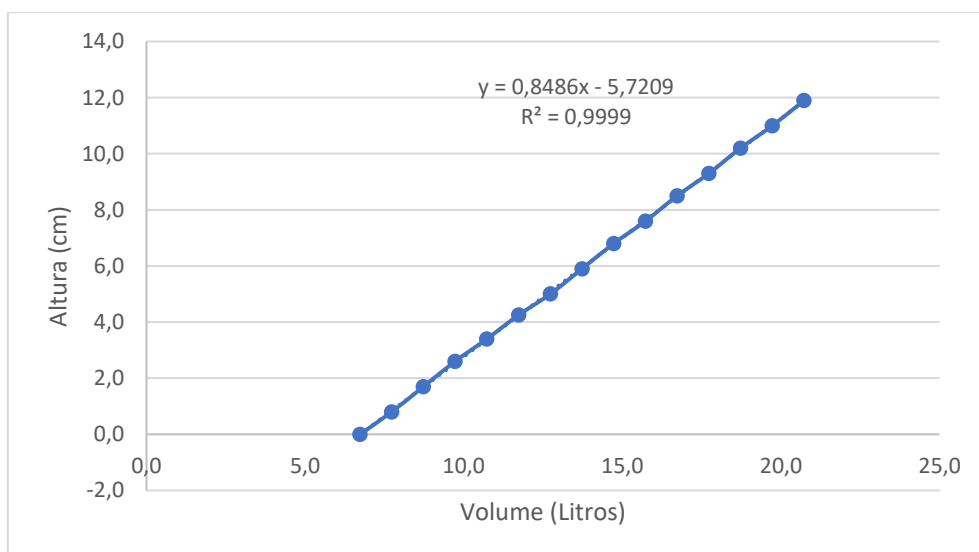
Após a construção do módulo, fez-se as calibrações das panelas e calculou-se o volume morto nas panelas e tubulações. Nas Figuras 30, 31 e 32 é possível observar as curvas de calibração das panelas HLT, MLT e Boil Kettle, respectivamente.

Figura 30 – Calibração panela HLT.



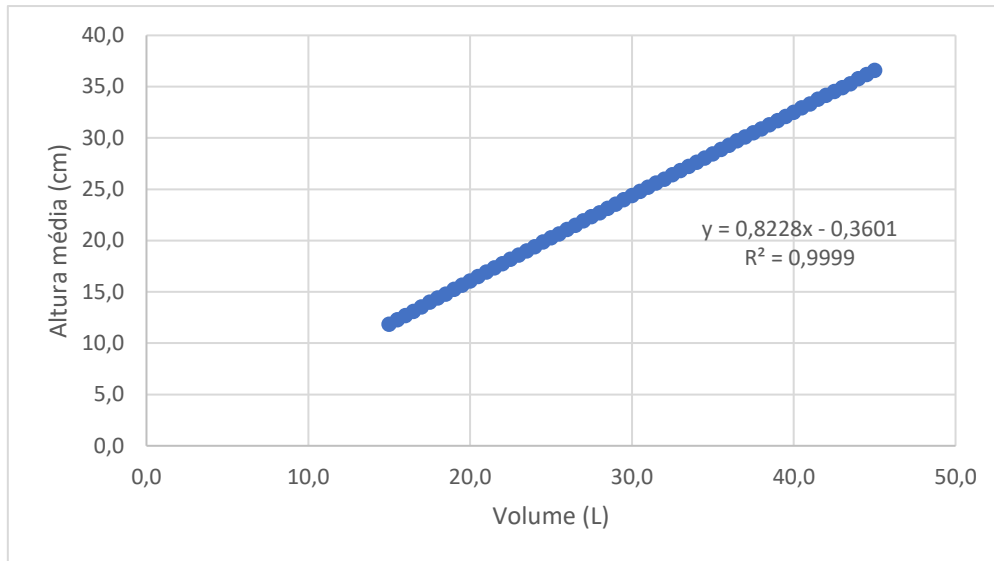
Fonte: Da autora (2020)

Figura 31 – Calibração panela MLT.



Fonte: Da autora (2020)

Figura 32 – Calibração panela Boil Kettle.



Fonte: Da autora (2020)

Com as calibrações feitas é possível otimizar as produções utilizando uma régua de inox para controle de volume de cada recipiente. Como não há marcações nas painéis, o volume de cada etapa foi aferido através da altura do líquido.

O volume morto de cada equipamento pode ser visto na Tabela 5. Considerando uma batelada, tem-se aproximadamente 12,3 L perdidos nas tubulações e equipamentos.

**Tabela 5 – Volume morto.**

| <b>Equipamento</b>        | <b>Volume morto (L)</b> |
|---------------------------|-------------------------|
| <b>Panela HLT</b>         | 2,15 ± 0,02             |
| <b>Panela MLT</b>         | 3,27 ± 0,04             |
| <b>Panela Boil Kettle</b> | 3,39 ± 0,11             |
| <b>TC + Mangueras</b>     | 0,5                     |
| <b>Fundo Falso</b>        | 6,725 ± 0,03            |
| <b>Fermentador 01</b>     | 3,09                    |
| <b>Fermentador 02</b>     | 2,89                    |

Fonte: Da autora (2020)

Para criação da receita no *BeerSmith*, fez-se o cadastro e configuração dos equipamentos no *software*, para que a receita fosse feita com os parâmetros reais. Após finalizada a primeira

produção, é possível inserir os dados obtidos, como volume total produzido e densidade final da cerveja, para que o *software* faça o cálculo da eficiência do equipamento.

Ao colocar os valores encontrados na produção, concluiu-se que o equipamento tem eficiência aproximada de 56%. A eficiência é baseada no volume final de cerveja produzida e sua FG. Para aumentar a eficiência do processo, pode-se fazer um estudo mais aprofundado acerca da moagem dos grãos, a fim de se encontrar a granulometria ideal para melhor extração durante a brassagem e buscar técnicas que diminuam o volume morto total do processo, para aumentar o volume total produzido.

#### 4.2 Produção Blonde Ale

A produção da cerveja Blonde Ale durou aproximadamente 8 (oito) horas. Para sanitização completa de todo módulo produtivo, gastou-se aproximadamente 2 (duas) horas. Para que a solução tivesse contato com todo o equipamento, utilizou-se as mangueiras para maior contato da água com as superfícies mais altas das panelas, conforme Figura 33. O tempo de contato da superfície com o sanitizante foi de aproximadamente 15 minutos.

Figura 33 – Sanitização módulo de produção.



Fonte: Da autora (2020)

Finalizada a sanitização, fez-se a adição de água nas panelas HLT e MLT, conforme receita e, enquanto a água era aquecida até a temperatura de 71 °C, realizou-se a moagem dos grãos. Assim que a água atingiu a temperatura desejada, adicionou-se os maltes moídos na segunda panela, para início da brassagem. A bomba 01 foi acionada para recirculação do mosto

e, para melhores resultados na extração do malte, mexeu-se os grãos de forma manual, conforme Figura 34.

Figura 34 – Brassagem.



Fonte: Da autora (2020)

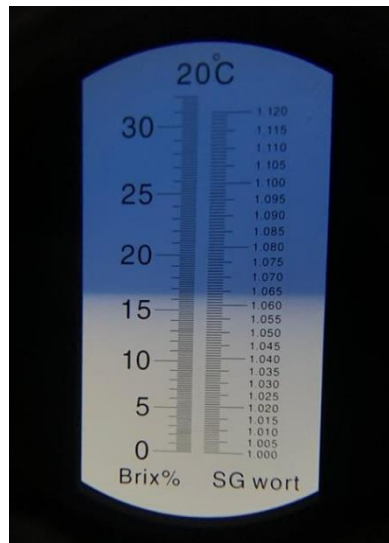
A etapa de brassagem consiste em converter os amidos do malte em açúcares fermentáveis, processo também conhecido como sacarificação. Durante este processo, a densidade do mosto e seu teor de açúcar aumentam. Com o auxílio do refratômetro, mediu-se esses valores a cada 15 minutos de brassagem e os resultados são encontrados na Tabela 6. Na Figura 35 é possível observar como os valores são aferidos no retratômetro.

**Tabela 6** - Densidade e teor de açúcar do mosto.

| Tempo (min) | Densidade (g/cm <sup>3</sup> ) | Brix (°Bx) |
|-------------|--------------------------------|------------|
| 15          | 1,029                          | 7,5        |
| 30          | 1,052                          | 13,5       |
| 45          | 1,058                          | 15,0       |
| 60          | 1,064                          | 16,5       |

Fonte: Da autora (2020)

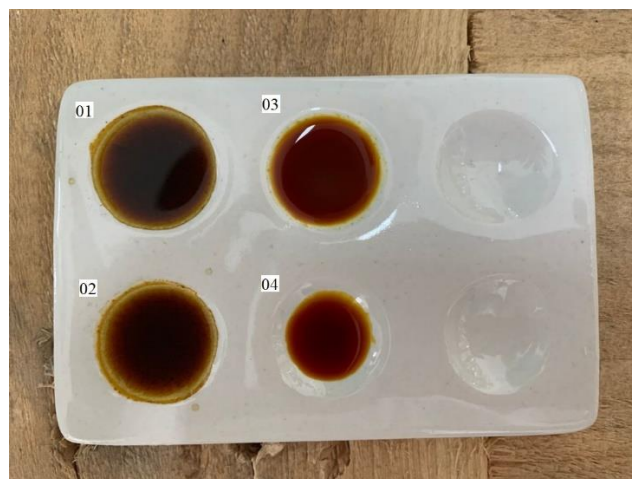
Figura 35 – Valores refratômetro 60 minutos de brassagem.



Fonte: Da autora (2020)

Após 60 minutos de brassagem, para confirmar que todo o amido foi convertido em açúcares, realiza-se o teste de iodo. Na placa de teste, é colocado algumas gotas de iodo 2% e, em seguida, adiciona-se uma pequena amostra do mosto. A coloração do iodo sozinho, com tonalidade alaranjada, pode ser observado na cavidade 04 da Figura 36. Quando em contato com o iodo, o amido sofre reações de complexação, modificando a coloração da solução, para tonalidades mais escuras, como observado na cavidades 01 e 02 da Figura 36. Uma vez que a sacarificação é concluída e já não há mais amido no mosto cervejeiro, ao colocá-lo em contato com o iodo, não ocorre nenhuma reação e sua coloração se mantém, como visto na cavidade 03.

Figura 36 – Teste de Iodo.



Fonte: Da autora (2020)

Após o fim da brassagem, realizou-se o *mash out* por 10 minutos e, em seguida, encontrou-se os valores de 1,066 g/cm<sup>3</sup> e 17 °Brix. Em seguida, iniciou-se a transferência do mosto para a panela Boil Kettle e a lavagem dos grãos, como visto na Figura 37.

Figura 37 – Transferência de mosto e lavagem.



Fonte: Da autora (2020)

Ligou-se a resistência para dar início à fervura e foi medida a densidade e o teor de açúcar do mosto, com valores de 1,034 g/cm<sup>3</sup> e 9 °Brix, respectivamente. Nesta etapa foram adicionados os lúpulos Hallertau Magnum, de amargor, e Columbus, de aroma e sabor. A fervura durou 60 minutos, conforme Figura 38 e, após finalizada, mediu-se novamente a densidade e o teor de açúcar, com valores de 1,043 g/cm<sup>3</sup> e 11°brix.



Figura 38 – Fervura.



Fonte: Da autora (2020)

Com o auxílio de uma colher, realizou-se o *whirlpool*, como pode ser visto na Figura 39. Quando o mosto atingiu a temperatura de 85 °C, iniciou-se o processo de resfriamento e transferência do mosto para a fermentador, para a etapa de fermentação, conforme Figura 40.

Figura 39 – *Whirlpool*.

Fonte: Da autora (2020)

Figura 40 – Resfriamento e fermentação.



Fonte: Da autora (2020)

Após a transferência de todo o mosto para o fermentador, ele foi acondicionado na geladeira. Como representado na Figura 38, um poço termométrico foi instalado para controle da temperatura durante a fermentação. Colocou-se o set point de 18°C e mediu-se a densidade e grau brix do líquido durante a fermentação, como representado na Tabela 7.

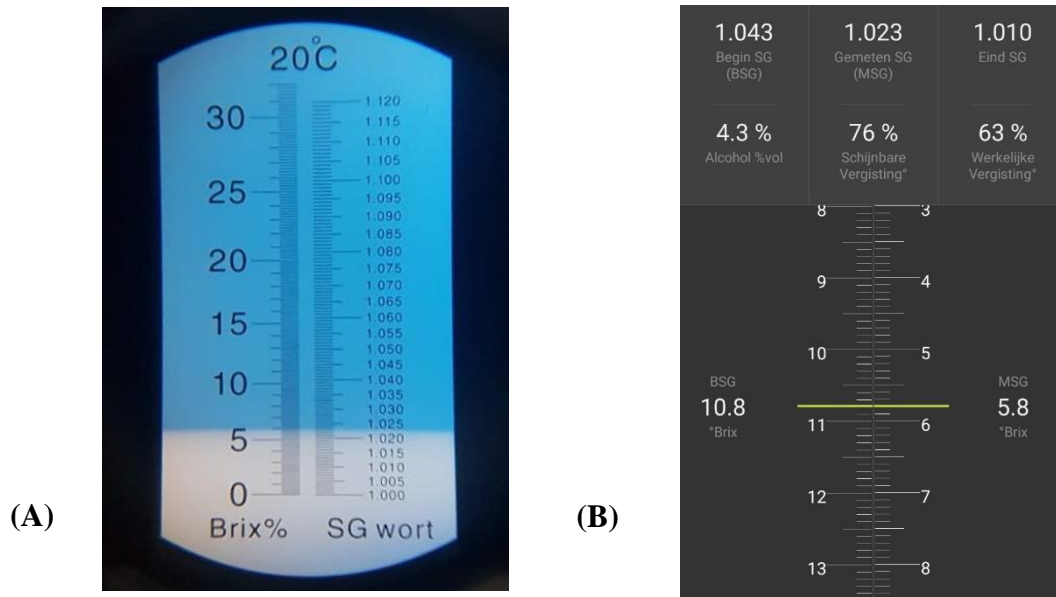
**Tabela 7:** Densidade e teor de açúcar do mosto

| Tempo (dia) | Densidade (g/cm <sup>3</sup> ) | Brix (°Bx) |
|-------------|--------------------------------|------------|
| 1           | 1,043                          | 17,0       |
| 2           | 1,039                          | 10,0       |
| 3           | 1,030                          | 8,0        |
| 4           | 1,010                          | 6,0        |

Fonte: Da autora (2020)

Na Figura 41 A é possível observar os valores encontrados no refratômetro. Como a medida do refratômetro precisa ser corrigida devido a presença do álcool, informou-se o valor encontrado no aplicativo *Brewking* e, para a densidade final encontrada, o valor corrigido foi de 1,010 g/cm<sup>3</sup>, observado na Figura 41 B. Os termos “*schijnbare vergisting*” e “*werkelijke vergisting*” vêm do holandês e significam fermentação aparente e real, respectivamente.

Figura 41 – Características da cerveja após o final da fermentação.



Fonte: Da autora (2020).

De acordo com a Tabela 1, apresentada anteriormente, para o estilo Blonde Ale, a densidade do mosto antes da fermentação deve estar entre a faixa de 1,038 a 1,054 g/cm<sup>3</sup> e, após a fermentação, sua densidade deve estar entre 1,008 e 1,013 g/cm<sup>3</sup>. Com isso, pode-se concluir que a produção atendeu às expectativas e a cerveja se enquadra no estilo proposto, uma vez que suas densidades antes e após a fermentação foram de 1,043 g/cm<sup>3</sup> e 1,010 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. Além disso, a porcentagem de álcool estimada da cerveja também ficou dentro do esperado. Seu valor deve ser entre 3,8 e 5,5 % e estima-se que foi de 4,3 %.

A fermentação da cerveja finalizou-se em 4 dias. Após esse período, os parâmetros da bebida se mantiveram constantes e se iniciou a maturação. Faltando 4 dias para o fim da maturação, que teve uma duração de 9 dias, realizou-se o *dry hop*, adicionando-se 28,3 g do lúpulo Cascade dentro do fermentador, a fim de intensificar os aromas da cerveja. Finalizada a maturação, foi feito o *cold crash*, em que a temperatura de *set point* da geladeira foi reduzida para 4 °C, favorecendo a decantação dos sólidos, mantido por 4 dias.

Todo o processo de fermentação e maturação teve duração de 17 dias. Em seguida, para que fosse gerado CO<sub>2</sub> nas garrafas, foi realizado o *priming* e o envase. Adicionou-se a solução com açúcar nas garrafas e, posteriormente, a cerveja foi transferida do fermentador para elas. Após o fim do envase, colocou-se as garrafas na geladeira, na temperatura de 18°C, onde ficaram por 5 dias, como observado na Figura 42. Passado esse período, a carbonatação foi concluída à temperatura ambiente.

Figura 42 – Carbonatação.



Fonte: Da autora (2020).

O período recomendado para a carbonatação é de 30 dias, entretanto foram feitos alguns testes antes deste prazo e, após 13 dias, a cerveja já estava agradável ao paladar. Na Figura 43 é apresentada a cerveja produzida.

Figura 43 – Cerveja final.



Fonte: Da autora (2020).

Por falta de instrumentos que auxiliam na medição do amargor e coloração da cerveja, não foi possível fazê-la. Porém, a partir da imagem apresentada, pode-se dizer que a construção do módulo e produção das receitas foram bem-sucedidas e que o produto apresenta as características que eram esperadas.

## 5 CONCLUSÃO

Conclui-se que o módulo contruído e implementado no laboratório é funcional e permitiu a produção de cerveja dentro dos parâmetros esperados. O sistema escolhido, HERMS, contou com a implementação de três painelas, sendo duas para a etapa de brassagem e a terceira para a fervura. Além disso, para a etapa fria, adquiriu-se dois fermentadores e uma geladeira para auxiliar no processo de fermentação. A unidade experimental, com capacidade de produção de 20 L, teve um custo total de R\$ 5.301,81. Vale ressaltar que esse preço pode variar de acordo com a capacidade do processo, ano e local de aquisição dos equipamentos.

Através das calibrações feitas nas painelas e aferição do volume morto de cada equipamento do processo, foi possível realizar o cadastro do módulo no *software* BeerSmith, utilizado para auxiliar no processo de criação e produção de receita da cerveja. Quando a cerveja já estava pronta, foi possível entrar com os dados de FG e volume total produzido no *software*, que calculou a eficiência do equipamento, retornando um valor de 56 %. Para melhores valores eficiência, sugere-se um estudo mais aprofundado acerca da moagem dos grãos, a fim de se encontrar a granulometria ideal para melhor extração durante a brassagem e buscar técnicas que diminuam o volume morto total do processo, para aumentar o volume total produzido. Quando se aumenta eficiência do processo, utiliza-se menos malte durante a brassagem e, conseqüentemente, a produção se torna mais barata.

O módulo está instalado no Laboratório de Engenharia das Reações Químicas (LERQ) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e, após sua implementação, é possível realizar outros estudos relacionados ao tema cervejeiro. Espera-se que a partir desse trabalho outros alunos possam desenvolver pesquisas de produção e melhoria do processo.

A produção da cerveja Blonde Ale durou cerca de 8 (oito) horas. A sanitização de todo módulo produtivo durou 2 (duas) horas. A fermentação da cerveja foi finalizado em 4 dias, e o período de maturação durou 9 dias. Todo o processo de fermentação e maturação teve duração de 17 dias. O período recomendado para a carbonatação é de 30 dias, todavia, foram feitos alguns testes antes deste prazo e, após 13 dias, conclui-se que a cerveja já estava agradável ao paladar.

Durante a produção da cerveja, foi mensurado a densidade e grau brix no mosto. Ao se comparar os valores de densidade original e final encontrados, de 1,043 g/cm<sup>3</sup> e 1,010 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente, com a faixa ideal deste estilo encontrada na literatura, que deve ser entre 1,038

a 1,054 g/cm<sup>3</sup> para a OG e 1,008 a 1,013 g/cm<sup>3</sup> para a FG, pode-se concluir que a produção atendeu às expectativas e a cerveja se enquadra no estilo proposto. Além disso, a porcentagem de álcool estimada da cerveja também ficou dentro do esperado. Seu valor deve ser entre 3,8 e 5,5 % e estima-se que foi de 4,3 %. Apesar da falta de instrumentos que auxiliam na medição do amargor e coloração da cerveja, pode-se concluir, sensorialmente, que o amargor e a coloração da cerveja também estão dentro do estilo proposto.

Ao final da produção, através dos parâmetros mensurados e características sensoriais observadas, concluiu-se que a construção e a produção da cerveja foram bem-sucedidas, e que a bebida apresentou as características esperadas.

## REFERÊNCIAS

- ABRACERVA. **Estatuto - Abracerva**. 2018. Disponível em: <<https://abracerva.com.br/sobre/estatuto/>>. Acesso em: 12 set. 2021.
- BEER ART. **Breweria, um software brasileiro para cervejeiros artesanais**. 2020. Disponível em: <<https://revistabeerart.com/news/breweria>>. Acesso em: 11 out. 2021.
- BEERSMITH. **BeerSmith 3 Checkout**. 2021. Disponível em: <<https://beersmithrecipes.com/checkout>>. Acesso em: 11 out. 2021.
- BEERTOOL. **Calculadora e Formulador de Receitas de Fabricação de Cerveja BeerTools**. 2021. Disponível em: <<https://www.beertools.com/>>. Acesso em: 11 out. 2021.
- BJCP. 2015. BONACCORSI, M. M. **Guia de estilos de cervejas BJCP 2015**.
- BJCP Inc. **Introdução ao BJCP - Programa de Certificação de Juiz de Cerveja**. 2021. Disponível em: <<https://dev.bjcp.org/about/introduction-bjcp/>>. Acesso em: 19 set. 2021.
- BODEN, H. **Cerveja Henrik Boden | Moagem • Cerveja Henrik Boden**. 2009. Disponível em: <<http://www.cervejahrenrikboden.com.br/moagem/>>. Acesso em: 11 out. 2021.
- BODEN, H. **Brassagem Avançada • Cerveja Henrik Boden**. 2012. Disponível em: <<http://www.cervejahrenrikboden.com.br/brassagem-avancada/>>. Acesso em: 11 out. 2021.
- BRASIL. **D9902**. 2019. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2019/decreto/D9902.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9902.htm)>. Acesso em: 12 set. 2021.
- BREWTARGET. **Brewtarget Beer Software**. 2014. Disponível em: <<http://www.brewtarget.org/>>. Acesso em: 11 out. 2021.
- BUSINESS WIRE. **Global Craft Beer Market 2018-2023: Growth, Trends and Forecasts for the \$38 Billion Industry - ResearchAndMarkets.com | Business Wire**. 2018. Disponível em: <<https://www.businesswire.com/news/home/20180531006314/en/Global-Craft-Beer-Market-2018-2023-Growth-Trends>>. Acesso em: 12 set. 2021.
- CAMPOS, R. M. **Projeto e Automatização de Um Sistema HERMS Artesanal**. 2017.
- CARVALHO, L. G. **Dossiê Técnico Produção de Cerveja**. 2007.
- CARVALHO, J. F.; OLIVEIRA, J.; CURTTS, V. **Percursos Interdisciplinares em Inovação, Ciência e Tecnologia**. 2020.



CENTRAL BREW. **Software cervejeiro: o que é e porque você precisa usar.** Blog Central Brew, 21 maio 2020. Disponível em: <<https://centralbrew.com.br/blog/software-cervejeiro-o-que-e-e-porque-voce-precisa-usar/>>. Acesso em: 11 out. 2021

CERVEJA DA CASA. **Fermento líquido e seco – vantagens e desvantagens.** 2019. Disponível em: <<https://cervejadacasa.wordpress.com/2018/10/15/fermento-liquido-e-seco-vantagens-e-desvantagens/>>. Acesso em: 12 set. 2021.

CERVEJA DA CASA. **Caldeirões – Cerveja da Casa.** 2020. Disponível em: <<https://www.cervejadacasa.com/caldeiroes-cervejeiros>>. Acesso em: 12 set. 2021.

CERVEJA E MALTE. **Cerveja na panela: como trabalhar as rampas de temperatura de acordo com as enzimas.** 2021. Disponível em: <<https://cervejaemalte.com.br/cerveja-na-panela-como-trabalhar-rampas-de-temperatura-de-acordo-com-enzimas/>>. Acesso em: 24 nov. 2021.

CERVESIA. **Conceito de cerveja artesanal ainda divide opiniões no Brasil; entenda.** 2017. Disponível em: <https://www.cervesia.com.br/noticias/not%C3%ADcias-de-microcervejaria/5056-conceito-de-cerveja-artesanal-ainda-divide-opinioes-no-brasil-entenda.html>>. Acesso em: 12 set. 2021.

CONDE, D. C. **Design of a semi-automated home brewing system.** p. 82, 2017.

DULCETTI. **O que é uma Maltaria? » Papo de Bar** Papo de Bar, 24 out. 2016. Disponível em: <<https://www.papodebar.com/o-que-e-uma-maltaria/>>. Acesso em: 28 out. 2021.

FURLAN, L. **Cervejaria Ciganas - Profissionalizando a produção.** Cervejaria Zuraffa, 27 jan. 2021. Disponível em: <<https://zuraffa.beer/uncategorized/cervejaria-ciganas-profissionalizando-a-producao/>>. Acesso em: 19 set. 2021.

GOUVÊA, L. F. C.; MAIA, G. D. **Avaliação do poder germinativo e teor de proteína para sementes de cevada brasileira com vistas ao processo de malteação.** 2014. Anais do X Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Anais. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA. Vassouras, RJ: Editora Edgard Blücher, dez. 2014. Disponível em: <<http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/11167>>. Acesso em: 28 out. 2021

GUIA DA CERVEJA. **Balcão da Ana: Campos de lúpulo, campos de guerra.** 2021. Disponível em: <<https://guiadacervejabr.com/balcao-da-ana-campos-lupulo-guerra/>>. Acesso em: 19 set. 2021.

INVERSA. **Chiller/trocador de calor.** 2021. Disponível em: <Chiller / Trocador de Calor - Inversa BrewShop ([cervejariainversa.com](http://cervejariainversa.com))>. Acesso em: 12 set. 2021.

LAMAS BREW SHOP. 2021. Disponível em:

<<https://www.lamasbrewshop.com.br/busca?busca=iodo>>. Acesso em: 12 set. 2021.

MAPA. **Com crescimento de 14,4% em 2020, número de cervejarias registradas no Brasil passa de 1,3 mil — Português (Brasil).** 2021. Disponível em:

<<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/com-crescimento-de-14-4-em-2020-numero-de-cervejarias-registradas-no-brasil-passa-de-1-3-mil>>. Acesso em: 12 set. 2021.

MARIA CEVADA. **Kona Brewing (Havaí) Chega Ao Brasil**. 2015. Disponível em: <<https://www.mariacevada.com.br/2015/12/kona-brewing-havai-chega-ao-brasil.html>>. Acesso em: 12 set. 2021.

MARTINS ET AL. **O mercado de cervejas artesanais no Brasil e em Santa Catarina**. 2020. Disponível em: <<https://simmebnegocios.com.br/images/simmebnegocios.com.br/noticias/OMercadoDeCervejasArtesanais.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2021.

MERCADO LIVRE. **Bomba Magnética**. 2021. Disponível em: <[https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1414065694-bomba-magnetica-mp-15r-recirculaco-cerveja-artesanal-110v-\\_JM#position=27&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=f3c74d8a-7baa-402f-89b8-7f9faf6ef833](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1414065694-bomba-magnetica-mp-15r-recirculaco-cerveja-artesanal-110v-_JM#position=27&search_layout=stack&type=item&tracking_id=f3c74d8a-7baa-402f-89b8-7f9faf6ef833)>. Acesso em: 19 set. 2021.

MERCADO LIVRE. Resistência elétrica. 2021. Disponível em: < Resistencia Movei P/ Panela De Cerveja 5kw/220 | Frete grátis (mercadolive.com.br)>. Acesso em: 19 set. 2021.

PALMER, J. **How to Brew**. 2006.

REBELLO, F. D. F. P. **Produção de cerveja**. Revista Agrogeoambiental, v. 1, n. 3, 1 dez. 2009.

ROCHA. **Trabalho Científico apresentado ao ISE para obtenção do grau de Bacharel em Físico-Química**. p. 44, 2006

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

ROSENTHAL. **Cor da cerveja: entenda o papel do malte na coloração**. 2018. Disponível em: <<https://www.hominilupulo.com.br/cor-da-cerveja/>>. Acesso em: 20 set. 2021.

SACCHAROBEER **Dados atuais sobre o setor cervejeiro**. 26 jun. 2020. Disponível em: <<https://saccharobeer.com/dados-do-setor-cervejeiro/>>. Acesso em: 19 set. 2021.

SILVA, A. **Carbonatação forçada ou priming: faça a melhor cerveja artesanal | Panela automatizada para fazer cerveja**. 19 jun. 2019. Disponível em: <<https://ezbrew.com.br/carbonatacao-forcada-ou-priming-faca-a-melhor-cerveja-artesanal/>>. Acesso em: 12 out. 2021

SINDICERV. **O setor em números**. 2019. Disponível em: <<https://www.sindicerv.com.br/o-setor-em-numeros/>>. Acesso em: 8 set. 2021

SMITH. **Brew in a Bag (BIAB) All Grain Beer Brewing**. 2009. Disponível em: <<http://beersmith.com/blog/2009/04/14/brew-in-a-bag-biab-all-grain-beer-brewing/>>. Acesso em: 3 out. 2021.

**SMITH. RIMS and HERMS Brewing with BeerSmith Software.** 2018. Disponível em: <<http://beersmith.com/blog/2018/01/15/rims-and-herms-brewing-with-beersmith-software/>>. Acesso em: 4 out. 2021.

**TELLES, Daniel. Do Dossiê: cerveja artesanal.** Galileu, nº270, pág. 31-41, Editora Globo, 2014.

**VIEIRA, E. Desenvolvimento de um protótipo para o controle do processo de brassagem na fabricação de cerveja artesanal.** p. 124, 2017.

## ANEXO A

## Blond Ale 19/05

Blonde Ale (18 A)

Type: Tudo Grão Date: 19 May 2020 Batch Size: 24,000 L Brewer: Jordana Boil  
 Size: 37,167 L Asst Brewer:  
 Boil Time: 60 min Equipment: NucBeer  
 End of Boil Vol: 29,167 L Efficiency: 70,00 %  
 Final Bottling Vol: 20,000 L Est Mash Efficiency: 81,7 %  
 Fermentation: Ale, Single Stage Taste Rating: 30,0 Taste Notes:



## Prepare for Brewing

- Hidrate a levedura com 337 ml de água morna (35~40oC) e, opcionalmente, 16,9 g de GoFerm
- Clean and Prepare Brewing Equipment
- Total Water Needed: 45,844 L
- Mash Water Acid: Nenhum

## Mash or Steep Grains

## Ingredientes da Mostura

| Qtd      | Nome                          | Tipo | # | %/IBU  | Volume  |
|----------|-------------------------------|------|---|--------|---------|
| 5,000 kg | Pilsner (2 Row) Ger (3,9 EBC) | Grão | 1 | 92,6 % | 3,260 L |
| 0,250 kg | Oats, Flaked (2,0 EBC)        | Grão | 2 | 4,6 %  | 0,163 L |
| 0,150 kg | Caramunich Malt (110,3 EBC)   | Grão | 3 | 2,8 %  | 0,098 L |

## Etapas da Mostura

| Nome     | Descrição                              | Temperatura | Duração |
|----------|--|-------------|---------|
| Mash In  | Adicionar 20,813 L de água a 71,0 C    | 66,7 C      | 60 min  |
| Mash Out | Aquecer até 75,6 C no decurso de 2 min | 75,6 C      | 10 min  |

- Sparge Water Acid: Nenhum
- Lavar os grãos com 25,032 L de água a 75,6 C
- Add water to achieve boil volume of 37,167 L
- Estimated pre-boil gravity is 1,037 SG

## Ingredientes da Fervura

| Qtd    | Nome   | Tipo   | # | %/IBU     | Volume |
|--------|--|--------|---|-----------|--------|
| 12,5 g | Hallertau Magnum [14,00 %] - Fervura 60,0 min    | Lúpulo | 4 | 15,0 IBUs | -      |
| 10,0 g | Columbus (Tomahawk) [14,00 %] - Fervura 10,0 min | Lúpulo | 5 | 7,2 IBUs  | -      |

- Estimated Post Boil Vol: 29,167 L and Est Post Boil Gravity: 1,049 SG

## Cool and Transfer Wort

- Cool wort to fermentation temperature
- Transfer wort to fermenter
- Add water if needed to achieve final volume of 24,000 L

## Pitch Yeast and Measure Gravity and Volume

## Ingredientes da Fermentação

| Qtd     | Nome   | Tipo     | # | %/IBU | Volume |
|---------|--|----------|---|-------|--------|
| 1,5 pkg | SafAle English Ale (DCL/Fermentis #S-04) [24 ml] | Levedura | 6 | -     | -      |

- Measure Actual Original Gravity \_\_\_\_\_  
 (Target: 1,049 SG)  Measure Actual Batch Volume  
 \_\_\_\_\_ (Target: 24,000 L)

## Fermentation

- 19 May 2020 - Fermentação Primária (14,00 dias a 19,4 C terminando em 19,4 C)

## Dry Hop and Bottle/Keg

## Ingredientes para Dry Hop ou Envase

| Qtd    | Nome                                | Tipo   | # | %/IBU    | Volume |
|--------|-------------------------------------|--------|---|----------|--------|
| 14,0 g | Cascade [5,50 %] - Dry Hop 4,0 Dias | Lúpulo | 7 | 0,0 IBUs | -      |

- Measure Final Gravity: \_\_\_\_\_ (Estimate: 1,012 SG)  
 Date Bottled/Kegged: 02 Jun 2020 - Carbonation: Usar  
 107,04 g Table Sugar  Age beer for 30,00 days at 18,3 C   
 02 Jul 2020 - Drink and enjoy!