

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”  
Instituto de Química – Campus de Araraquara

PAULO TADEU NEVES SILVA

PARÂMETROS DE QUALIDADE DO PROCESSO CERVEJEIRO E SUA POSSÍVEL  
RELAÇÃO COM A RESSACA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Araraquara  
2024

PAULO TADEU NEVES SILVA

PARÂMETROS DE QUALIDADE DO PROCESSO CERVEJEIRO E SUA POSSÍVEL  
RELAÇÃO COM A RESSACA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Universidade Estadual  
Paulista “Júlio de Mesquita Filho” como parte  
dos requisitos para obtenção do título de  
Especialista em Tecnologia Cervejeira.

Orientador(a): Prof. Dr. Nailton Monteiro Do  
Nascimento Júnior.

Araraquara

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

S586p

Silva, Paulo Tadeu Neves  
Parâmetros de qualidade do processo cervejeiro e sua possível  
relação com a ressaca: uma revisão bibliográfica / Paulo Tadeu  
Neves Silva. – Araraquara : [s.n]. 2024  
73 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Lato Sensu –  
Tecnologia Cervejeira) – Universidade Estadual Paulista  
(Unesp), Instituto de Química  
Orientador: Nailton Monteiro do Nascimento Júnior

1. Cerveja. 2. Qualidade. 3. Consumo alcoólico.  
4. Alcool. 5. Cervejarias. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca  
do Instituto de Química, Araraquara. Dados fornecidos pelo autor(s).

Esta ficha não pode ser modificada.

Paulo Tadeu Neves Silva

**PARÂMETROS DE QUALIDADE DO PROCESSO CERVEJEIRO E SUA  
POSSÍVEL RELAÇÃO COM A RESSACA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

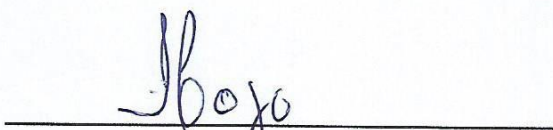
Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado a Universidade Estadual  
Paulista "Júlio de Mesquita Filho" como  
parte dos requisitos para obtenção do  
título de Especialista em Tecnologia  
Cervejeira.

Araraquara, 19 de abril de 2024

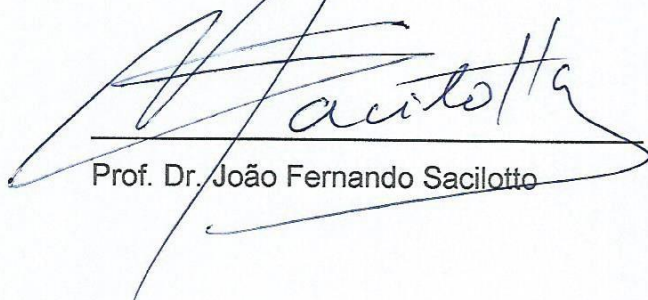
**Banca examinadora**



Prof. Dr. Nailton Monteiro do Nascimento Junior



Prof. Dr. Ossamu Hojo



Prof. Dr. João Fernando Sacilotto

Dedico este trabalho para todos aqueles que fizeram do meu sonho real, me incentivando e proporcionando forças para que eu não desistisse de ir atrás dos meus objetivos. Muitos obstáculos me foram impostos durante essa jornada, mas graças a vocês eu não fraquejei. Obrigado por tudo esposa, família, professores, amigos e colegas.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde, disposição e forças para realizar este desafio;

Ao Prof. Dr. Nailton Monteiro Do Nascimento Júnior pela orientação;

A minha esposa Cathiane pelo amor, amizade, companheirismo, paciência e incentivo;

Aos meus pais Leni e Geraldino pelo apoio e incentivo;

Ao Sr. Fabio Violin e a NewAge Industria de Bebidas LTDA. por todo o incentivo e apoio financeiro;

Ao Instituto de Química por permitir que a utilização de suas instalações e prédio da Engenharia Química para a realização de nossas aulas;

A todos aqueles que acompanharam a realização deste sonho, possibilitando que ele se realizasse.

“O cervejeiro padroniza o mosto, quem faz a cerveja é a levedura.”

Autor: Desconhecido

## RESUMO

A cerveja é a bebida alcoólica fermentada mais antiga apreciada pelos seres humanos. Sua produção e consumo estão diretamente ligados à construção da sociedade e ao início das práticas de agricultura. O mercado cervejeiro mundial cresce anualmente, demonstrando que atualmente esta bebida ainda é a preferida da população. O Brasil encontra-se em terceiro lugar na produção mundial de cerveja, ficando atrás apenas da China e dos EUA. O consumidor brasileiro demonstra uma maior preferência por cervejas mais leves e refrescantes devido ao clima tropical do país. Assim sendo, a cerveja pilsen é o produto mais comercializado. O processo cervejeiro necessita de um correto gerenciamento do processo de produção para garantir a qualidade do produto final comercializado, de forma que este não contenha subprodutos indesejados, tais como acetaldeído e álcoois superiores. Esses compostos, por sua vez, podem ter um efeito potencializador sobre a toxicidade já ocasionada pelo consumo de etanol.

**Palavras-chave:** CERVEJA; QUALIDADE; CONSUMO ALCÓOLICO; ÁLCOOL; CERVEJARIAS.

## **ABSTRACT**

Beer is the oldest fermented alcoholic beverage enjoyed by humans. Its production and consumption are directly linked to the construction of society and the beginning of agricultural practices. The global beer market grows annually, demonstrating that this drink is still the population's favorite today. Brazil is in third place in world beer production, behind only China and the USA. Brazilian consumers show a greater preference for lighter and refreshing beers due to the country's tropical climate. Therefore, pilsner beer is the most sold product. The brewing process requires correct management of the production process to guarantee the quality of the final product sold, so that it does not contain unwanted by-products, such as acetaldehyde and higher alcohols. These compounds, in turn, can have a potentiating effect on the toxicity already caused by ethanol consumption.

**Keywords:** BEER; QUALITY; ALCOHOLIC CONSUMPTION; ALCOHOL; BREWERIES.

## LISTA DE FIGURAS

|                    |                                                         |    |
|--------------------|---------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1 –</b>  | Novas Cervejarias registradas pelo MAPA no país.....    | 16 |
| <b>Figura 2 –</b>  | Cervejarias registradas por região do país.....         | 17 |
| <b>Figura 3 –</b>  | Grãos de cevada em processo de germinação.....          | 24 |
| <b>Figura 4 –</b>  | Processo de malteação.....                              | 24 |
| <b>Figura 5 –</b>  | Fermentação alcoólica.....                              | 28 |
| <b>Figura 6 –</b>  | Fluxograma do processo cervejeiro.....                  | 31 |
| <b>Figura 7 –</b>  | Moinho de 4 Rolos.....                                  | 34 |
| <b>Figura 8 –</b>  | Moagem seca e Moagem úmida para moinhos de rolos.....   | 34 |
| <b>Figura 9 –</b>  | Rampa clássica para mostura.....                        | 37 |
| <b>Figura 10 –</b> | Tina de Filtração.....                                  | 38 |
| <b>Figura 11 –</b> | Cozinhador de Mosto.....                                | 40 |
| <b>Figura 12 –</b> | Curvas de fermentação.....                              | 47 |
| <b>Figura 13 –</b> | Cerveja filtrada e sem filtrar.....                     | 49 |
| <b>Figura 14 –</b> | Fluxograma de processo e análises.....                  | 55 |
| <b>Figura 15 –</b> | Metabolismo do álcool no corpo humano.....              | 60 |
| <b>Figura 16 –</b> | Via metabólica do álcool através do CITOCROMO P450..... | 62 |
| <b>Figura 17 –</b> | Via metabólica do álcool através da CATALASE.....       | 62 |

## LISTA DE TABELAS

|                    |                                                                   |    |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1 –</b>  | Composição e características da água cervejeira.....              | 21 |
| <b>Tabela 2 –</b>  | Parâmetros críticos para maltes de base.....                      | 25 |
| <b>Tabela 3 –</b>  | Composição média de cones de lúpulo.....                          | 27 |
| <b>Tabela 4 –</b>  | Principais Coadjuvante utilizados na indústria cervejeira.....    | 29 |
| <b>Tabela 5 –</b>  | Principais Aditivos utilizados na indústria cervejeira.....       | 30 |
| <b>Tabela 6 –</b>  | Principais agentes de limpeza e CIP utilizados na cervejaria..... | 32 |
| <b>Tabela 7 –</b>  | Principais contaminantes do processo cervejeiro.....              | 33 |
| <b>Tabela 8 –</b>  | Principais enzimas e faixas de atuação.....                       | 36 |
| <b>Tabela 9 –</b>  | Importância da atuação de cada enzima.....                        | 37 |
| <b>Tabela 10 –</b> | Produtos da fermentação.....                                      | 45 |
| <b>Tabela 11 –</b> | Fatores que influenciam a geração de produtos de fermentação...   | 47 |
| <b>Tabela 12 –</b> | Principais on-flavors e off-flavors da cerveja.....               | 53 |

## SUMÁRIO

|                                                                                                |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                                                      | <b>13</b> |
| <b>2 ASPECTOS DO MERCADO CERVEJEIRO .....</b>                                                  | <b>14</b> |
| 2.1 MERCADO DE CERVEJA NO MUNDO .....                                                          | 15        |
| 2.2 MERCADO DE CERVEJA NO BRASIL.....                                                          | 15        |
| 2.3 PERFIL DO CONSUMIDOR BRASILEIRO .....                                                      | 17        |
| 2.4 CONSUMO DE CERVEJA VERSUS QUALIDADE (RELATO DO AUTOR).....                                 | 19        |
| <b>3 O PROCESSO PRODUTIVO DA CERVEJA .....</b>                                                 | <b>20</b> |
| 3.1 MATÉRIAS PRIMAS .....                                                                      | 20        |
| 3.1.1 ÁGUA CERVEJEIRA.....                                                                     | 20        |
| 3.1.2 MALTE .....                                                                              | 23        |
| 3.1.3 ADJUNTOS .....                                                                           | 26        |
| 3.1.4 LÚPULO .....                                                                             | 26        |
| 3.1.5 LEVEDURA .....                                                                           | 27        |
| 3.1.6 ADJUVANTES E COADJUVANTES TECNOLÓGICOS .....                                             | 29        |
| 3.2 FABRICAÇÃO DO MOSTO.....                                                                   | 30        |
| 3.2.1 ASSEPSIA E SANITIZAÇÃO .....                                                             | 31        |
| 3.2.2 MOAGEM .....                                                                             | 33        |
| 3.2.3 MOSTURAÇÃO.....                                                                          | 35        |
| 3.2.4 CLARIFICAÇÃO DO MOSTO (FILTRAÇÃO) .....                                                  | 38        |
| 3.2.5 FERVURA E LÚPULAGEM .....                                                                | 40        |
| 3.2.6 WHIRPOOL (DECANTAÇÃO) .....                                                              | 42        |
| 3.2.7 RESFRIAMENTO, AERAÇÃO DO MOSTO E DOSAGEM DE FERMENTO.....                                | 43        |
| 3.3 FERMENTAÇÃO .....                                                                          | 44        |
| 3.4 MATURAÇÃO .....                                                                            | 48        |
| 3.5 FILTRAÇÃO E ESTABILIZAÇÃO .....                                                            | 49        |
| 3.6 ENVASE .....                                                                               | 51        |
| <b>4 CONTROLE DE QUALIDADE E ANÁLISE SENSORIAL NO PROCESSO CERVEJEIRO .....</b>                | <b>52</b> |
| 4.1 ANÁLISE SENSORIAL.....                                                                     | 52        |
| 4.1.1 ON-FLAVORS E OFF-FLAVORS.....                                                            | 52        |
| 4.2. ANÁLISES BÁSICAS PARA CONTROLE DO PROCESSO CERVEJEIRO .....                               | 55        |
| 4.2.1 ANÁLISES DURANTE A PRODUÇÃO DE MOSTO .....                                               | 56        |
| 4.2.2 ANÁLISES PRÉ, DURANTE E PÓS FERMENTAÇÃO .....                                            | 57        |
| 4.2.3 ANÁLISES DURANTE MATURAÇÃO E FILTRAÇÃO .....                                             | 57        |
| 4.2.4 ANÁLISES DO PRODUTO ACABADO E INDICADORES DE QUALIDADE .....                             | 59        |
| 4.3 A IMPORTÂNCIA DOS VOLÁTEIS PRESENTES NA CERVEJA PARA UM MELHOR CONTROLE DE QUALIDADE ..... | 60        |
| <b>5 O METABOLISMO HUMANO E O ÁLCOOL.....</b>                                                  | <b>60</b> |
| <b>6 A RELAÇÃO DA RESSACA COM OS COMPOSTOS PRESENTES NA CERVEJA.....</b>                       | <b>63</b> |
| <b>7 CONCLUSÃO .....</b>                                                                       | <b>65</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                                        | <b>66</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Historicamente, a cerveja se destaca como um dos fermentados alcoólicos consumidos a mais tempo pela humanidade, apresentando evidências de sua fabricação e consumo em escavações arqueológicas que datam de 4.000 a 6.000 a.C., em regiões onde atualmente estão situados Iraque e Egito (PIMENTA et al., 2020; PEREIRA, 2021).

Sua descoberta é ligada a evolução da sociedade humana, que ao dominar técnicas de agricultura passou a cultivar várias espécies de plantas como a cevada, o trigo e o centeio para sua alimentação; junto com as técnicas de cultivo veio a necessidade de estocagem das produções para alimentação durante épocas de escassez. Há evidências arqueológicas de armazenamento de grãos em vasos de barro, que por um descuido poderia vir a captar água ou humidade e gerar um ambiente propício para que grãos de cereais venham a germinar parcialmente, evento que se assemelha ao processo de malteação (PEREIRA, 2021; MALLETT, 2022).

Os métodos de preparo para o consumo dos cereais cultivados, se assemelham a um mingau ou sopa feita com os grãos moídos, entende-se que pelas ferramentas e técnicas dominadas na época em questão, a moagem era rudimentar, o cozimento dos grãos era algo lento, o ganho de temperatura era lento, todos esses fatos caracterizam o processo de mostura ou maceração, fato que faria dessa mistura rica em açúcares fermentescíveis através da ação de enzimas, a partir deste ponto seria necessário apenas esquecer esse alimento em um ambiente exposto aos microrganismos do próprio ar, e um processo de fermentação alcoólica teria início (POZZER, 2017; PEREIRA, 2021; HORNINK, 2022).

Após sua descoberta e domínio de sua técnica de produção, a cerveja passou a ser vista como um alimento sagrado e místico pelo ser humano, por ainda não haver conhecimento sobre a existência de micro-organismo, a transformação dos cereais em cerveja era vista como um fato divino. A bebida passou a fazer parte da alimentação diária da população, era principalmente produzida por mulheres, que desempenhavam o papel de cuidar do preparo dos alimentos, a deusa Ninkasi era uma figura feminina considerada a mestra da produção de cerveja (PIMENTA et al., 2020; PEREIRA, 2021).

A cerveja tem desde então acompanhado a história e evolução da sociedade humana, tendo sido citada no código de Hamurabi (1.800 a.C.), onde era previsto que o cervejeiro que realizar uma produção de qualidade ruim seria afogado no próprio líquido, já no Egito, era utilizada como forma de pagamento para trabalhadores e tinha um importante papel em rituais fúnebres, segundo suas crenças, o deus da vida após a morte Osiris (2.000 a.C.) fabrica cerveja (PEREIRA, 2021).

Ao longo de sua história junto a humanidade, a cerveja evoluiu do líquido acidentalmente fermentado a partir de cereais estocados, que era consumido misturado a outros ingredientes e especiarias, para produtos mais bem elaborados, passando pela fase do Gruit, onde a cerveja era produzida a partir de água, malte, outros cereais e Gruit, que consistia em uma mistura de ervas e hortaliças. Na idade média, por volta do ano de 1516, um fato importante ocorreu e ficou conhecido como lei da pureza alemã (Reinheitsgebot); essa lei previa que cerveja só poderia ser elaborada a partir de água, malte de cevada e lúpulo (PIMENTA et al., 2020; PEREIRA, 2021).

Após as descobertas sobre processo de fermentação, microbiologia e isolamento de culturas puras, realizadas por Gay-Lussac em 1815 e por Louis Pasteur em 1859, os processos de controle e questões relacionadas a qualidade da cerveja passaram a ser mais claros e a mostrar sua importância no processo de produção (PEREIRA, 2021).

De sua descoberta acidental e inserção na sociedade humana até os dias atuais, a cerveja sofreu grandes evoluções, as técnicas descobertas e estudadas ao longo da história contribuíram para os sistemas de controle de qualidade hoje aplicados em grandes, médias e pequenas cervejarias. Essas análises são fundamentais durante toda a cadeia produtiva, auxiliando na padronização e segurança para o consumidor final, que espera sempre apreciar um produto com qualidade (SILVA, 2021).

## **2 ASPECTOS DO MERCADO CERVEJEIRO**

Para melhor entender os padrões de qualidade da cerveja e os parâmetros que a definem e como estes têm influência no mercado cervejeiro, é necessário co-

nhecer os aspectos de consumo mundial e no Brasil, assim como matérias primas e processo de produção e controle de qualidade da cerveja.

## 2.1 MERCADO DE CERVEJA NO MUNDO

Segundo o anuário publicado em 2023 pela BarthHaas, um dos maiores grupos produtores de lúpulo no mundo, a produção mundial de cerveja no ano de 2022 foi de 1,89 mil milhões de hectolitros, representando um crescimento de 1,3% em relação ao ano anterior, mesmo com este crescimento significativo, os cinco maiores produtores de cerveja do globo, sendo China, EUA, Brasil, México e Alemanha tiveram uma queda em sua participação no volume mundial (BARTHHAAS, 2023).

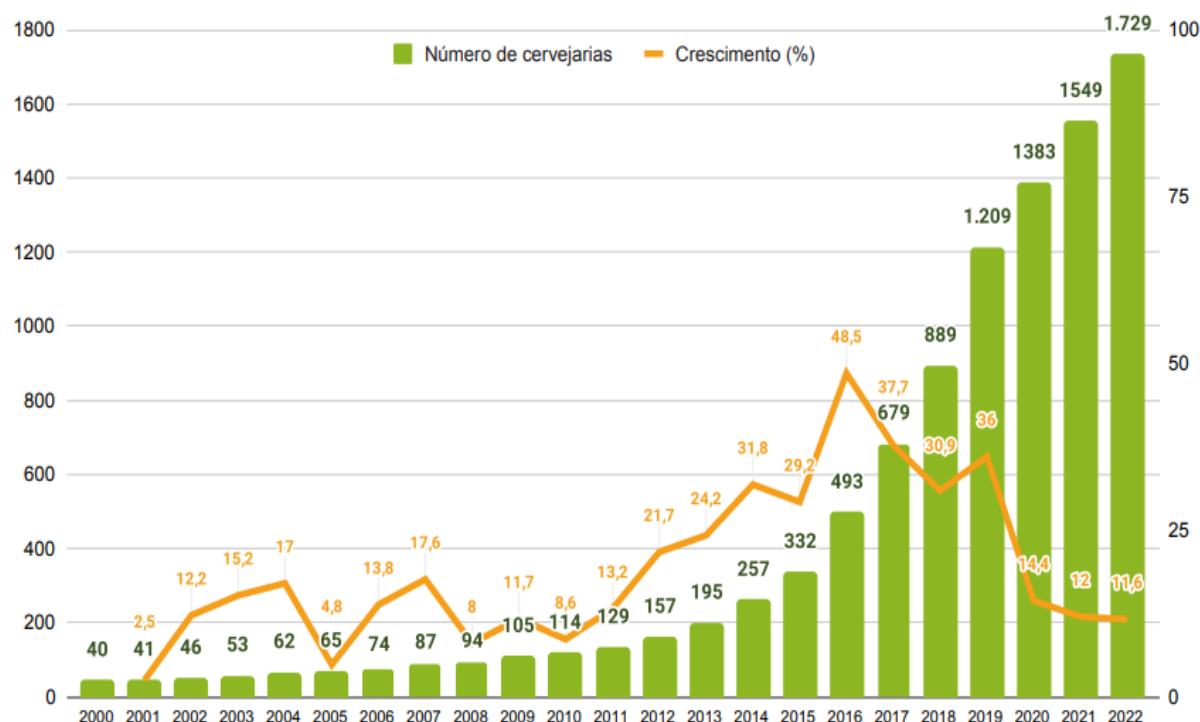
O relatório BarthHaas 2023, informa que a união Europeia especificamente Espanha e Alemanha obtiveram crescimento em sua produção de cerveja, porém, o restante do bloco Europeu apresentou queda em sua produção, ocasionada pela guerra na Ucrânia, mesmo nesse cenário a União Europeia teve no geral um crescimento de 3 milhões de hectolitros. Já na América do Sul, país com maior crescimento foi o Brasil, com um aumento de 4,4 milhões de hectolitros produzidos no ano de 2022 em relação ao ano anterior (BARTHHAAS, 2023).

## 2.2 MERCADO DE CERVEJA NO BRASIL

O comércio de cervejas no Brasil se inicia por volta do ano de 1808, com produtos originários da Europa, em sua maioria comerciantes ingleses. Com o início do comércio desses produtos e uma crescente migração de indivíduos de outras regiões da Europa, tradições e métodos de produção foram inseridos no país, mais tarde fundamentando as bases para o início das primeiras cervejarias brasileiras entre 1825 e 1860, a mais famosa delas regida pelo Império, com sede na cidade de Petrópolis no estado do Rio de Janeiro (ROSALIN, 2021; DELFORNO, 2023).

Os dados divulgados no anuário publicado em 2023 pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), mostram que o setor cervejeiro no Brasil cresceu cerca de 11,6% no ano de 2022, com a abertura de 180 novos estabelecimentos totalizando 1.729 cervejarias registradas no país (MAPA, 2023).

**Figura 1** – Novas cervejarias registradas pelo MAPA no país.

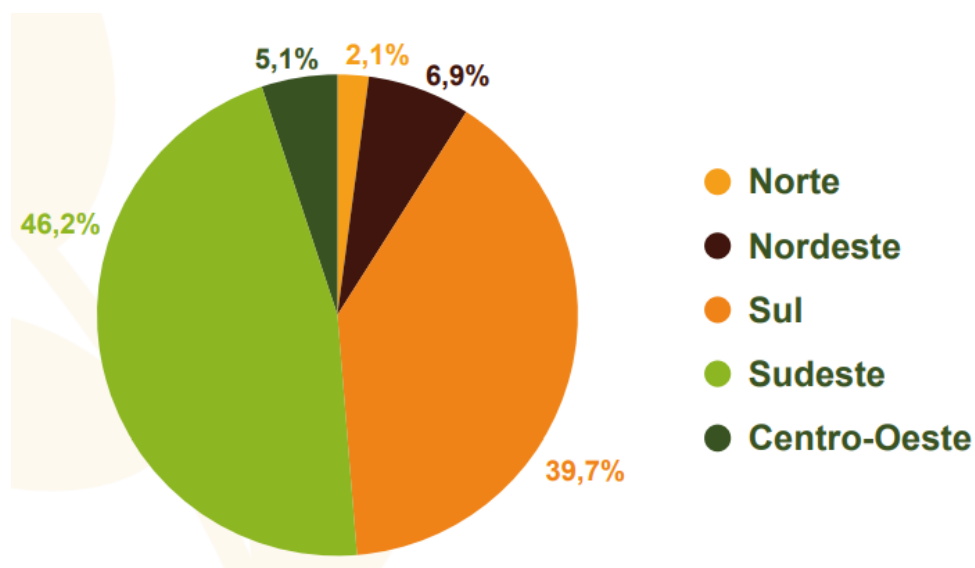


**Fonte:** MAPA (2023)

Segundo o relatório, não houve redução no número de estabelecimentos em nenhum dos estados do país, sendo os quatro estados com mais cervejarias registradas, São Paulo, Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Santa Catarina, respectivamente. Estando o estado de São Paulo em primeiro lugar absoluto com 798 estabelecimentos registrados no país (MAPA, 2023).

O maior crescimento no ano de 2022 foi da região norte do país, com cerca de 20% de crescimento, embora os estados Acre, Amapá e Roraima ainda sigam com apenas um município que possui cervejaria (MAPA, 2023).

**Figura 2** – Cervejarias registradas por região do país.



**Fonte:** MAPA (2023)

Segundo o MAPA (2023), o setor cervejeiro no Brasil vem crescendo mesmo diante de um cenário econômico desfavorável, caracterizado por altas taxas de juros e inflação crescente, o setor hoje gera mais de 2 milhões de empregos diretos, indiretos e induzidos, que correspondem a 2% do PIB nacional (MAPA, 2023).

A população brasileira possui 1 cervejaria para cada 123.376 habitantes, dado do ano de 2022, um aumento de 10,4% em relação ao ano anterior, as 1.729 cervejarias do país somam 42.831 produtos registrados e 54.727 marcas de cerveja. As regiões sul e sudeste lideram esse ranking representando 91,8% dos produtos registrados no país (MAPA, 2023).

As importações de cerveja reduziram cerca 19,1% no ano de 2022, segundo o anuário do MAPA, fato que demonstra uma maior oferta de produto nacional e uma maior aceitação da população, o maior mercado de importação de cerveja para o Brasil é a Bélgica segundo o documento, representando 34,3% das importações do setor (MAPA, 2023).

### 2.3 PERFIL DO CONSUMIDOR BRASILEIRO

Segundo a publicação do Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja (SINDICERV), realizada em junho de 2023, o estilo American Light Lager, chamado popularmente pelo consumidor brasileiro de cerveja pilsen, representa 98% da cerveja

consumida no país, por ter clima tropical onde predominam temperaturas mais altas, esse estilo que se caracteriza pela leveza e refrescância, acaba sendo a melhor opção para o consumidor que quer apreciar uma cerveja gelada (SINDCERV, 2024).

Em pesquisa publicada pela revista on-line Catálise em junho de 2023, essa preferência pela cerveja pilsen fica ainda mais clara, pois as 5 marcas preferidas pelo público são cervejas deste estilo, fabricadas por dois grandes grupos cervejeiros em operação no Brasil (SURRA DE LÚPULO, 2023).

Quando pensamos no mercado cervejeiro brasileiro, cervejas mais leves e comerciais são o carro chefe, porém, as micro e pequenas cervejarias e seus mais variados estilos tem crescido e ganhado espaço entre os consumidores da bebida (SURRA DE LÚPULO, 2023; SINDCERV, 2024).

A pesquisa realizada pelo HUB Surra de Lúpulo no ano de 2023 mostrou que 23% dos consumidores brasileiros consomem apenas cervejas tradicionais (pilsen), e 77% consomem cervejas tradicionais e cervejas artesanais, as regiões sul e sudeste concentram a maior porcentagem de consumidores que apreciam cervejas tradicionais e artesanais, são as regiões que mais consomem cerveja em um total geral (SURRA DE LÚPULO, 2023; SINDCERV, 2024).

Em um aspecto geral, 60% dos consumidores de cerveja são do sexo masculino e 40% são do sexo feminino, os consumidores do sexo feminino demonstram uma maior preferência pelas cervejas tradicionais, enquanto os consumidores do sexo masculino mostram maior preferência por tradicionais e artesanais (SURRA DE LÚPULO, 2023; SINDCERV, 2024).

Os consumidores com maior grau de escolaridade preferem cervejas tradicionais e artesanais, em contrapartida os consumidores de escolaridade mais baixa têm preferência pelas cervejas tradicionais, esta tendência se repete quando observada pelo lado econômico e fonte de renda do consumidor, é preciso levar em conta que cervejas artesanais tem valor agregado mais alto (SURRA DE LÚPULO, 2023; SINDCERV, 2024).

Já entre as embalagens mais procuradas estão latas de 350ml e garrafas de vidro 355ml (LongNeck), a preferência entre as embalagens está ligada diretamente a classe econômica e poder de compra do consumidor, 67% dos consumidores declaram pagar no máximo 13,00 R\$ em uma garrafa de cerveja 600ml (SURRA DE LÚPULO, 2023; SINDCERV, 2024).

Os locais de consumo variam, tendo maior frequência fora da casa do consumidor, vale ressaltar que os consumidores que consomem mais de uma vez na semana e fora de suas casas, tem gastos mais altos. A maior parcela dos consumidores afirmar consumir cerveja apenas uma vez na semana, somando 44% e apenas 5% dos consumidores afirmam ingerir cerveja todos os dias (SURRA DE LÚPULO, 2023; SINDCERV, 2024).

Os estilos de preferências no geral da população que consome tradicionais e artesanais são: IPA, Pilsen, American Lager, APA e Weiss, respectivamente. Quando considerados somente os consumidores mais jovens na faixa de 18 a 25 anos, pilsen está em primeiro lugar entre as preferências (SURRA DE LÚPULO, 2023; SINDCERV, 2024).

O consumidor brasileiro demonstra um perfil de consumo amplo, e muito dependente de questões sociais e econômicas, com uma preferência pela cerveja pilsen, e uma crescente tendência ao consumo de cervejas especiais preferências (SURRA DE LÚPULO, 2023; SINDCERV, 2024).

## 2.4 CONSUMO DE CERVEJA VERSUS QUALIDADE (RELATO DO AUTOR)

O mercado cervejeiro, com todas as suas tendências e preferências de consumo, necessita da fidelização do cliente. Em meio à convivência profissional nesse ramo, é normal se deparar com questionamentos de equipes comerciais a respeito de qualidade do produto, descrição do seu perfil sensorial, estabilidade e durabilidade/validade do produto na embalagem.

Em meio a esse cenário, é comum a equipe da cervejaria ser questionada sobre o pós consumo do produto, e uma frase sempre se faz presente nesses momentos, geralmente proferida por um profissional que está à frente do time comercial da cervejaria: “Essa cerveja não pode dar ressaca, o pessoal tem que beber bastante e acordar sem dor de cabeça no outro dia”.

Mediante essas necessidades, é preciso entender o processo cervejeiro e quais parâmetros definem sua qualidade e quais deles estão ligados a ressaca. Será só a cerveja? A condição do corpo do indivíduo interfere?

O presente trabalho procura entender melhor esses mecanismos e desvendá-los, fornecendo um panorama sobre processo produtivo e qualidade da cerveja.

### 3 O PROCESSO PRODUTIVO DA CERVEJA

Para a compreensão do processo de produção da cerveja é necessário em um primeiro momento conhecer e entender as matérias primas que nele estão envolvidas, e qual a sua função e importância na qualidade do produto, normalmente fala-se em água, malte, lúpulo e levedura, porém, essa lista pode ser mais extensa, contando com cereais não malteados, xaropes de açúcar, adjuvante e coadjuvantes tecnológicos (BATISTA, 2021).

Em aspecto geral o processo produtivo da cerveja é dividido em sanitização, que envolve as etapas de limpeza e assepsia, moagem, caracterizada pelo processamento dos cereais utilizados, fase quente, processo que engloba toda a fabricação do mosto cervejeiro, fase fria, caracterizada por fermentação, maturação e filtração, e por fim o processo de envase, composto pelo enchimento de garrafas, latas ou barris (PIMENTA et al., 2020; PEREIRA, 2021).

Cada etapa do processo cervejeiro e cada matéria prima tem sua importância para a qualidade do produto final e conta com análises e indicadores distintos, possibilitando um melhor controle de cada fase (BATISTA, 2021; SENAI, 2014).

#### 3.1 MATÉRIAS PRIMAS

Para entender o impacto que cada matéria prima tem sobre a qualidade da cerveja, será necessário conhecê-las e compreender suas características.

##### 3.1.1 ÁGUA CERVEJEIRA

A água pode representar até 95% da constituição da cerveja, assim sendo indispensável que ela tenha boas características e seja potável, para que a cerveja produzida a partir dela seja de boa qualidade, atualmente estima-se que o consumo médio de água nas grandes e medias cervejarias seja em torno de 3,5 litros de água por litro de cerveja produzido, volume esse que nas cervejarias micro e artesanais, chega a 10 litros de água por litro de cerveja produzido. Um volume crítico olhando para parâmetros ambientais, sendo água um recurso natural tão precioso e indispensável a vida (PROZYN, 2017).

Em âmbito nacional está em vigência a PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021, instaurada pelo Ministério da Saúde, que define os padrões de potabilidade da água para consumo humano (PIMENTA et al., 2020; BATISTA, 2021; BRASIL, 2021; PEREIRA, 2021).

Segundo os padrões estabelecidos, água potável deve ser livre de substâncias tóxicas, patógenos e quais quer outras substâncias e microrganismos com potencial de colocar em risco a saúde humana, não deve possuir cheiro, sabor ou cor (BRASIL, 2021).

A nível nacional, as principais fontes de água para a indústria cervejeira são água de superfície, encontrada em rios, lagos e reservatórios, e água de profundidade, proveniente de poços e aquíferos de diferentes profundidades, independente se está vem da rede pública local ou de uma estação de tratamento dentro da própria indústria (MACIEL, 2022).

Seja qual for sua origem a água para utilização no processo cervejeiro necessita ser potável, quando fornecida pela rede pública o laudo de potabilidade é fornecido pelo órgão responsável por seu tratamento, quando tratada dentro da indústria, a emissão deste documento fica por sua responsabilidade (MAPA, 2023).

Estando dentro de parâmetros legais previstos na legislação vigente, a água cervejeira necessita atender alguns padrões físico-químicos e de composição que atendam as demandas da cerveja a ser fabricada, pois, estes podem ocasionar variações em etapas do processo resultado em divergências de qualidade e sensoriais do produto final (PIMENTA et al., 2020; PEREIRA, 2021).

A **Tabela 1** demonstra um panorama geral da água cervejeira quanto ao pH e composição, e como esses interferem no processo e na qualidade.

**Tabela 1 – Composição e características da água cervejeira.**

| COMPONENTE /<br>PARAMÊTRO | AÇÃO / DOSAGEM / VANTAGENS E DESVANTAGENS                                                                                                                                                                                                                    | PRINCIPAIS FONTES<br>PARA O MOSTO /<br>CERVEJA    |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| pH                        | pH deve estar entre 5 e 6;<br>Se necessário realizar correção com ácidos de padrão alimentício;<br>pH acima de 6 pode auxiliar na extração indesejada de polifenóis do malte;<br>O pH do mosto deve estar entre 5,4 a 5,6 para melhor eficiência enzimática. | Ácido Láctico<br>Ácido Fosfórico<br>Ácido Cítrico |
| CÁLCIO                    | Cofator enzimático;<br>Confere a alfa-amilase maior estabilidade térmica;                                                                                                                                                                                    | Cloreto de Cálcio<br>Sulfato de Cálcio            |

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                             |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
|             | <p>Estimula a ação das endopeptidases e amilase aumentando o rendimento de extração de açúcares do malte;</p> <p>Reage com o ácido oxálico formando oxalato de cálcio que é precipitável evitando o "gushing";</p> <p>Estimula a coagulação proteica na fase quente (adicionado na fervura);</p> <p>Contribui para a floculação da levedura no final da fermentação;</p> <p>Contribui para a clarificação da cerveja;</p> <p>Reage com os fosfatos do mosto modificando o sistema tampão da mostura auxiliando na redução do pH;</p> <p>Seu uso correto garante um pH de 5,4 na mostura e fervura;</p> <p>Auxilia na filtração/lavagem do bagaço diminuindo a viscosidade do mosto e reduzindo a absorção de taninos;</p> <p>Estimula o metabolismo da levedura;</p> <p>Dosagem ideal entre 50 e 150 mg/L;</p> <p>Em excesso pode prejudicar o metabolismo da levedura.</p> | Carbonato de Cálcio                                                         |
| MAGNÉSIO    | <p>Cofator enzimático;</p> <p>Reage com os fosfatos do mosto modificando o sistema tampão da cerveja;</p> <p>Diminui o pH do mosto, mas não tanto quanto o cálcio;</p> <p>Auxilia na fermentação servindo de nutriente para a levedura;</p> <p>Muito mais solúvel que o cálcio;</p> <p>Concentrações muito altas podem resultar em um paladar azedo/adstringente para a cerveja;</p> <p>O mosto já contém cerca de 70mg/L de magnésio proveniente do malte;</p> <p>Em pequenas quantidades deixa o paladar da cerveja mais equilibrado;</p> <p>Dosagem recomendada 0 a 40mg/L;</p> <p>Dosagens acima de 125mg/L potencializam o poder diurético e causam efeito laxativo.</p>                                                                                                                                                                                               | Sulfato de Magnésio                                                         |
| SÓDIO       | <p>Aumenta a sensação de corpo e doçura. (em quantidade exagerada pode matar a levedura);</p> <p>Desagradável na presença de sulfato;</p> <p>Na forma de carbonato hidrogenado ou bicarbonato pode resultar em cervejas com paladar áspero;</p> <p>Na forma de cloreto de sódio acima de 150mg/L pode ocasionar paladar salgado a cerveja;</p> <p>Dosagem ideal de 10 a 70 mg/L;</p> <p>Dosagem de 100 a 150 mg/L para realçar dulçor e sensação de corpo;</p> <p>Dosagem acima de 200 mg/L não é indicada.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Cloreto de Sódio                                                            |
| CLORETO     | <p>Aumenta a sensação de corpo e dulçor "mouthfeel";</p> <p>Níveis acima de 200 mg/L geram sabor salgado;</p> <p>Níveis acima de 300 mg/L podem afetar a saúde da levedura;</p> <p>Não está relacionado com cloro residual e não tem efeito de desinfecção;</p> <p>Dosagem máxima 150 mg/L.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <p>Cloreto de Cálcio</p> <p>Cloreto de Sódio</p> <p>Cloreto de Potássio</p> |
| POTÁSSIO    | <p>A água cervejeira não deve conter concentrações superiores a 10 mg/L, pode conferir paladar salgado;</p> <p>Geralmente proveniente do malte;</p> <p>Pode ser removido por osmose reversa.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <p>Cloreto de Potássio</p> <p>Malte</p>                                     |
| SULFATO     | <p>Ajuda na degradação do amido, das proteínas, filtragem e formação de TRUB quente;</p> <p>Potencializa a percepção do sabor amargo, melhora o sabor do lúpulo;</p> <p>Fornecer um paladar mais seco que fica excessivamente áspero na presença de sódio;</p> <p>É uma fonte para a formação de SO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>S;</p> <p>Em cervejas leves a relação cloreto: sulfato deve ser 1:1;</p> <p>Em cervejas de elevado amargor a relação cloreto: sulfato deve ser 1:3;</p> <p>Dosagem de 10 a 50 mg/L para cervejas Lagers e Ales com amargor equilibrado;</p> <p>Dosagem de 50 a 150 mg/L para cervejas Ales e Lagers de amargor mais pronunciado;</p> <p>Dosagens acima de 150mg/L a 250mg/L para cervejas de amargor elevado a extremo.</p>                                                                                                                  | <p>Sulfato de Cálcio</p> <p>Sulfato de Magnésio</p>                         |
| BICARBONATO | <p>Em níveis baixos a acidez do mosto pode ser excessiva;</p> <p>Em níveis baixos o mosto pode ficar pouco ácido prejudicando o processo em várias etapas (ação enzimática, cold-break, amargor);</p> <p>Dosagem de 20 a 25 mg/L para cervejas claras;</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p>Alcalinidade da água</p> <p>Bicarbonatos em geral</p>                    |

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                         |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|                     | Dosagem de 100 mg/L para cervejas escuras.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                         |
| ZINCO               | Os níveis naturais em água variam entre 0,05 a 1 mg/L;<br>Cofator enzimático para a levedura atuando em enzimas da respiração, fermentação e síntese de ácidos graxos. (essencial para a levedura nos níveis corretos);<br>O excesso pode causar intoxicação da levedura (acima de 0,50mg/L);<br>Dosagem ideal entre 0,15 e 0,30 mg/L.                                                               | Sulfato de Zinco                                        |
| NITRATOS E NITRITOS | Tóxicos para a levedura;<br>Redução dos níveis de ATP;<br>Inibição da degradação do piruvato, diminuindo a velocidade de fermentação e propagação;<br>Não é interessante para a cerveja;<br>Dosagem segura de nitrato deve ser menor que 44 mg/L;<br>Dosagem segura de nitrito deve ser menor que 3 mg/L.                                                                                            | Provenientes da água                                    |
| FERRO               | A água de brassagem deve ter concentração máxima de 0,1mg/L;<br><br>Com concentrações de 0,2 mg/L: inibe a açucaração da mostura, escurecimento do mosto e da espuma, diminui o corpo da cerveja, delega amargor metálico e sanguíneo;<br><br>Contribui para a oxidação e formação de turbidez na cerveja;<br>Com concentrações acima de 1 mg/L: enfraquece a levedura deixando a fermentação lenta; | Proveniente da própria água ou por meio de contaminação |
| CLORO RESIDUAL      | Proveniente de cloroaminas, ou cloro livre utilizado com desinfectante;<br>Gera off-flavors na cerveja como medicinal (cloro fenol);<br>Não deve estar presente na água cervejeira.                                                                                                                                                                                                                  | Proveniente dos processos de tratamento da água         |

**Fonte:** PIMENTA (2020); PEREIRA (2021); PALMER e KAMINSKI (2021).

### 3.1.2 MALTE

A água é indiscutivelmente o componente mais abundante na composição da cerveja, mas só ela não seria capaz de fornecer alimento para a levedura e diferentes cores, sabores e aromas para esse produto tão nobre, esse papel cabe ao malte, sendo ele a fonte parcial ou integral dos açúcares que compõem o mosto cervejeiro, fornecendo cores que vão do amarelo palha ao preto, sabores maltados, adocicados com características diversas, os mais finos aromas de cereais, caramelo, frutas secas, e tantos outros (BATISTA, 2021; MALLETT, 2021).

Os maltes utilizados na cervejaria são em sua maioria provenientes de cevada, podendo também ser utilizados em alguns tipos de cerveja maltes de outros cereais como trigo, centeio, aveia etc. Esses cereais são cuidadosamente selecionados para garantir o padrão de qualidade adequado para o processo de malteação e para se obter a partir deles, maltes de qualidade. (BATISTA, 2021; MALLETT, 2021).

O processo de malteação da cevada consiste em fornecer umidade de maneira controlada ao grão, para que esse inicie o processo de germinação como

se fosse dar origem a uma nova planta. Ao iniciar esse processo, algumas enzimas serão formadas e ativadas, em um primeiro momento essas enzimas se encarregaram de catalisar a quebra de amidos de cadeias longas, esse processo é necessário para que o próprio grão obtenha energia para e germinar e a quebra desse amido auxilia a deixar o grão mais macio e friável (MALLET, 2021).

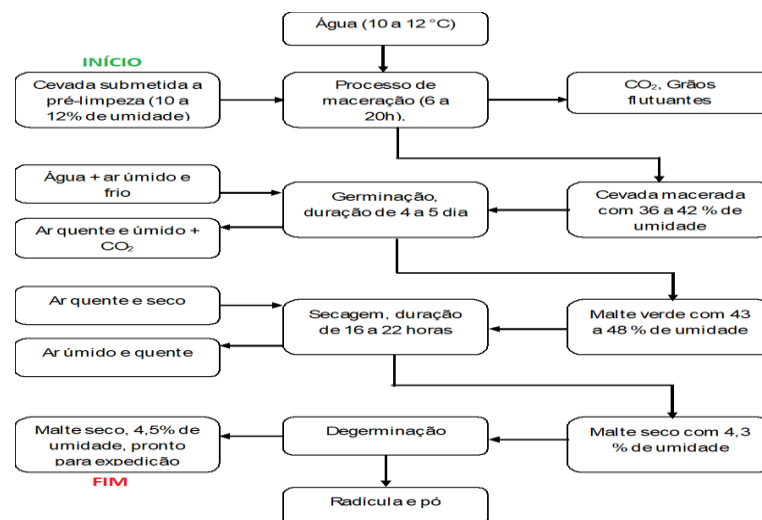
**Figura 3 – Grãos de cevada em processo de germinação.**



**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2024).

O processo de germinação após atingir seus objetivos é interrompido, através da secagem do grão, esse processo é realizado com auxílio de ar quente sendo circulado através da massa de grãos, todo esse processo leva entre 6 e 7 dias (BATISTA, 2021; PEREIRA, 2021; MALLET, 2021).

**Figura 4 – Processo de malteação.**



**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2024).

Através do controle dos parâmetros desse processo, como umidade, tempo de germinação e tempo e temperatura de secagem, é possível se obter uma variedade de maltes com diferentes características de cor, aroma e sabor, porém os processos de secagem quando muito intensos, acabam por destruir as enzimas do malte, dessa maneira são classificados como maltes de base aqueles que passaram por processos de secagem mais amenos e conservaram seu poder enzimático intacto, e maltes especiais aqueles que tiveram processos de secagem mais intensos e dessa maneira tiveram seu poder enzimático reduzido (BATISTA, 2021; PEREIRA, 2021; MALLETT, 2021).

Para a qualidade da cerveja a ser produzida, há alguns aspectos do malte a serem observados, aspectos esses que podem interferir na fabricação do mosto, e posteriormente originar uma cerveja de qualidade ruim, tendo como base o malte pilsen, a tabela 2 traz um compilado dos principais parâmetros, limites mínimos e máximos e benefícios e malefícios para a cerveja (BATISTA, 2021; PEREIRA, 2021; MALLETT, 2021).

Os maltes de base são os utilizados em maior quantidade em uma receita de cerveja, dessa maneira seus parâmetros interferem de maneira crítica no processo cervejeiro.

**Tabela 2 – Parâmetros críticos para maltes de base.**

| Parâmetro                           |         | Malte Pilsen |                           | Possíveis impactos para a cerveja                                                                                              |                                                                                                                    |
|-------------------------------------|---------|--------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Item Analítico                      | Unidade | Min.         | Máx.                      | Abaixo do mínimo                                                                                                               | Acima do máximo                                                                                                    |
| Nitrogênio solúvel                  | mg/100g | 600          | 750                       | Nutrição ruim da levedura, produção de substâncias indesejáveis na fermentação.                                                | Intoxicação da levedura, produção de substâncias indesejáveis.                                                     |
| Proteínas                           | %       | 9,8          | 11,5                      | Má formação de espuma, Ressência de gás carbônico ruim, prejuízo para o corpo da cerveja, prejuízo para nutrição da levedura.  | Má estabilidade coloidal da cerveja, formação excessiva de FAN.                                                    |
| FAN (Free Amino Nitrogen)           | mg/100g | 140          | -                         | Nutrição ruim da levedura, risco de formação excessiva de Diacetil.                                                            | Apesar de não haver um máximo, níveis excessivos podem ser prejudiciais ao metabolismo da levedura.                |
| Poder Diastásico (poder enzimático) | WK      | 240          | -                         | Dificuldade da conversão de amido em açúcares, dificuldade na sacarificação do mosto, aumento no tempo do processo de mostura. | -                                                                                                                  |
| Micotoxinas                         | ug/kg   | -            | Dentro dos limites legais | -                                                                                                                              | Possibilidade da ocorrência de "Gushing", a legislação brasileira determina limites seguros para o consumo humano. |

|               |      |   |     |   |                                                                                                                     |
|---------------|------|---|-----|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Beta Glucanos | mg/L | - | 180 | - | Aumento na viscosidade do mosto, prejuízos para processos de filtração e estabilidade da cerveja.                   |
| Umidade       | %    | - | 5   | - | Risco de desenvolvimento fúngico e de insetos na estocagem levando a prejuízos sensoriais para a cerveja produzida. |

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

### 3.1.3 ADJUNTOS

O processo cervejeiro não depende somente de fontes de carboidratos provenientes apenas do malte, fontes alternativas também podem ser utilizadas, como por exemplo cereais não malteados, açúcar de cana, mel, mandioca, milho e seu derivados, cevada não maltada (MULLER, 2021).

Por questões comerciais a indústria cervejeira atualmente utiliza em maior quantidade milho em forma de grits ou flakes e xarope de milho de alto teor de maltose, a utilização destas fontes de carboidrato são reguladas pelo MAPA, sendo necessário o apontamento de seu uso na lista de ingredientes que consta na embalagem do produto (SENAI, 2014).

A utilização de adjuntos pode trazer características variadas ao produto, dependendo de sua fonte de origem, no caso do milho e seus derivados, traz leveza para a cerveja aumentando seu drinkability (KRÓLAK et al., 2023).

### 3.1.4 LÚPULO

O lúpulo seja talvez o participante mais famoso da composição da cerveja, responsável pelo amargor e uma infinidade de aromas nobres no produto, ele é uma planta da família Cannabaceae, com as características de uma trepadeira. O lúpulo (*Humulus lupulus* L), atualmente é comercializado de forma processada, sendo pellets, extratos concentrados para amargor e extratos concentrados para aroma, as principais formas de encontrá-lo (DOS SANTOS, 2020).

Atualmente os maiores produtores são Alemanha e Estado Unidos da América, o Brasil ainda está caminhando para uma produção capaz de atender escalas comerciais, com pequenos cultivos experimentais, procurando melhorar a adaptação climática da planta, que geralmente é cultivada em latitudes de 35 e 55°, em regiões mais frias e com dias mais longos (SPÓSITO et al., 2019).

Para a cerveja, sua principal importância, está ligada à sua composição química, entre suas resinas estão os alfa-ácidos, compostos que após isomerizados por ação térmica irão compor o amargor da cerveja e óleos essenciais que após solubilizados no mosto irão compor uma parcela do aroma da cerveja, os beta-ácidos compõem uma parcela das resinas que também contribui para o amargor porém nove vezes menos que os alfa ácidos, a tabela 3 mostra a composição química média encontrada em cones de lúpulo secos, em % de massa da matéria seca. (ZHANG et al., 2021).

**Tabela 3 – Composição média de cones de lúpulo.**

| <b>Componente</b>  | <b>Quantidade % (mm)</b> |
|--------------------|--------------------------|
| Resinas            | 15 a 30                  |
| Óleos essenciais   | 0,5 a 3                  |
| Proteínas          | 15                       |
| Monossacarídeos    | 2                        |
| Polifenóis         | 4                        |
| Pectinas           | 2                        |
| Aminoácidos        | 0,1                      |
| Ceras e Esteroides | Traços - 25              |
| Cinzas             | 8                        |
| Umidade            | 10                       |
| Celulose           | 43                       |

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024); adaptado de DOS SANTOS (2020).

### 3.1.5 LEVEDURA

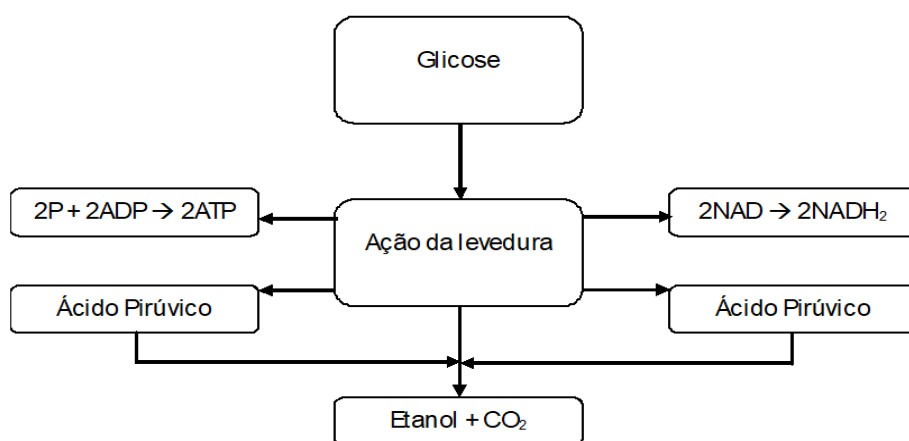
A levedura é o grande protagonista da produção cervejeira, sem ela não seria possível chegar a esse líquido tão querido e consumido pela população mundial, esse fato está expresso de maneira simples em uma frase muito citada no meio cervejeiro: “O Cervejeiro padroniza o mosto, mas quem faz a cerveja é a levedura” (Frase de Autor desconhecido).

A levedura cervejeira é um microrganismo pertencente ao reino Fungi, que faz parte do gênero *Saccharomyces*, engloba uma rica diversidade de espécies, sendo não só utilizadas no meio cervejeiro, mas em uma infinidade de alimentos fermentados (PEREIRA, 2021).

Como forma de produzir energia, ela se alimenta dos carboidratos presentes no meio em que esta, tendo em geral como produto dessa atividade metabólica

álcool e gás carbônico, mas produzindo também outros compostos como ésteres, fenóis, compostos de enxofre e álcoois superiores, todos esses compostos contribuem para a formação de parte do buquê de sabores e aromas que compõem a cerveja (WHITE e ZAINASHEFF, 2020).

**Figura 5 – Fermentação alcoólica.**



**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2024).

Para o ramo cervejeiro uma forma simples de classificar as leveduras, está em suas características de trabalho e fermentação, as leveduras de “Alta Fermentação” ou *Saccharomyces cerevisiae* trabalham em temperaturas maiores, entre 15 e 22°C, geralmente estão dispostas na parte superior do tanque de fermentação, produzem aromas mais intensos que outras leveduras para cerveja, gerando cervejas mais frutadas (DA SILVA GOMES, 2023).

As leveduras de “Baixa Fermentação” ou *Saccharomyces pastorianus* trabalham em temperaturas mais baixas, entre 9 e 14°C e estão dispostas em partes mais baixas do tanque de fermentação, geralmente produzem cervejas com aromas e sabores mais neutros quando comparadas as leveduras de alta fermentação (PEREIRA, 2021; WHITE e ZAINASHEFF, 2020).

Para ambas as leveduras, baixa e alta, a produção de álcool, CO<sub>2</sub> e demais voláteis produzidos durante a fermentação, varia com o controle de parâmetros durante esse o processo e características do mosto cervejeiro, como dosagem de células, aeração do mosto, pH, concentração do extrato, temperatura de fermentação, concentração de sais, teor de proteínas e FAN (SENAI, 2014).

Os atributos do mosto e controle da fermentação são de vital importância para a qualidade da cerveja produzida e para possibilitar que sejam alcançados os parâmetros sensoriais esperados para o produto (WHITE e ZAINASHEFF, 2020).

3.1.6 ADJUVANTES E COADJUVANTES TECNOLOGICOS

Além de água, malte, adjuntos, lúpulo e levedura, o processo cervejeiro utiliza como ingredientes outras matérias primas que auxiliam a produção e conservação da bebida, são eles, os aditivos ou adjuvantes e os coadjuvantes de tecnologia (BRASIL, 2024).

A utilização desses componentes é regulamentada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), conforme disposto na Lei no. 9782, de 26 de janeiro de 1999 (BRASIL, 2024).

Segundo a definição da ANVISA Coadjuvante de Tecnologia é toda substancia ou matéria utilizada intencionalmente no processo de elaboração dos ingredientes ou alimentos com finalidade de auxilio tecnológico, podendo resultar ou não na presença de seus resíduos de maneira não intencional no produto final, no Brasil os coadjuvantes permitidos para utilização em cervejas e seus processos estão regulamentados na Resolução RDC nº 64, de 29 de novembro de 2011, a tabela 4 explicita os principais e mais comuns coadjuvantes utilizados em cervejarias (BRASIL, 2024).

**Tabela 4 – Principais Coadjuvante utilizados na indústria cervejeira.**

| Coadjuvante                 | Etapas de aplicação   | Ação                                  |
|-----------------------------|-----------------------|---------------------------------------|
| Sílica                      | Maturação e Filtração | Remoção de proteínas                  |
| PVPP (Polivinilpirrolidona) | Maturação e Filtração | Remoção de polifenóis                 |
| Ácido Tânico                | Todo o processo       | Remoção de proteínas                  |
| Carragena                   | Fervura               | Remoção de proteínas                  |
| Celulose                    | Filtração             | Agente de clarificação                |
| Terra Diatomácea            | Filtração             | Agente de clarificação                |
| Enzimas exógenas            | Todo o processo       | Catálise de processos                 |
| Sulfato de Zinco            | Fervura               | Nutriente para levedura               |
| Ácido Fosfórico             | Todo o processo       | Catalizador e Controle microbiológico |

**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2024).

Os Adjuvantes ou Aditivos alimentares têm sua utilização regulada pela ANVISA, assim como sua dosagem máxima com segurança para o consumo humano, há também a obrigatoriedade de declarar sua utilização na lista de ingredientes do produto, os aditivos alimentares estão expressos nos rótulos e embalagens através de seu código INS (Sistema Internacional de Numeração, Codex Alimentarius FAO/OMS) (BRASIL, 2024).

Adjuvante ou Aditivo é definido como, qualquer ingrediente adicionado de forma intencional a um alimento, com o objetivo de modificar características sejam elas físicas, químicas, biológicas ou sensoriais, mas sem o propósito de nutrir, esses podem ser adicionados em quais quer etapas do processo produtivo, para aplicação em cerveja, a ANVISA regula sua utilização através da Resolução RDC nº 65, de 29 de novembro de 2011, a tabela 5 traz os principais aditivos utilizados na cerveja (BRASIL, 2024).

**Tabela 5 – Principais Aditivos utilizados na indústria cervejeira.**

| INS  | Aditivo                                    | Ação                    | Etapas de aplicação                 | Dosagem Máxima (g/100 ou g/100ml)            |
|------|--------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| 338  | Ácido fosfórico                            | Acidulante              | Todo o Processo                     | 0,044 (como P)                               |
| 223  | Metabissulfito de sódio                    | Antioxidante            | Maturação, Filtração e Padronização | 0,005 (Como SO <sub>2</sub> livre)           |
| 316  | Eritorbato de sódio, Isoascorbato de sódio | Antioxidante            | Maturação, Filtração e Padronização | 0,01 (como ácido eritórbito ou isoascórbico) |
| 150c | Caramelo III                               | Corante                 | Fervura e Filtração                 | 5,0                                          |
| 405  | Alginato de Propileno Glicol               | Estabilizante de espuma | Filtração e Padronização            | 0,007                                        |

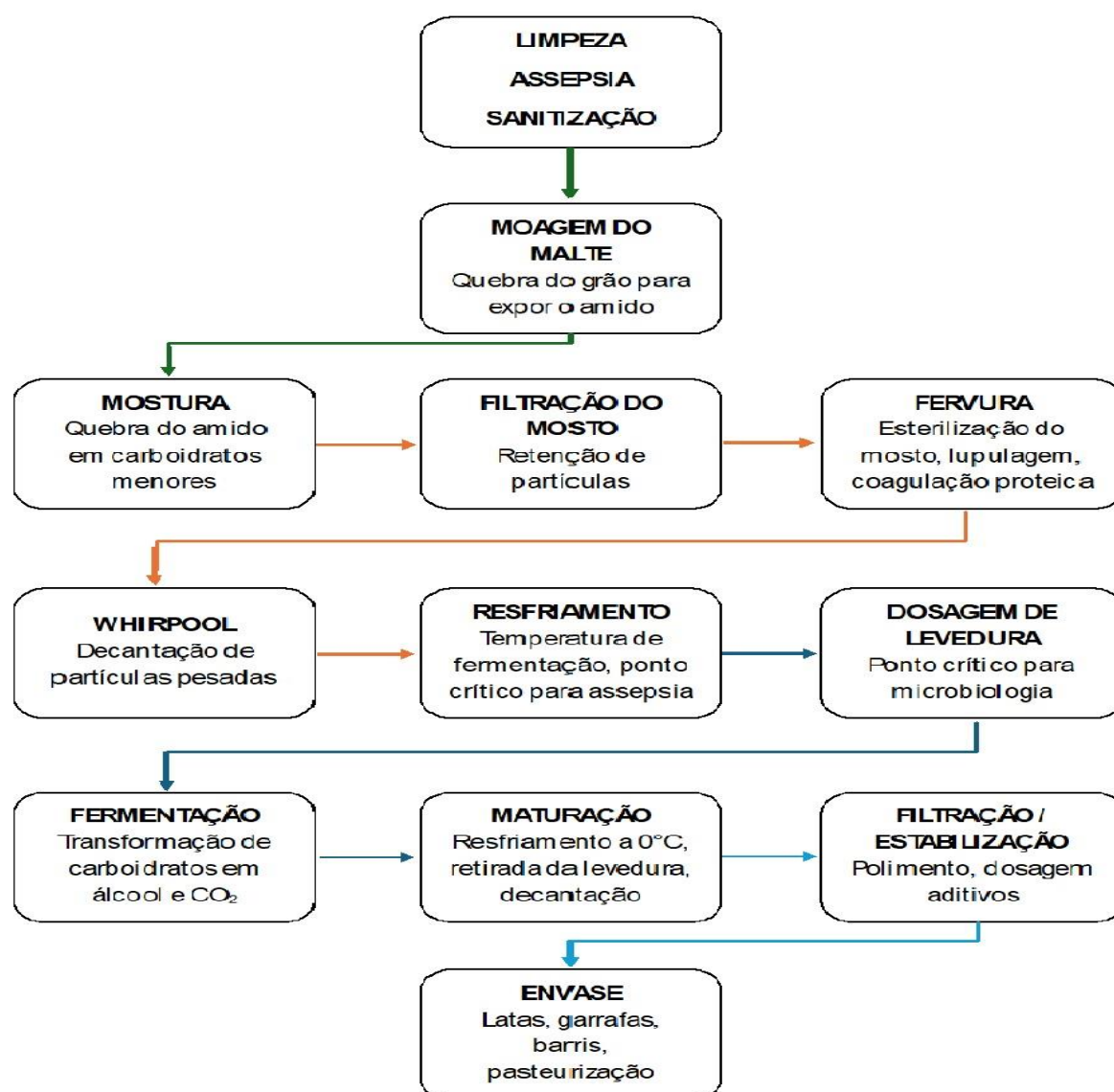
**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2024).

### 3.2 FABRICAÇÃO DO MOSTO

Para a fabricação da cerveja, primeiro é necessário o preparo do mosto cervejeiro a partir de água, malte, adjuntos e lúpulo, essa etapa envolve o um minucioso controle de processo e acompanhamento de pequenos detalhes, que se negligenciados podem acarretar grandes desvios de qualidade no produto final.

A figura 6 traz um olhar mais detalhado do processo de ponta a ponta, considerando alguns pontos críticos.

**Figura 6 – Fluxograma do processo cervejeiro.**



**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2024).

### 3.2.1 ASSEPSIA E SANITIZAÇÃO

No topo do processo produtivo da cerveja, como etapa de maior importância, estão os processos de limpeza, assepsia e sanitização, em geral citado como CIP (Cleaning in Place), essa etapa está ligada diretamente a qualidade da cerveja, garantindo que a possibilidade de contaminações microbiológicas se aproxime de zero (HOLANDA, 2023).

O CIP consiste na limpeza e higienização de superfícies internas como tanques e tubulações, sem a necessidade de desmontagem dos mesmos, contribuindo de forma positiva para a produtividade dentro da indústria (LAING et al., 2021).

O processo cervejeiro acaba por deixar uma variedade de sujidades que vão da origem orgânica, como resíduos de lúpulo, proteínas, carboidratos e resíduos de levedura, podendo ser também de origem inorgânica como por exemplo o oxalato de cálcio, conhecido como pedra cervejeira. Todos esses são um meio rico para o crescimento de microrganismos que serão prejudiciais (HOLANDA, 2023).

Os processos de limpeza, atuam na remoção de todos estes resíduos, seguidos do processo de assepsia que barra o crescimento de microrganismos nocivos ao processo, a tabela 6, traz os principais agentes de limpeza e sanitização utilizados no CIP, sua composição básica, concentração comum de utilização e temperatura para uma ação eficaz (HOLANDA, 2023).

**Tabela 6 – Principais agentes de limpeza e CIP utilizados na cervejaria.**

| Agente                         | Composição                                                       | Concentração usual | Temperatura     | Atuação                      |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------|------------------------------|
| Detergente alcalino            | NaOH + Sequestrante                                              | 1 a 2%             | Ambiente a 80°C | Orgânicos                    |
| Detergente alcalino clorado    | NaOH + NaClO+ Sequestrante                                       | 1 a 2%             | Ambiente        | Orgânicos + Biofilme         |
| Detergente Ácido               | HNO <sub>3</sub> + H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> + Sequestrante | 3 a 5%             | Ambiente a 40°C | Inorgânicos                  |
| Sanitizante (Ácido Peracético) | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>3</sub>                     | 0,15 a 0,2%        | Ambiente        | Microrganismos contaminantes |

**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2024).

O CIP é comum a todas as etapas do processo e se faz necessário devido a diversidade de microrganismos contaminantes de podem se desenvolver no processo, a tabela 7 traz os principais contaminantes presentes em cada etapa do processo.

**Tabela 7 – Principais contaminantes do processo cervejeiro.**

| <b>ETAPA</b>                        | <b>CONTAMINANTE</b>                                                                                                           |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Mosto</b>                        | Pediococcus, Bacillus, Rahnella e enterobactérias                                                                             |
| <b>Fermentação</b>                  | Leveduras selvagens, Pediococcus, Selenomonas, Zymophilus, Rahnella, Obesumbacterium e enterobactérias                        |
| <b>Maturação e Adega de pressão</b> | Bactérias produtoras de ácido láctico, Pectinatus, Megasphaera, Zymomonas, Micrococcus, leveduras selvagens e enterobactérias |

**Fonte:** HOLANDA (2023).

A presença de contaminantes no processo pode acarretar prejuízos para estabilidade da cerveja, tempo de vida de prateleira e desvios sensoriais, impactando diretamente na qualidade do produto (LAING et al., 2021).

### 3.2.2 MOAGEM

A moagem é a etapa inicial do processo de produção do mosto cervejeiro, e tem como objetivos esmagar os grãos de malte, proporcionando a abertura completa da casca de 100% dos grãos de malte utilizados no processo, dessa maneira expondo o amido presente e proporcionando uma maior superfície de contato para a ação enzimática (MALLETT, 2021; KUNZE, 2006).

Para realização da moagem são utilizados moinhos, esses podem ser de rolos ou de martelo, os moinhos de rolos podem ser de 1 par de rolos, 2 pares de rolos ou 3 pares de rolos, para todos os modelos pode ou não haver a presença de sistemas de peneiramento interno para separação de frações, já os moinhos de martelo não possuem rolos e sim um conjunto de placas rotativas (MALLETT, 2021; KUNZE, 2006).

**Figura 7 – Moinho de 4 Rolos.**



**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2024).

Os moinhos de rolos tem como característica de moagem a conservação das casacas para que estas sejam utilizadas como leito filtrante no processo de clarificação do mosto, a não destruição das cascas também impacta em uma menos extração de polifenóis no processo, contribuindo para uma melhor estabilidade coloidal e qualidade do amargor da cerveja, para garantir uma boa conservação de cascas há sistemas de moagem condicionados e húmidos, que consistem basicamente em umedecer a casca ou o grão inteiro antes da moagem, assim deixando-a mais flexível e evitando sua desintegração (MALLETT, 2021; SCHÜSSLER, 2021; KUNZE, 2006).

**Figura 8 – Moagem seca e Moagem úmida para moinhos de rolos.**



**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2024).

Os moinhos de martelo têm como característica de moagem a desintegração total do grão e cascas, assim impactando de maneira positiva para o rendimento da extração de amido e açúcares do malte e de maneira negativa para extração de polifenóis, porém para a utilização deste tipo de moagem, a tecnologia de clarificação do mosto é diferente dos moinhos de rolos, pois não a cascas para servir de leito filtrante (MALLETT, 2021; SCHÜSSLER, 2021; KUNZE, 2006).

Moagens com padrões incompatíveis para os equipamentos utilizados, podem acarretar como problemas, dificuldade de clarificação do mosto, arraste indesejável de polifenóis, arraste de amido não convertido, arraste de lipídios do malte, adstringência na cerveja, turvação precoce e perda de rendimento da sala de brassagem (SCHÜSSLER, 2021).

### 3.2.3 MOSTURAÇÃO

A mosturação consiste basicamente em fornecer condições adequadas para as enzimas presentes no malte trabalharem na quebra de amido, proteínas, beta glucanos, e demais substratos presentes na mostura (HORNINK, 2022).

Para que o trabalho na mostura seja bem-feito alguns parâmetros obrigatórios devem ser observados:

- ✓ Relação água/malte entre 2,5 para 1,0 a 4,0 para 1,0 (HORNINK, 2022; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004);
- ✓ Aquecimento da mistura de maneira homogênea para não desnaturar as enzimas (HORNINK, 2022; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004);
- ✓ Respeitar a temperatura de atuação de cada enzima (HORNINK, 2022; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004);
- ✓ Respeitar tempo de repouso na temperatura de atuação de cada enzima (HORNINK, 2022; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004);
- ✓ Corrigir o pH do mosto buscando uma faixa que favoreça todas as enzimas atuantes (HORNINK, 2022; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004);
- ✓ Correção de sais se necessário para favorecer estabilidade térmica das enzimas presentes no mosto (HORNINK, 2022; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004);

- ✓ Realizar teste de lodo ao final do mostura para garantir que 100% do amido tenha sido convertido (HORNINK, 2022; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004).

A observação e controle desses parâmetros garantem um mosto com boa qualidade, diminuindo os riscos de problemas no produto final, a tabela 8 traz as principais enzimas da mostura e suas faixas de atuação (HORNINK, 2022; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004).

**Tabela 8 – Principais enzimas e faixas de atuação.**

| Enzima                            | Temp. de atuação (°C) | Temp. ideal (°C) | pH de atuação | pH ideal | Substrato de atuação                                  | Produto                                       |
|-----------------------------------|-----------------------|------------------|---------------|----------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Beta Glucanase, Fitase, Fosfatase | 45 a 52               | 48               | 4,5 a 5,5     | 5,2      | Beta Glucanos de Lig. $\beta$ 1-4, e Lig. $\beta$ 1-3 | Beta Glucanos de baixo peso molecular         |
| Proteases                         | 45 a 60               | 50               | 5,0 a 5,6     | 5,2      | Proteínas, Dipeptídeos e Peptídeos                    | Peptídeos curtos e Aminoácidos                |
| Dextrinase Limítrofe              | 55 a 60               | 58               | 5,0 a 5,4     | 5,2      | Lig. $\alpha$ 1-4 (endo)                              | Dextrinas                                     |
| Beta Amilase                      | 60 a 70               | 63               | 5,2 a 5,6     | 5,4      | Lig. $\alpha$ 1-4 (exo)                               | Maltose                                       |
| Alfa Amilase                      | 70 a 76               | 72               | 5,2 a 5,8     | 5,6      | Lig. $\alpha$ 1-4 (endo)                              | Oligossacarídeos, Maltrose, Maltose e Glucose |

**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2024).

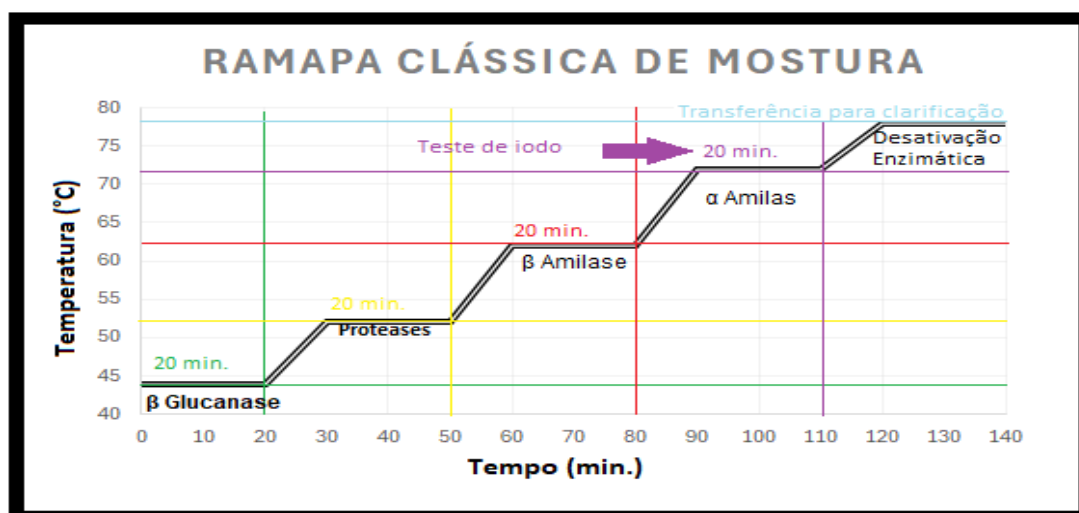
A atuação correta de cada enzima se faz necessária, para obter um mosto com propriedades adequadas para o processo fermentativo, garantindo boa nutrição da levedura e parâmetros físico-químicos adequados para a qualidade da cerveja, a tabela 9 traz a importância de cada enzima (HORNINK, 2022; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004).

**Tabela 9 – Importância da atuação de cada enzima.**

| Enzima                            | Importância da atuação                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Beta Glucanase, Fitase, Fosfatase | Quebra da fitina, quebra e liberação de grupos fosfato no meio ocasionando tamponamento e auxílio no equilíbrio do pH do mosto. Libera minerais como zinco, cálcio e magnésio no meio. Quebra dos beta-glucanos contidos na parede celular do malte, diminuindo a viscosidade do mosto e facilitando a clarificação.                                                                                                                                                                    |
| Proteases                         | Quebrar a matriz proteica que envolve os grânulos de amido, quebra de peptídeos em aminoácidos, quebra de proteínas maiores em proteínas menores. Obtenção de até 50% do nitrogênio solúvel do mosto. Proteínas de alto peso molecular influenciam na retenção de espuma, corpo e estabilidade coloidal. Proteínas de médio peso molecular influenciam na Ressência de CO <sub>2</sub> . Proteínas de baixo peso molecular influenciam na formação de nutrientes para a levedura (FAN). |
| Dextrinase Limitrofe              | Quebra das moléculas de amido de longas cadeias partindo de pontos que podem estar nas extremidades ou no meio da cadeia gerando açúcares não fermentescíveis ( <b>dextrinas</b> ). O favorecimento dessa enzima contribui para maior sensação de corpo na cerveja.                                                                                                                                                                                                                     |
| Beta Amilase                      | Quebra de moléculas de amido a partir das extremidades da cadeia gerando açúcares fermentescíveis, principalmente maltose. (O favorecimento dessa enzima contribui para maior atenuação e menor corpo).                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Alfa Amilase                      | Quebra das moléculas de amido de longas cadeias partindo de pontos que podem estar nas extremidades ou no meio da cadeia gerando açúcares fermentescíveis ( <b>maltose e maltotriose</b> ) e não fermentescíveis ( <b>dextrinas</b> ). O favorecimento dessa enzima contribui para menor atenuação e maior corpo na cerveja.                                                                                                                                                            |

**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2024).

Durante o processo de mostura é comum a cervejaria utilizar uma rampa de aquecimento e repouso, para garantir a atuação correta de cada etapa, e ao final desta executar o teste de iodo para verificar se não há amido sem ser convertido, a figura 9 demonstra uma rampa de mostura clássica entre os cervejeiros (HORNINK, 2022; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004).

**Figura 9 – Rampa clássica para mostura.**

**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2024).

Após o final da mostura e teste de iodo negativo, é feita a desativação enzimática em temperatura de 77 °C a 78 °C e realizado o início do processo de clarificação (HORNINK, 2022; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004).

#### 3.2.4 CLARIFICAÇÃO DO MOSTO (FILTRAÇÃO)

O processo de clarificação do mosto cervejeiro conta com duas principais tecnologias utilizadas em grandes, médias e pequenas cervejarias, a tina-filtro ou tina de filtração e o filtro-prensa ou filtro de placas, cada um desses equipamentos conta com diferentes tipos de moagem, porém buscam atingir os mesmos objetivos (KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004).

A tina de filtração necessita que o malte seja moído em moinho de rolos, pois a casca do malte deve estar íntegra para formar o leito filtrante sobre as telas (fundo falso) da tina, dessa maneira retendo partículas maiores garantindo um mosto mais límpido, o escoamento do mosto é realizado pelo fundo da tina através da cama de grãos, a lavagem da cama segue o mesmo fluxo do escoamento do mosto, sempre evitando expor a cama ao ar ambiente para evitar contato com oxigênio (SENAI, 2014; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004).

A figura 10 traz a representação do funcionamento de uma tina filtro.

**Figura 10 – Tina de Filtração.**



**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2024).

O filtro prensa necessita que o malte seja moído em moinho de martelo, não necessita da casca do malte com grande integridade, ela pode estar bem moída, pois suas telas e placas que dão sustentação para o leito filtrante são de espessura menor, torando possível uma moagem com granulometria bem fina, seu funcionamento é baseado em espremer o bolo filtrante contra as placas e tela através do auxílio de bolsas de ar que se inflam. A lavagem do leito filtrante ocorre assim como na tina de filtração (SENAI, 2014; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004).

Os principais objetivos e cuidados a serem tomados na clarificação do mosto são:

- ✓ Rápido escoamento do mosto sem agregar oxigênio (SENAI, 2014; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004);
- ✓ Obter um mosto límpido contendo no máximo 5ml de sólidos decantados por litro de mosto extraído (SENAI, 2014; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004);
- ✓ Obter o máximo rendimento em extração de extratos da cama de grãos, sem extrair lipídios (SENAI, 2014; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004);
- ✓ Obter uma cama de grãos com teor de umidade adequado para posterior venda como ração animal (SENAI, 2014; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004);
- ✓ Manter a água de lavagem da cama de grãos com pH entre 4,0 e 5,0, evitando extração indevida de polifenóis das cascas do malte (SENAI, 2014; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004);
- ✓ Obter água residual de lavagem da cama de grãos com extrato de no máximo 1% de açúcares residuais (SENAI, 2014; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004);
- ✓ Manter a temperatura das águas de lavagem da cama de grãos, entre 76°C a 78°C (SENAI, 2014; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004).

Todos os parâmetros acima citados são necessários para a obtenção de um mosto adequado para o processo de fervura, garantindo a qualidade da cerveja produzida.

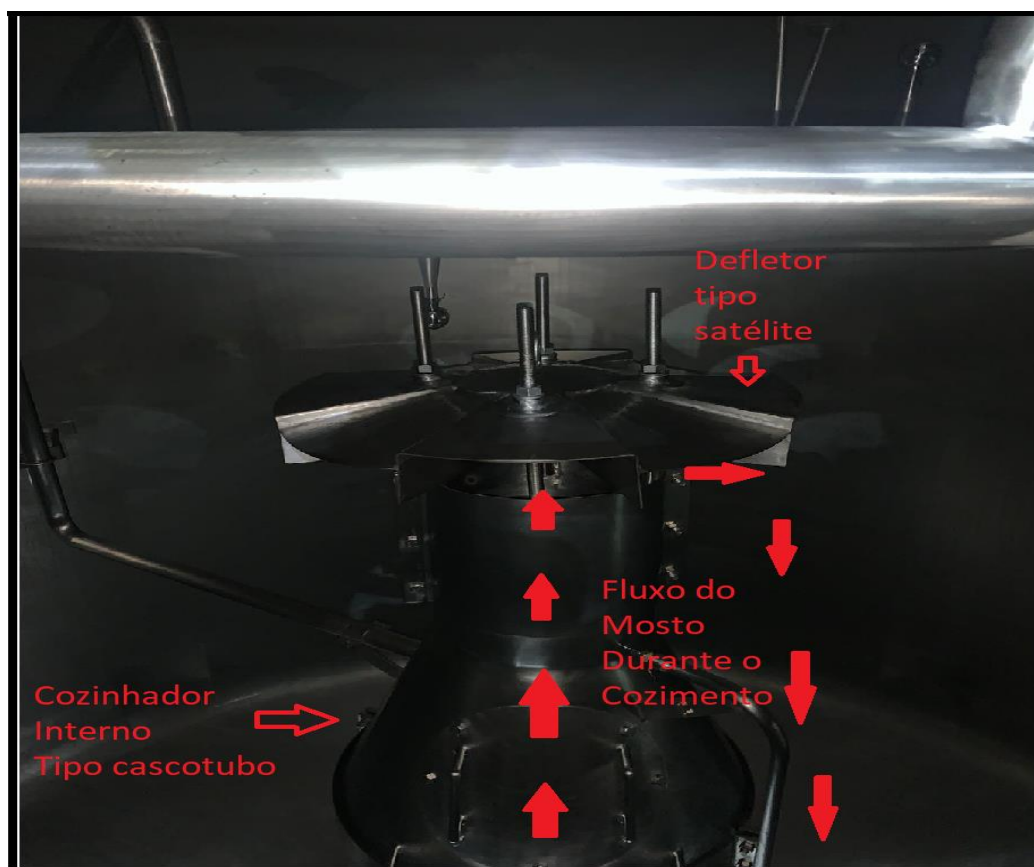
### 3.2.5 FERVURA E LÚPULAGEM

Ao final da etapa de clarificação, o mosto cervejeiro já está no cozinhador de mosto ou caldeira de fervura, em modo de pré-aquecimento e ganhando temperatura de modo gradual até atingir a fervura. Há formatos e tecnologias diferentes para esse equipamento, para equipamentos menores há aquecimento via fogo direto e resistência elétrica, para equipamentos maiores aquecimento a vapor com presença de trocador de calor interno ou externo (WECKL, 2021; SENAI, 2014; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004).

Os equipamentos industriais possuem defletores do tipo satélite para tornar a fervura mais vigorosa e turbulenta, assim tornando mais eficiente a remoção de compostos voláteis do mosto (WECKL, 2021; SENAI, 2014).

A Figura 11 demonstra o funcionamento de um cozinhador de mosto e o fluxo que mosto segue durante o processo de fervura.

**Figura 11** – Cozinhador de Mosto.



**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2024).

Durante o processo de cozimento do mosto há uma série de objetivos a serem alcançados, que se fazem essenciais para uma boa qualidade da cerveja, os objetivos da etapa são:

- ✓ Concentrar o mosto por meio da evaporação de água (WECKL, 2021);
- ✓ Remover compostos voláteis do mosto como Dimetilsulfureto (DMS), um off-flavor que da cerveja aroma de vegetais cozidos (WECKL, 2021);
- ✓ Promover a desnaturação e coagulação de enzimas e demais proteínas de alto peso molecular presentes no mosto (WECKL, 2021);
- ✓ Esterilizar o mosto reduzindo o risco de contaminações microbiológicas (WECKL, 2021);
- ✓ Realizar a formação de substâncias de cor e aroma por meio de reação de Maillard (WECKL, 2021);
- ✓ Promover reações entre proteínas e polifenóis reduzindo o conteúdo de taninos no mosto (WECKL, 2021);
- ✓ Solubilizar e transformar composto de amargor e aroma do lúpulo, promovendo a isomerização de alfa-ácidos (WECKL, 2021).

A fervura impacta diretamente na estabilidade coloidal da cerveja, pois proteínas e polifenóis não coagulados podem vir a formar turvação na cerveja filtrada e envasada, na questão sensorial, a presença de DMS, por fervuras malconduzidas, ou presença de sabor queimado por fervuras com altas taxas de evaporação podem ser prejudicial ao produto, nesta etapa é de suma importância o controle do pH, a coagulação proteica depende de um pH mais próximo do ponto isoelétrico das proteínas, pHs muito elevados ( $\text{pH} > 5,3$ ) podem acarretar em amargor adstringente e aumento excessivo de cor para a cerveja favorecendo a solubilidade de taninos no mosto, o pH ideal para atender os critérios da fervura está entre 5,15 a 5,25 (WECKL, 2021; SENAI, 2014; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004).

As adições de lúpulo geralmente são efetuadas nesta etapa, é importante ressaltar que as adições realizadas durante a fervura, tem como principal objetivo a extração de substâncias de amargor e sabor e dessa maneira é essencial alcançar um bom rendimento de isomerização dos alfa-ácidos, para se obter um bom aproveitamento do lúpulo, que é uma matéria prima de alto valor agregado (WECKL, 2021; DOS SANTOS, 2020).

A fervura dura de 45 a 60 minutos dependendo do equipamento, com taxas de evaporação de água que variam entre 4% e 8% do volume inicial, as adições de lúpulo para propósito de amargor geralmente ocorrem entre 10 e 20 minutos após o início da fervura, as adições para amargor e sabor ocorrem entre 30 e 40 minutos. Aplicações de lúpulo realizadas nos 10 a 15 minutos finais da fervura são consideradas como adição de aroma, pois já não há tempo hábil de fervura para isomerização de grandes quantidades de alfa ácidos, mas sim para solubilização e conservação de óleos essenciais de lúpulo (WECKL, 2021; DOS SANTOS, 2020).

Aplicações tardias de lúpulo podem ser realizadas após o término da fervura ou até mesmo no Whirpool, sempre buscando a solubilização e conservação de óleos essenciais para incrementar o aroma da cerveja (WECKL, 2021; DOS SANTOS, 2020).

### 3.2.6 WHIRPOOL (DECANTAÇÃO)

Após a etapa de fervura é necessário retirar do mosto todos os sólidos que foram formados ou adicionados, proteínas e taninos coagulados, bagaço do lúpulo, sólidos que passaram despercebidos pelo processo de clarificação, para essa finalidade, é realizado o Whirpool, que consiste em decantar sólidos pesados por ação de força centrífuga e centrípeta, o mosto é bombeado do cozinhador para o Whirpool entrando de maneira tangencial ao equipamento, criando um efeito de giro. O mosto permanece de 15 a 30 minutos em repouso após seu bombeamento, esse tempo de descanso é necessário para a decantação de partículas, a etapa de Whirpool é considerado o final da fabricação do mosto e da fase quente, após esse ponto o mosto parte para o resfriamento (WECKL, 2021).

A remoção das partículas orgânicas presentes no mosto é de extrema importância para a fermentação, pois estas podem vir a encapsular a levedura, dificultando seu acesso ao alimento, deixando a levedura estressada e a fermentação muito lenta, fatores que podem implicar na produção de subprodutos de fermentação que são indesejáveis para a cerveja, vindo a impactar na qualidade (WECKL, 2021, SENAI, 2014).

### 3.2.7 RESFRIAMENTO, AERAÇÃO DO MOSTO E DOSAGEM DE FERMENTO

Após o processo de fabricação do mosto concluído, é necessário resfriá-lo, para poder realizar a inoculação do fermento e dar início a fermentação, o resfriamento é realizado com o auxílio de trocadores de calor de placas, podendo esses serem de 1 ou 2 estágios, o mosto termina seu repouso no Whirlpool com temperatura de 94°C a 96°C, e em no máximo 45 minutos deve ser baixada para uma faixa de 10°C a 14°C para fermentação com levedura de baixa e 16°C a 22°C para fermentação com levedura de alta. O tempo de 45 minutos para resfriamento, é essencial para evitar que o mosto sofra excesso de carga térmica e o sensorial da cerveja produzida seja prejudicado (SCHLAFNER, 2021; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004).

O resfriamento de mosto é uma etapa de alto risco, pois, o mosto resfriado permite o desenvolvimento da levedura, assim como permite o desenvolvimento de qualquer microrganismo invasor originário de um processo com assepsia e sanitização mal realizados.

Durante a etapa de resfriamento é realizada a aeração ou oxigenação do mosto, consiste basicamente em dissolver oxigênio no mosto seja pela utilização de do gás puro em padrão hospitalar ou pela utilização de ar comprimido tratado para estar isento de óleo, água e microrganismos contaminantes, a concentração ideal de oxigênio varia entre 6 e 10 mg/L dependendo da levedura, da quantidade dosada e da maneira como a cervejaria conduz a fermentação (SCHLAFNER, 2021).

O oxigênio dissolvido no mosto é absorvido rapidamente pela levedura, e será utilizado em sua replicação, a dosagem deve ser controlada de maneira precisa, pois, dosagens muito altas ou muito baixas podem levar a variações no metabolismo do fermento, estresse da célula, taxas muito altas de replicação celular e produção exagerada de subprodutos de fermentação, dessa maneira impactando na qualidade da cerveja (SCHLAFNER, 2021; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004).

O mosto resfriado e já aerado recebe a dosagem de levedura, está pode estar seca, vinda diretamente do fornecedor, ou em forma pastosa originaria de recolhas da própria cervejaria, normalmente micro e pequenas cervejarias não possuem estruturas adequadas para reaproveitamento de levedura e optam por dosa-la seca diretamente no tanque, cervejaria maiores utilizam levedura de reaproveitamento, recolhida diretamente do tanque de fermentação, esta é dosada diretamente em

linha diretamente no mosto frio, durante o processo de resfriamento (SCHLAFNER, 2021; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004).

Para dosagem de levedura alguns pontos de extrema importância devem ser observados e seguidos:

- ✓ Garantir que a levedura dosada, seja ela seca ou de recolha, esteja livre de microrganismos contaminantes (ANTUNES, 2021; SCHLAFNER, 2021);
- ✓ Garantir que a levedura utilizada esteja com no máximo 5% de células mortas (ANTUNES, 2021; SCHLAFNER, 2021);
- ✓ Utilizar bomba apropriada para dosagem, garantindo que a levedura não sofra forças de cisalhamento causando morte celular (ANTUNES, 2021; SCHLAFNER, 2021);
- ✓ Realizar a dosagem seguindo a proporção correta, levando em consideração a quantidade de células, concentração do mosto (°P) e o volume (L) (ANTUNES, 2021; SCHLAFNER, 2021);
- ✓ Realizar análise do fermento para obter parâmetros básicos de sua condição, pH, quantidade de células totais (células vivas + células mortas), compactação (ANTUNES, 2021; SCHLAFNER, 2021);
- ✓ Acondicionar fermentos secos e fermentos de recolha em temperatura adequada (2°C a 4°C), garantindo sua qualidade (ANTUNES, 2021; SCHLAFNER, 2021);
- ✓ Para fermentos de recolha, utilizar por no máximo 5 gerações, desde que os parâmetros acima citados estejam dentro dos limites (ANTUNES, 2021; SCHLAFNER, 2021).

O correto gerenciamento e dosagem do fermento é considerado um ponto crítico para o processo e pode impactar diretamente a qualidade da cerveja, sendo uma etapa que pode influenciar nas características dos álcoois e subprodutos de fermentação gerados, fazendo a diferença tanto no sensorial quanto no dia seguinte de quem consumir o produto (ANTUNES, 2021; SCHLAFNER, 2021);

### 3.3 FERMENTAÇÃO

O processo de fermentação cervejeiro, caracteriza-se pela transformação de açúcar em etanol, CO<sub>2</sub>, subprodutos e energia na forma de calor, através da ação

metabólica da levedura, o principal objetivo da etapa é transformar o mosto fabricado em cerveja, o correto gerenciamento da fermentação permite que o produto final atenda as características organolépticas projetadas e os padrões de qualidade desejados (ANTUNES, 2021).

A tabela 10 traz as frações de cada produto e energia gerados durante a fermentação.

**Tabela 10 – Produtos da fermentação.**

| Produto                                                                   | Fração (%) |
|---------------------------------------------------------------------------|------------|
| Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )                                     | 46,1       |
| Etanol (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)                                 | 48,1       |
| Biomassa (Levedura)                                                       | 5,1        |
| Subprodutos (ésteres, fenóis, diacetil, acetaldeído e álcoois superiores) | < 1        |
| Energia (calor)                                                           | 169 kJ/mol |

**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2024).

Dentre os produtos formados, os principais a serem observados são biomassa, para questões de rendimento e perdas na cervejaria e subprodutos, que são de extrema importância para o equilíbrio sensorial da cerveja e alguns deles podem ter efeito potencializador para as sensações de ressaca (ANTUNES, 2021).

Uma fermentação bem conduzida necessita da observação e controle de alguns parâmetros essenciais, que irão determinar a qualidade da cerveja produzida:

- ✓ Dosagem de levedura deve estar entre 1.000.000 e 1.250.000 células/ml/°P para leveduras de baixa fermentação e entre 500.000 e 750.000 células/ml/°P para leveduras de alta fermentação (ANTUNES, 2021);
- ✓ Aeração do mosto deve proporcionar a quantidade correta de oxigênio dissolvido para a replicação da levedura (ANTUNES, 2021);
- ✓ A viabilidade da levedura deve estar em no máximo 5% de células mortas (ANTUNES, 2021);
- ✓ O mosto produzido deve conter quantidades adequadas de nutrientes para a levedura, tais como FAN, nitrogênio solúvel, zinco e cálcio (ANTUNES, 2021);

- ✓ A temperatura de fermentação deve ser acompanhada e controlada de maneira precisa, geralmente é necessário a utilização de uma rampa de fermentação (ANTUNES, 2021);
- ✓ Deve haver acompanhamento da microbiologia durante a fermentação e a possível presença de contaminantes (ANTUNES, 2021);

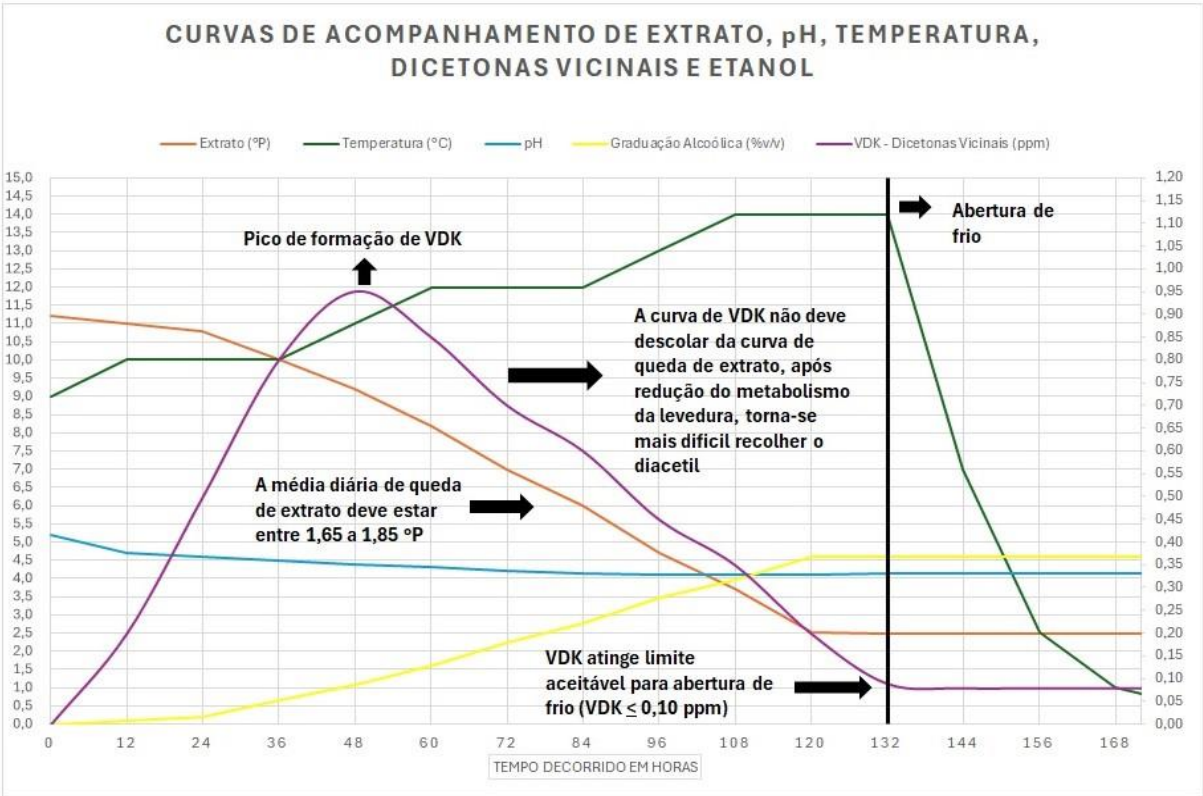
Todos os parâmetros citados têm vital importância para o processo fermentativo, qualidade da cerveja e replicação da levedura, assim como para manter uma boa saúde do fermento e assim permitir o reaproveitamento.

É comum a verificação desses parâmetros na produção do mosto, na dosagem de fermento e um acompanhamento adequado durante a fermentação, a utilização de faixas de temperatura de maneira crescente é normal para permitir que a levedura faça uma aceleração lenta em seu metabolismo, evitando uma produção excessiva de alguns subprodutos, deve ser avaliado um arranque de fermentação através de acompanhamento de pH e extrato, no geral o pH deve cair de 0,6 a 0,7 unidades nas primeiras 24 horas, e o extrato 0,2 a 0,4 °P nas primeiras 24 horas (ANTUNES, 2021; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004).

Durante o processo fermentativo há geração de alguns compostos obrigatórios, como Diacetil (Dicetonas Vicinais ou VDK) que é produzido pela levedura durante a síntese da Valina, um aminoácido que em determinado momento ela irá passar a consumir do próprio mosto, esse composto será novamente metabolizado ao final do processo, sendo sua análise obrigatória para determinar o fim da fermentação, outro composto que se forma é o acetaldeído, um precursor do etanol que posteriormente será em álcool, sua presença na cerveja após finalizada é considerado um grave defeito (ANTUNES, 2021; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004).

A figura 12 traz a representação de um gráfico de fermentação, padrão para uma levedura de baixa fermentação, considerando uma cerveja pilsen de baixo teor alcoólico e corpo leve, assim como os produtos mais consumidos no país.

Figura 12 – Curvas de fermentação.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

O acompanhamento da fermentação permite realizar ajustes para futuras produções e manter uma boa qualidade do produto, a fermentação é um emaranhado de variáveis a serem direcionadas para o caminho correto, a tabela 11 demonstra uma parcela de como essas variáveis podem modificar o perfil da fermentação e o perfil da cerveja produzida.

Tabela 11 – Fatores que influenciam a geração de produtos de fermentação.

| Parâmetros |       | Produtos e Subprodutos |                 |                |                |                |             |
|------------|-------|------------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-------------|
|            |       | Ésteres                | Álcool Superior | Diacetil       | Etanol         | Fenóis         | Acetaldeído |
| Extrato    | Alto  | Maior formação         | Maior formação  | Maior formação | Maior formação | Indiferente    | Indiferente |
|            | Baixo | Menor formação         | Menor formação  | Indiferente    | Menor formação | Indiferente    | Indiferente |
| FAN        | Alto  | Maior formação         | Maior formação  | Maior formação | Indiferente    | Maior formação | Indiferente |
|            | Baixo | Maior formação         | Maior formação  | Maior Formação | Indiferente    | Indiferente    | Indiferente |
| pH         | Alto  | Indiferente            | Maior Formação  | Maior Formação | Indiferente    | Indiferente    | Indiferente |
|            | Baixo | Indiferente            | Menor formação  | Menor formação | Indiferente    | Indiferente    | Indiferente |

|                    |       |                |                |                |                |                |                |
|--------------------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Aeração            | Alto  | Menor formação | Maior formação | Maior formação | Menor formação | Indiferente    | Indiferente    |
|                    | Baixo | Maior Formação | Menor formação | Indiferente    | Indiferente    | Indiferente    | Maior Formação |
| Zinco              | Alto  | Maior Formação | Maior Formação | Indiferente    | Maior formação | Indiferente    | Menor formação |
|                    | Baixo | Indiferente    | Indiferente    | Indiferente    | Menor formação | Indiferente    | Maior formação |
| Temperatura        | Alto  | Maior Formação | Maior Formação | Maior Formação | Maior Formação | Maior Formação | Menor formação |
|                    | Baixo | Menor formação | Menor formação | Menor formação | Indiferente    | Indiferente    | Menor formação |
| Dosagem de células | Alto  | Menor formação | Maior formação | Maior formação | Maior formação | Menor formação | Menor formação |
|                    | Baixo | Maior formação | Menor formação | Menor formação | Menor formação | Indiferente    | Maior formação |

**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2024).

O correto gerenciamento de parâmetros de matérias primas, fabricação do mosto e fermentação, permite um controle mais preciso destas variáveis, assim possibilitando uma maior assertividade na cerveja produzida.

O processo de fermentação é dado por encerrado quando todo o açúcar fermentescível foi consumido e o extrato não apresenta mais alterações de leitura, e em conjunto com a análise diacetil dentro de limites aceitáveis, a temperatura é baixada a levedura recolhida ou descartada e tem-se início a maturação (ANTUNES, 2021; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004).

### 3.4 MATURAÇÃO

O processo de maturação consiste na guarda fria da cerveja após encerrada a fermentação, a temperatura de maturação pode variar entre 4°C a -4°C dependendo do tipo de cerveja e resultados esperados, durante este tempo de guarda fria, o paladar e aromas da cerveja são aprimorados, particulados menores se combinam em particulados maiores por ação da temperatura e decantam (ANTUNES, 2021; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004).

Essa etapa é de extrema importância para a clarificação da cerveja, pois se encarrega de remover substâncias formadoras de turvação, como polifenóis, proteínas e células de levedura, essa remoção pode ocorrer por um processo natural, que leva um tempo maior, ou com aplicação de coadjuvantes para acelerar a decantação destes particulados, os produtos mais comumente utilizados na maturação são: Ácido tânico, sílica gel e PVPP (ANTUNES, 2021).

O processo de clarificação que ocorre durante a maturação também pode ser acelerado de maneira mecânica, pela utilização de centrifugas, para remoção de partículas pesadas (ANTUNES, 2021).

Em algumas cervejarias menores essa etapa é utilizada para carbonatar a cerveja, a maturação pode durar de 10 a 60 dias dependendo do estilo de cerveja produzido (ANTUNES, 2021).

### 3.5 FILTRAÇÃO E ESTABILIZAÇÃO

A filtração da cerveja é uma etapa de finalização do produto, mas não é obrigatória, ela é realizada quando se deseja um brilho e limpidez (Figura 13) no produto final, há muitas cervejas consumidas e comercializadas turvas, principalmente as artesanais que geralmente não são submetidas a esse processo, para as cervejas pilsen consumidas em larga escala no Brasil, a maioria passa por processo de filtração para ganhar um charme e atender as expectativas dos consumidores (SCHWARZ, 2021; BREANCINI, 2018).

**Figura 13** – Cerveja filtrada e sem filtrar.



**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2024).

O processo de filtração consiste na remoção de particulados em suspensão na cerveja, sendo essas, células de levedura, partículas de carboidratos e amido, partículas de lúpulo, proteínas e taninos de alto peso molecular, agentes causadores de turbidez orgânicos e inorgânicos (SCHWARZ, 2021; BREANCINI, 2018).

Durante a filtração alguns pontos de controle são de extrema importância:

- ✓ Não incorporar oxigênio na cerveja, prevenindo a oxidação (SCHWARZ, 2021; BREANCINI, 2018);
- ✓ Filtrar com turbidez de no máximo 1 EBC (SCHWARZ, 2021; BREANCINI, 2018);
- ✓ Obter uma cerveja límpida e brilhante sem prejudicar a espuma (SCHWARZ, 2021; BREANCINI, 2018);
- ✓ Evitar contaminações microbiológicas durante a filtração (SCHWARZ, 2021; BREANCINI, 2018);
- ✓ Evitar contaminação por íons metálicos provenientes dos auxiliares de filtração (SCHWARZ, 2021; BREANCINI, 2018);
- ✓ Filtrar a cerveja em temperatura de 0,5°C a -1,0°C (SCHWARZ, 2021; BREANCINI, 2018);

Esse processo ocorre por ação mecânica, podendo ser peneiramento, absorção ou adsorção de partículas, é geralmente utilizado como auxiliar de filtração terra infusória (Diatomita), para retirar as partículas indesejáveis da cerveja, há também filtros que utilizam membranas descartáveis como auxiliar de filtração, porém estes são menos utilizados (SCHWARZ, 2021; BREANCINI, 2018).

Durante a filtração é realizado também a estabilização da cerveja, através da utilização de coadjuvantes tecnológicos, geralmente sílica o ácido tânico para remoção de proteínas e PVPP para remoção de polifenóis, ao longo da vida de prateleira do produto ele pode vir a turvar, essa estabilização realizada auxilia para que essa turvação demore o máximo de tempo possível para ocorrer (SCHWARZ, 2021; BREANCINI, 2018).

Essa etapa é utilizada para a dosagem de aditivos, como antioxidante e estabilizante de espuma, pois estes terão ação após o envase, garantindo um padrão de qualidade visual e sensorial estável (SCHWARZ, 2021; BREANCINI, 2018).

### 3.6 ENVASE

O processo de envase é a etapa final do processo, aonde a cerveja vai para sua respectiva embalagem, sejam latas, garrafas de vidro, pet growlers ou barris, em muitas pequenas e micro cervejarias este processo é realizado de maneira manual, principalmente para envase de barris e em máquinas semiautomáticas para envase de garrafas, já nas grandes indústrias cervejeiras esse processo ocorre por meio de máquinas automáticas desde a chegada da embalagem até a saída do pacote pronto para a venda, linhas de produção que podem alcançar um volume de incríveis 120.000 latas/hora (ALCANTARA, 2022; SENAI, 2014; KUNZE, 2006).

O envase garante a durabilidade do produto e permite que ele alcance o consumidor nos mais longínquos locais, para possibilitar e garantir este tempo de vida longo, alguns cuidados são necessários:

- ✓ Obter um processo de envase livre de incorporação de oxigênio (ALCANTARA, 2022; SENAI, 2014; KUNZE, 2006);
- ✓ Realizar processo de pasteurização ou similar para garantir uma baixa carga microbiológica (ALCANTARA, 2022; SENAI, 2014; KUNZE, 2006);
- ✓ Garantir que a embalagem utilizada esteja limpa e sanitizada (ALCANTARA, 2022; SENAI, 2014; KUNZE, 2006);
- ✓ Manter uma boa assepsia de tubulações, bombas e enchedora (ALCANTARA, 2022; SENAI, 2014; KUNZE, 2006);
- ✓ Manter o gás carbônico dissolvido padronizado durante o processo de envase (ALCANTARA, 2022; SENAI, 2014; KUNZE, 2006);

Dentre todas as etapas do processo dois pontos se destacam mais, a incorporação de oxigênio que pode vir a ocasionar oxidação e off-flavors na cerveja assim como contribuir para uma possível turvação do produto na garrafa, e a pasteurização que se mal realizada pode ser agressiva a cerveja ocasionando desvios sensoriais ou permitir um rápido desenvolvimento microbiológico, ocasionando desvios sensoriais e uma curta vida de prateleira do produto (ALCANTARA, 2022; SENAI, 2014; KUNZE, 2006).

## **4 CONTROLE DE QUALIDADE E ANÁLISE SENSORIAL NO PROCESSO CERVEJEIRO**

Para um bom controle de qualidade durante o processo cervejeiro, é necessário saber avaliar o produto sensorialmente e entender quais aromas e sabores são desejados e quais são resultantes de erros no processo, dessa maneira se faz necessário conhecer cada possível aroma e sabor para realizar uma boa avaliação do produto.

### **4.1 ANÁLISE SENSORIAL**

Durante a elaboração de uma cerveja são projetados parâmetros físico-químicos e é criada uma perspectiva para aromas e sabores que ela terá, porém mesmo que seus dados analíticos estejam dentro do esperado, não é garantido que o sensorial vai estar como desejado, sendo necessário conhecer e saber identificar os aromas desejados “on-flavors” e os aromas indesejados “off-flavors” (RIBEIRO, 2021).

#### **4.1.1 ON-FLAVORS E OFF-FLAVORS**

Os “on-flavors” são aromas e sabores desejáveis para a cerveja, geralmente projetados pela equipe técnica da cervejaria para estar presente em determinado estilo e produto, são provenientes do malte, lúpulo, e metabolismo da levedura (LIN, 2021).

Diferentes tipos de malte podem fornecer sabores e aromas que variam do cereal doce, caramelo e frutas secas, até chegar ao torrado, o lúpulo trás diferentes sensações de amargor, aromas de resinosos de pinho, frutas vermelhas, cítrico, herbal e uma infinidade de outros aromas, a levedura pode produzir uma variedade de compostos com os mais variados aromas como cravo, banana, frutas maduras, condimentado etc. (RIBEIRO, 2021).

Assim como há aromas e sabores desejáveis, há também os indesejáveis, esses são os “off-flavors”, geralmente originários de erros de processo, entre as principais causas estão, mosto mal produzido, contaminações microbiológicas, matérias primas de má qualidade, vencidas ou acondicionadas de maneira errada,

levedura mal gerenciada e com saúde ruim ou fermentação realizada com parâmetros mal controlados (LIN, 2021).

Há aromas e sabores mais comuns de serem notados, como o papel ou papelão originários da oxidação da cerveja, e aromas mais difíceis como diacetil e acetaldeído que podem demonstrar uma cerveja de má qualidade, em alguns casos, um composto pode ser considerado “on-flavor” ou “off-flavor” dependendo de sua concentração na cerveja, a Tabela 12 traz os principais aromas da cerveja que podem ser atribuídos a boas e más características do produto, dependendo da concentração e estilo da cerveja (SANTOS, 2021).

**Tabela 12 – Principais on-flavors e off-flavors da cerveja.**

| <b>Composto</b>  | <b>Limiar de percepção</b> | <b>Aromas associados</b>            | <b>Principais causas</b>                                  |
|------------------|----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Trans-2-Nonenal  | 50 µg/L                    | Papelão, papel molhado              | Oxidação do mosto e da cerveja pós envasada               |
| Acetaldeído      | 15 mg/L                    | Maça verde, Uva verde, vinho branco | Mal gerenciamento da levedura e fermentação, contaminação |
| Diacetil         | 0,15 mg/L                  | Manteiga, ranço, aromas adocicados  | Falta de FAN, aeração ruim, quantidade errada de levedura |
| Mercaptana       | 0,1 µg/L                   | Gás de cozinha / esgoto             | Levedura com saúde ruim, contaminações microbiológicas    |
| Ácido Sulfídrico | 10 mg/L                    | Ovo podre, esgoto                   | Levedura com saúde ruim, contaminações microbiológicas    |
| Ácido Acético    | 120 mg/L                   | Vinagre / ácido                     | Contaminação                                              |
| Ácido Butírico   | 3 mg/L                     | Vômito de bebê                      | Contaminação                                              |
| Ácido Octanóico  | 6 mg/L                     | Sabão                               | Mal gerenciamento da fermentação                          |

|                     |          |                                |                                                                                    |
|---------------------|----------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimetilsulfeto      | 30 mg/L  | Vegetais cozidos, milho cozido | Fervura do mosto mal realizada, tempo longo para resfriamento do mosto             |
| Ácido Isovalérico   | 1 mg/L   | Chulé, queijo                  | Lúpulo oxidado                                                                     |
| Acetato de Isoamila | 1,4 mg/L | Frutado, Banana                | Produzido pela levedura, gerenciamento da fermentação afeta a quantidade produzida |
| Hexanoato de Etila  | 0,2 mg/L | Maçã madura, éster frutado     | Produzido pela levedura, gerenciamento da fermentação afeta a quantidade produzida |
| 4- Vinil Guaiacol   | 0,2 mg/L | Cravo, condimentado            | Produzido pela levedura, situações de estresse aumentam a produção                 |
| Acetato de Etila    | 30 mg/L  | Acetona, solvente, adocicado   | Produzido pela levedura, situações de estresse aumentam a produção                 |
| Álcool Isoamilico   | 70 mg/L  | Aroma alcoólico, solvente      | Produzido pela levedura, situações de estresse aumentam a produção                 |
| Isobutanol          | 100 mg/L | Álcool, solvente               | Produzido pela levedura, situações de estresse aumentam a produção                 |
| n-propanol          | 600 mg/L | Alcoólico, adocicado           | Produzido pela levedura, situações de estresse aumentam a produção                 |

**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2024).

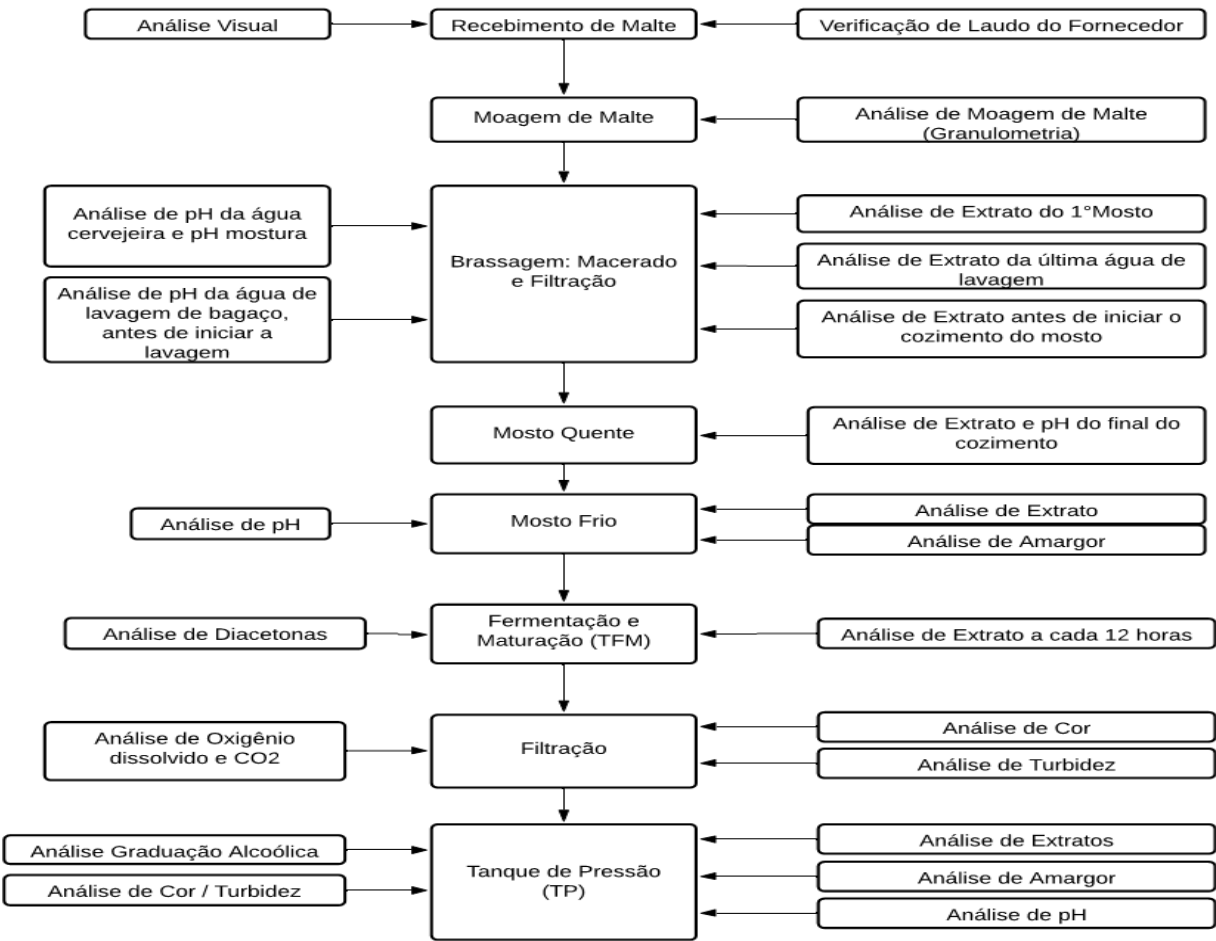
Em determinados estilos de cerveja a produção de alguns compostos é apontada como necessária, a cerveja de trigo que é popularmente conhecida por seus aromas de cravo e banana, depende da produção de ésteres e fenóis da levedura para ter essa característica, que em uma cerveja pilsen seriam considerados um aroma indesejado, o diacetil um defeito considerado extremamente grosseiro para uma cerveja pilsen, pode fazer parte da composição como aroma complementar de alguns estilos de cerveja, como a Brown Ale e alguns estilos Belgas (PEREIRA, 2023; SANTOS, 2021).

4.2. ANÁLISES BÁSICAS PARA CONTROLE DO PROCESSO CERVEJEIRO

Para obter-se um produto superior e com características desejadas, são necessárias algumas análises básicas durante o processo de produção do mosto e da cerveja, de maneira a ser possível gerenciar toda a cadeia produtiva e eliminar possíveis variáveis que possam vir a ocasionar desvios de qualidade.

A figura 14 demonstra as principais análises e controles necessários durante o processo, considerando as possibilidades de uma cervejaria de tamanho médio, que não possua equipamentos de alto custo.

Figura 14 – Fluxograma de processo e análises.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

#### 4.2.1 ANÁLISES DURANTE A PRODUÇÃO DE MOSTO

Durante a produção do mosto, são necessários alguns acompanhamentos e análises para garantir uma boa padronização e assertividade dos parâmetros desejados.

Para garantir uma boa nutrição para a levedura é necessário conhecer as concentrações de FAN, Cálcio, Cloretos e Sulfatos, entende-se que nem todas as cervejarias possuem os aparatos necessários para realizar as análises, dessa maneira sendo necessário que as matérias primas sejam de boa procedência, um malte de boa qualidade possui níveis adequados de FAN e é laudado pelo fornecedor, a água seja ela tratada na própria fábrica ou proveniente da rede distribuidora, necessita de laudo de análises mesmo que seja enviada a um laboratório externo para garantir potabilidade e para que seja possível conhecer suas concentrações de sais e corrigi-las se preciso (COELHO NETO, 2022; SENAI 2014).

Há análises essenciais, porém com equipamento de custo mais baixo, o pH é de extrema importância para ação enzimática adequada na mostura, coagulação de proteínas durante a fervura e a não extração de polifenóis durante a lavagem da cama de grãos (COELHO NETO, 2022; SENAI 2014).

Análises de extrato, amargor e cor são necessárias para padronização do mosto e assertividade no estilo e parâmetros do produto final, equipamentos para medição de extrato seja em densidade ou graus Plato, são necessários equipamentos de custo médio e acessíveis como sacarímetro, densímetro e refratômetro, análises de amargor e cor necessitam de equipamento de maior valor agregado sendo a metodologia mais comum através da utilização de espectrofotômetro UV-VIS (COELHO NETO, 2022; SENAI 2014).

A análise mais simples e essencial é o teste de iodo, utilizado ao final da mostura para verificar se todo o amido foi convertido em açúcares, amido residual no mosto pode ocasionar uma serie de problemas sendo arrastado até a cerveja já envasada, causando divergência sensorial e turvação (COELHO NETO, 2022; SENAI 2014).

As análises utilizadas em cervejaria têm suas metodologias espelhadas nas normas EBC (European Brewery Convention) e ASBC (American Society of Brewing Chemists).

#### 4.2.2 ANÁLISES PRÉ, DURANTE E PÓS FERMENTAÇÃO

Durante a o início do processo de fermentação é de extrema importância o acompanhamento da microbiologia, tanto do mosto quanto do fermento inoculado, contaminantes da cerveja podem produzir uma série de compostos indesejáveis vindo a tornar o produto impróprio para consumo (ANTUNES, 2021; SENAI 2014).

Para garantir um bom gerenciamento da fermentação é necessário um controle preciso de temperatura dos tanques fermentadores, acompanhamento e medição de pH, que pode ser um indicador da presença de contaminantes e da saúde da levedura, análises de extrato diárias para acompanhar o metabolismo do fermento e entender se a fermentação esta como uma boa velocidade (ANTUNES, 2021; SENAI 2014).

Ao final da fermentação deve ser realizada análise de VDK para verificar a presença de diacetil, a nível laboratorial, esta análise exige utilização de espectrofotômetro ou cromatografia gasosa, por serem equipamentos de alto valor agregado e de difícil acesso para algumas cervejarias, pode ser realizada uma análise sensorial que consiste em aquecer a amostrar de cerveja para detectar o aroma deste volátil, esta análise é decisiva para determinar o final de fermentação e abertura de frio (ANTUNES, 2021; SENAI 2014).

#### 4.2.3 ANÁLISES DURANTE MATURAÇÃO E FILTRAÇÃO

Durante o processo de maturação se faz necessário o acompanhamento da temperatura, ela é essencial para a decantação de particulados e levedura, para cervejas filtradas é importante realizar a contagem de células de levedura em suspensão, que deve estar entre 500.000 células/ml a 1.000.000 células/ml, essa análise deve ser realizada antes da filtração para determinar se a maturação foi bem-feita e se a filtração poderá ser realizada (ANTUNES, 2021; SENAI 2014).

O processo de filtração deve ser acompanhado por análises de turbidez, que deve estar abaixo de 1 unidade EBC, esse parâmetro determina a turbidez máxima perceptível a olho nu, cervejas comerciais filtradas devem ser brilhantes, límpidas e sem particulados aparentes (ANTUNES, 2021; SENAI 2014).

É de extrema importância o acompanhamento de oxigênio dissolvido durante a filtração para evitar oxidação da cerveja e a ocorrência de off-flavors, deixando o produto com uma má qualidade, a carbonatação do produto também é de extrema importância e deve ser acompanhada durante a filtração (ANTUNES, 2021; SENAI 2014).

Ao final do processo de filtração a cerveja pronta para envase necessita de uma rodada de análises físico-químicas para determinar sua identidade e comparar aos parâmetros projetados para ela, as principais análises são:

- ✓ **Extrato Original** – Concentração de açúcares fermentescíveis e não fermentescíveis que se partiu para a fermentação, geralmente representados em unidade de °P ou SG (SENAI, 2014; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004);
- ✓ **Extrato Real** – Concentração de açúcares não fermentescíveis mensurados sem interferência do etanol presente na cerveja, geralmente representados em unidade de °P ou SG (SENAI, 2014; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004);
- ✓ **Extrato Aparente** – Concentração de açúcares não fermentescíveis mensurados com interferência do etanol presente na cerveja, geralmente representados em unidade de °P ou SG (SENAI, 2014; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004);
- ✓ **Gradação Alcoólica** – Concentração de álcool presente na cerveja após fermentada e filtrada ou padronizada, geralmente representada em unidades de %v/v (ml/100ml) ou %m/m (g/100g) (SENAI, 2014; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004);
- ✓ **Amargor** – Concentração de Iso-alfa-Ácidos na cerveja pronta, geralmente representada em unidade de IBU (mg de iso-alfa-ácidos por litro de cerveja);
- ✓ **pH** – Potencial hidrogeniônico da cerveja pronta, geralmente representado em unidade de pH (SENAI, 2014; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004);
- ✓ **Cor** – Coloração da cerveja pronta, geralmente representada em unidades EBC (SENAI, 2014; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004);
- ✓ **Turbidez** – Análise baseada na reflexão da luz emitida através de da cerveja medida em ângulos de 25° e 90° com a amostra a 0°C, geralmente representada em unidades EBC (SENAI, 2014; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004);

- ✓ **CO<sub>2</sub> Dissolvido** – Concentração de gás carbônico presente no líquido, geralmente representado em unidade de Volume (Vol.) ou g/L (SENAI, 2014; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004);
- ✓ **O<sub>2</sub> Dissolvido** – Concentração de oxigênio dissolvido no líquido, geralmente representado em ppm, ppb ou mg/L (SENAI, 2014; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004);
- ✓ **Análise Sensorial** – Análise realizada por um profissional que recebeu treinamento e tem seus sentidos calibrados para detectar possíveis falhas no produto, análise de maior importância e parâmetro de qualidade decisivo para liberação do produto (SENAI, 2014; KUNZE, 2006; BRIGGS, 2004).

Após aprovação do produto, ele é liberado para envase, vale ressaltar que análises físico-químicas dentro dos parâmetros não dão garantia de sensorial dentro dos parâmetros.

Atualmente, muitas cervejarias não possuem equipamentos necessários para realizar estas análises e ficam dependentes da análise sensorial.

#### 4.2.4 ANÁLISES DO PRODUTO ACABADO E INDICADORES DE QUALIDADE

Como já abordado em capítulos anteriores, o presente trabalho procura estreitar relações entre parâmetros de qualidade e a ressaca que alguns consumidores vivenciam no dia seguinte, as análises apontadas para a cerveja após a filtração também são válidas para a cerveja envasada, e servem como indicadores para a qualidade do produto, tendo maior importância o sensorial.

Grandes grupos cervejeiros possuem mais acesso a recursos e tecnologia dessa maneira possibilitando abrir uma visão mais ampla de análises que vão além de parâmetros físico-químicos e sensoriais, sendo capazes de obter dados de concentrações de produtos secundários da fermentação, que não são detectados durante uma degustação, mas que podem vir a fazer a diferença no dia seguinte de quem consome o produto (COELHO NETO, 2022).

A ressaca é guiada pela quantidade de álcool ingerido, pois este pode vir a ser tóxico para o organismo, mas também pela graduação alcoólica do produto e qualidade dos álcoois nele presentes, grandes grupos cervejeiros possuem meios para analisar todos os álcoois produzidos pela levedura em uma cerveja, além de

aldeídos, ésteres e fenóis, essa série de voláteis podem ser decisivos como indicadores de qualidade (LIMA, 2024; COELHO NETO, 2022).

#### 4.3 A IMPORTÂNCIA DOS VOLÁTEIS PRESENTES NA CERVEJA PARA UM MELHOR CONTROLE DE QUALIDADE

Como citado no capítulo 3.3 há fatores que influenciam para uma maior produção de ésteres, álcoois, álcoois superiores e acetaldeído que são os principais componentes voláteis encontrados na cerveja, como nutrição da levedura, dosagem de fermento e temperatura de fermentação, compõem a cerveja mais de 40 tipos de álcoois, a toxicidade do álcool e do acetaldeído ao organismo humano é o grande vilão da história, podendo ocasionar moléstias a curto e longo prazo (LIMA, 2024; SENAI, 2014).

Em busca de um produto com paladar superior e características neutras, apresentando boa qualidade sensorial, o controle de substâncias voláteis e sua produção pela levedura durante a fermentação, é de extrema importância para o controle de qualidade e a satisfação do consumidor, assim sendo indiscutível a importância desses parâmetros para determinar as relações do consumo de cerveja, qualidade e ressaca (LIMA, 2024; SENAI, 2014).

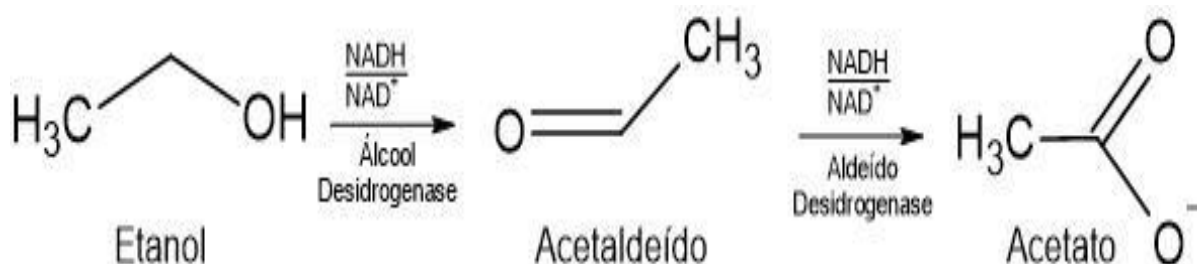
### 5 O METABOLISMO HUMANO E O ÁLCOOL

Não há como falar da rota metabólica do álcool no organismo humano, sem abordar a saúde, é importante ressaltar que a Organização Mundial da Saúde (OMS), considera que não há níveis seguros de consumo para o álcool sem que afete a saúde do indivíduo, entre os principais danos estão o alcoolismo crônico, cirrose, esteatose hepática, alguns tipos de câncer, moléstias do sistema cardiovascular e sistema nervoso central (LIMA, 2024; OMS, 2023).

Após ser ingerido, cerca de 90% do álcool é absorvido pelo organismo, uma pequena parcela é absorvida pelo estômago e fica disponível para circulação na corrente sanguínea, e grande parte é transportada para o fígado, onde sofre oxidação por ação da enzima álcool desidrogenase que possui a capacidade de oxidar vários tipos de álcoois em aldeídos, no caso do etanol, ele é oxidado a acetaldeído em uma fase inicial do processo metabólico (GOULART, 2021).

O corpo humano não possui a capacidade de armazenar álcool, assim sendo obrigatório sua oxidação durante o processo metabólico, a ingestão de 1g de etanol, pode gerar 7kcal de energia. Um indivíduo saudável tem capacidade de metabolizar de 160g a 180g de álcool por dia, o acetaldeído gerado no processo ocasiona danos ao citosol hepático, mitocôndrias e necrose celular (MOYA, 2022).

**Figura 15** – Via metabólica do álcool através da álcool Desidrogenase.

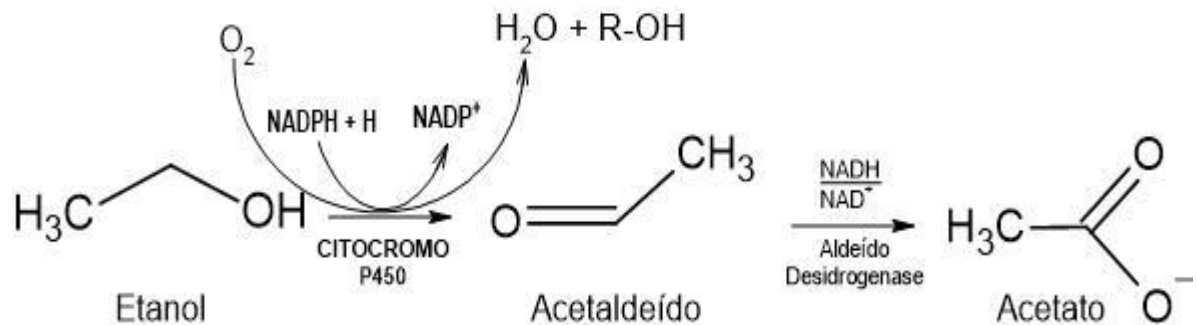


**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2024).

Na segunda etapa da oxidação, o acetaldeído é convertido em acetato pela ação da enzima acetaldeído desidrogenase, quando há consumo excessivo de álcool, essa rota metabólica leva ao acúmulo de Dinucleótido de Nicotinamida e Adenina (NADH), que fornece condições para a conversão do acetato em ácidos graxos e posteriormente em triglicerídeos, levando ao acúmulo destes no tecido hepático (DE FREITAS LANZA, 2021).

A rota oxidativa mais comum é através da álcool desidrogenase, porém há outras maneiras de metabolizar o etanol, que ocorrem em menor intensidade após o seu consumo. A rota que utiliza enzimas microsossomais oxidativas, consiste na atuação da enzima CYP2E1 (citocromo P450) presente nos hepatócitos, convertendo o etanol em acetaldeído, os elétrons utilizados para a quebra da molécula de oxigênio durante o processo, provém do NADPH, as duas moléculas de oxigênio resultantes, são empregadas na oxidação do álcool e geração de água, essa via metabólica favorece a formação de radicais livres (CARDOSO, 2022).

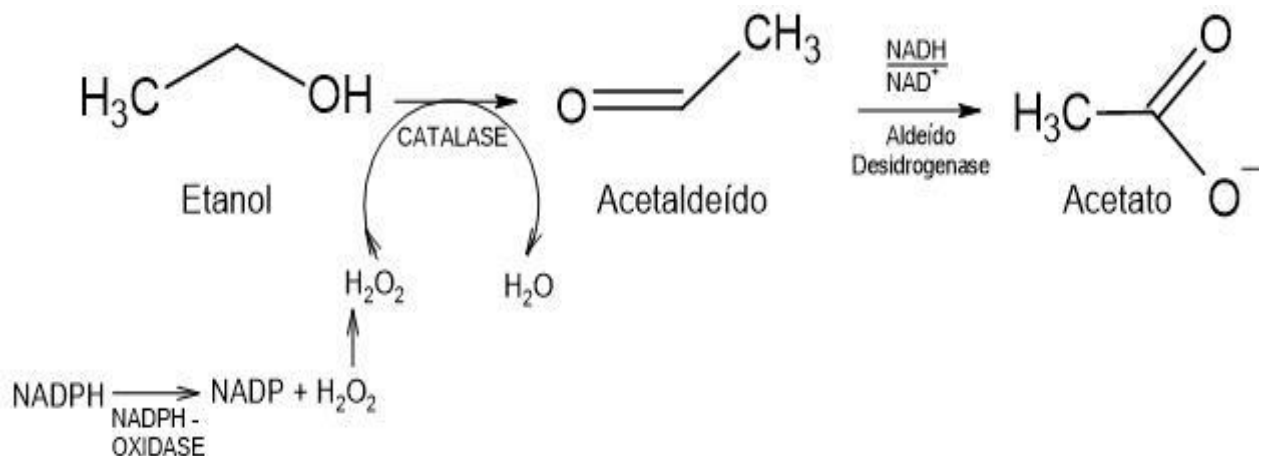
**Figura 16** – Via metabólica do álcool através do CITOCROMO P450.



**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2024).

A terceira e última rota metabólica do etanol no organismo, é através da enzima Catalase que a partir de peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), promove a oxidação do etanol em acetaldeído. A catalase é uma enzima abundante no tecido hepático, já o peróxido de hidrogênio necessário para sua atuação é sintetizado através da oxidação da forma reduzida do Fosfato de Dinucleótido de Nicotinamida e Adenina NADPH em NADP (DOS SANTOS FURLAN et al., 2022).

**Figura 17** – Via metabólica do álcool através da CATALASE.



**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2024).

O metabolismo do álcool demanda uma grande atividade de hepatócitos, dessa maneira desfavorecendo a absorção de nutrientes essenciais, outro fato é o efeito diurético ocasionado que por sua vez favorece a eliminação de nutrientes na urina, assim favorecendo o estresse oxidativo do organismo e elevando a

possibilidade da ocorrência de moléstias como anemia e imunossupressão, os casos mais severos são associados ao alcoolismo crônico (ROTH et al., 2020).

A absorção do álcool no organismo atinge seu ápice cerca de 30 a 45 minutos após a ingestão, sendo que esse tempo pode variar por diversos fatores, como sexo biológico, percentual de água corporal e peso médio do indivíduo. A alimentação é outro fator determinante, uma vez que um indivíduo em jejum favorece uma passagem mais rápida do álcool pelo sistema gástrico, vindo aumentar as taxas de álcool disponível no sangue mais rapidamente (LIMA, 2024; GOULART, 2021).

## **6 A RELAÇÃO DA RESSACA COM OS COMPOSTOS PRESENTES NA CERVEJA**

A ressaca alcoólica é definida como uma série de efeitos negativos, vivenciados por um indivíduo no dia seguinte a um evento de ingestão de bebida alcoólica, quando a taxa de álcool presente em sua corrente sanguínea se aproxima de zero. Essa temática ainda é pouco abordada, levando a uma falta de estudos aprofundados para melhor entender suas possíveis causas (VERSTER et al., 2020).

Para muitos consumidores de cerveja, efeitos indesejáveis do dia seguinte são atribuídos a qualidade do produto ingerido, não é incomum receber o relato de um amigo ou colega que acordou com um leve mal-estar, acusar a cerveja pelas dores de cabeça e sensações de fadiga, ânsia de vômito, entre outras (COELHO NETO, 2022).

Para entender a ligação entre estes, primeiro é necessário lembrar que mesmo em pequenas quantidades o álcool pode ser tóxico ao corpo humano, outro importante ponto a ser observado, são as condições ao qual o corpo do indivíduo está quando é realizada a ingestão do álcool, fatores como a privação da alimentação e uma hidratação deficiente, tem forte influência sobre a velocidade com a qual o etanol é absorvido e metabolizado, dessa maneira podendo vir a sobrecarregar as células hepáticas e proporcionar uma maior disponibilidade de álcool na corrente sanguínea, há também um efeito diurético na ingestão de cerveja que por sua vez pode ocasionar desidratação, a hipoglicemia é um quadro comum nesses casos, pois, o consumo de etanol contribui para a redução das taxas de glicose no sangue (PARK et al., 2022).

Considerando um ser humano saudável há uma série de fatores a serem considerados e observados, ascendência genética considerando a expressão de enzimas para o metabolismo do etanol e seus metabolitos, permeabilidade do próprio etanol em tecidos e órgãos (MACKUS et al., 2020).

Há questionamentos ainda pouco estudados, é necessário saber se somente a disponibilidade de etanol no sangue e sua capacidade de permear o tecido cerebral são suficientes para ocasionar reações indesejáveis. O seu principal metabolito o acetaldeído, originário de sua oxidação é abordado como uma dúvida frequente em sua contribuição para os efeitos indesejáveis da ingestão de etanol (MACKUS et al., 2020).

Há evidências que associam a ressaca as respostas inflamatórias geradas pelo corpo humano ao ingerir álcool, assim como o estresse oxidativo ocasionado pela geração de radicais livres durante o processo metabólico, outro grande questionamento é a taxa de eliminação de etanol pelo indivíduo, ou seja, a capacidade de processamento que o corpo de cada indivíduo possui (VAN DE LOO et al., 2020).

Entre as muitas hipóteses para a ocorrência da ressaca alcoólica, está a formação do acetaldeído, um composto carbonilado que pode vir a ser tóxico ao corpo humano, esse composto é formado durante a oxidação do etanol no metabolismo, mas também podendo estar presente em bebidas fermentadas, proveniente do seu processo produtivo. Há estudos que evidenciam que indivíduos de ascendência asiática tem ressacas mais intensas mesmo consumindo pequenas quantias de álcool, esse fato ocorre devido a uma peculiaridade genética na enzima aldeído-desidrogenase que trabalha de maneira mais lenta impactando em um tempo mais longo para a oxidação do acetaldeído em acetato, permitindo uma maior disponibilidade desse composto no tecido hepático e demais tecidos do corpo humano (VERSTER et al., 2020; YAN et al., 2022).

Seguindo essa linha de raciocínio, vale ressaltar que a cerveja por ser um fermentado alcoólico, pode já possuir acetaldeído em sua composição, assim como outros tipos de álcoois superiores ao etanol, como já discutido antes aldeídos podem ser tóxicos para o corpo humano, chegando a apresentar 20 vezes mais toxicidade que o próprio álcool, dessa maneira quando a cerveja é consumida, a partir do etanol nela presente logo, o corpo iniciará a produção de acetaldeído, de maneira que o acúmulo dessa substância, ocasionado pela ingestão de grandes quantidades de

etanol, irá causar sintomas de intoxicação, como rubor facial, dores de cabeça, ânsia de vomito (BIRKOVA et al., 2021).

Há também os indivíduos que relatam dores de cabeça e outros sintomas incômodos poucas horas após a ingestão da bebida alcoólica, fato esse que pode ser interpretado como uma intoxicação aguda pelo etanol e seus metabolitos. Essas ocorrências estão ligadas a indução de processos inflamatórios no córtex cerebral, que podem ser ocasionados por vasodilatação dos vasos meníngeos, além de aumento na atividade mitocondrial levando a uma maior demanda energética e forçando um maior fluxo sanguíneo para o cérebro. O gatilho para esses processos inflamatórios ainda não foi totalmente desvendado, ainda não há evidências concretas se a presença de congêneres oriundos da fermentação como fenóis e álcoois superiores, fazem parte do mecanismo que desencadeia esses sintomas poucas horas após a ingestão do etanol (ZHU, He et al., 2023).

Ao imaginar uma cerveja elaborada e executada com padrões de qualidade ruins, torna-se possível que ela já possua quantidades elevadas de acetaldeído, ocasionando uma possível intoxicação, além de acetaldeído, é possível a presença de álcoois superiores que serão processados em aldeídos superiores, possivelmente aumentando os efeitos indesejados e os sintomas de intoxicação (MOREIRA et al., 2022).

## **7 CONCLUSÃO**

O Brasil é um país tropical, no qual a população prefere o consumo de bebidas geladas, mesmo as alcoólicas. O mercado de cervejas no país, por essa influência, acaba comercializando em maiores quantidades a popular cerveja pilsen, que acaba sendo um produto mais leve e refrescante.

O consumidor de cerveja acaba por procurar produtos que ele acredita não lhe fazerem mal, não ter a sensação de ressaca no dia seguinte, porém esse fato não depende somente da qualidade do produto, mas também das condições do corpo do indivíduo, como alimentação, hidratação e a quantidade de álcool ingerida.

Há uma relação significativa entre concentração de álcoois superiores e acetaldeído na cerveja pronta, com as dores de cabeça e demais sensações indesejáveis que vem junto com a ressaca, pois o acetaldeído por si é altamente tóxico para o corpo humano, os álcoois superiores também são metabolizados em

aldeídos superiores, estes podendo apresentar toxicidade mais intensa que o próprio acetaldeído e elevando as sensações e efeitos indesejados.

O ideal seria que todas as cervejarias, sendo micro, médias e grandes, tenham acesso à tecnologia para controle da produção dessas substâncias na cerveja.

Conclui-se que o estado do indivíduo e a quantidade ingerida de álcool tem grande influência sobre a ressaca, porém essa pode ser significativamente influenciada pela presença de alguns compostos secundários da cerveja, devido a toxicidade ocasionada por compostos carbonilados ao ser humano.

## REFERÊNCIAS

ALCANTARA, Wallyson Darlan Silva de. **Influência do oxigênio dissolvido e do ar no headspace sobre o foreign gas nas cervejas**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Química) – Departamento de engenharia Química, Universidade Federal De Pernambuco, Recife, 2022.

Agraria. **“Fervura e Tratamento.”** Disponível em: [https://www.agraria.com.br/extranet\\_2016/uploads/AgromalteArquivo/04\\_fervura\\_e\\_tratamento\\_jornada\\_8h\\_1601583396918.pdf](https://www.agraria.com.br/extranet_2016/uploads/AgromalteArquivo/04_fervura_e_tratamento_jornada_8h_1601583396918.pdf). Acesso em: 28/03/2024

BARTHHAAS. **BarthHaas Report 2022/2023**. Disponível em: <[https://www.barthhaas.com/fileadmin/user\\_upload/01-barthhaas-2022/Resources/BarthHaas\\_Report/2022/BarthHaas\\_Report\\_2021\\_2022\\_EN.pdf](https://www.barthhaas.com/fileadmin/user_upload/01-barthhaas-2022/Resources/BarthHaas_Report/2022/BarthHaas_Report_2021_2022_EN.pdf)>. Acesso em: 20/01/2024

BATISTA, Eva Larissa de Andrade. **Cerveja artesanal: uma revisão sobre o seu processo de produção e seu potencial antioxidante**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química). Universidade Federal de Uberlândia. Patos de Minas, 2021.

BAUMER. **“Milling and Brewhouse Sensors for Breweries.”** Baumer Solutions for Food and Beverage. Disponível em: <https://www.baumer.com/be/en/solutions/food-and-beverage/sensors-for-breweries/milling-and-brewhouse/a/milling-and-brewhouse>. Acesso em: 28/03/2024.

BIRKOVÁ, Anna et al. Current view on the mechanisms of alcohol-mediated toxicity. **International journal of molecular sciences**, v. 22, n. 18, p. 9686, 2021.

BORTOLETO, Gisele Gonçalves; GOMES, Winston Pinheiro Claro. Determinação de compostos orgânicos voláteis em cervejas artesanais por cromatografia gasosa e amostragem por headspace. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e600997746-e600997746, 2020.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Aditivos Alimentares**. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/alimentos/aditivos-alimentares>. Acesso em: 16/03/2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/GM/MS, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 4 maio 2021. Seção 1, p. 69. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888\\_24\\_05\\_2021\\_rep.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_24_05_2021_rep.html). Acesso em: 20/02/2024

BRASIL ESCOLA. **O que é Fermentação?** Brasil Escola, 2024. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/quimica/o-que-e-fermentacao.htm>>. Acesso em: 13 mar. 2024.

BREANCINI, Guilherme et al. **Filtração da cerveja: descrição, equipamentos e estudos de casos**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

BRIGGS, Dennis E. **Brewing: science and practice**. 1th ed. New York: Woodhead Publishing, 2004.

CARDOSO, Amanda Borba Lago Alves; CÂMARA, Mariana Oliveira; DE ALMEIDA, Simone Gonçalves. Os efeitos do consumo de álcool no processo de hipertrofia. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 16, p. e317111638324-e317111638324, 2022.

SANTOS, Iza Maria Gomes dos. **Principais impactos na qualidade da fermentação cervejeira**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2021.

COELHO NETO, Dorval M. et al. ESTUDO DO PERFIL QUÍMICO DE CERVEJAS BRASILEIRAS: UMA AVALIAÇÃO ENTRE AS BEBIDAS ARTESANAIS E INDUSTRIAIS. **Química Nova**, v. 45, p. 518-530, 2022.

COSTA, Mayara Kétulen Silva. **Comparação energética entre cerveja pilsen e cerveja weiss**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Alimentos) – Escola Politécnica, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2022.

CUNHA, Letícia Perin et al. leveduras não convencionais como opção para produção de cervejas: uma revisão sistemática. **Seven Editora**, v. 1, n. 1, 2023. doi.org/10.56238/cienciasaudeestuepesv1-024.

DA SILVA GOMES, Carolaine. Avaliação do desempenho celular da levedura *Saccharomyces pastorianus* no reaproveitamento do fermento cervejeiro. **Revista Liberato**, v. 24, n. 41, p. 27-38, 2023.

DE FREITAS LANZA, Ana Tereza et al. O consumo de álcool e seus principais efeitos deletérios no corpo humano: uma revisão descritiva. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 7, n. 6, p. 82-99, 2021.

DELFORNO, Vitor Luis. **Produção de cerveja artesanal: uma revisão bibliográfica e análise mercado para implementação de uma cervejaria artesanal em Araraquara-SP**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Química) – Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araraquara, 2023.

DOS SANTOS, FABIO CALIXTO. **VARIABILIDADE FENOTÍPICA DE ALFA ÁCIDO DE LÚPULO (*Humulus Lupulus* L) CULTIVADOS NAS REGIÕES DO BRASIL**. 2020. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2020.

DOS SANTOS FURLAN, Caroline de Fatima et al. Riscos do uso abusivo do álcool durante gestação. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 38, n. especial, p. 363-376, 2022.

FREITAS, Carlos Felipe. **Heineken é a preferida, mas Ambev mantém liderança em vendas de cerveja no Brasil**. Catalise, São Paulo, 5 jun. 2023. Disponível em: <https://catalisi.com.br/heineken-e-a-preferida-mas-ambev-mantem-lideranca-em-vendas-de-cerveja-no-brasil/>. Acesso em: 20 jan. 2024.

GOULART, Ricardo Rodrigues. **Ações Do Etanol Sobre O Organismo E As Consequências Para A Saúde Humana Do Seu Uso No Curto E Longo Prazo Uma Revisão Bibliográfica**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Medicina) – Universidade Federal do Tocantis, Palmas, 2021.

GUIMARÃES, Claudionei Madeira. **Manual prático para cervejeiros iniciantes**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Tecnologia de Bebidas Alcoólicas) – Instituto Federal de Santa Catarina, Urupema, 2021.

HOLANDA, Caio de Santana. **Uso de ferramentas de tecnologia para avaliar a aplicação do Ciclo de Sinner na eficiência de CIP do processo de produção de cerveja**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

HORNINK, Gabriel Gerber. **Princípios da produção cervejeira e as enzimas na mosturação**. 1. ed. Alfenas: Universidade Federal de Alfenas, 2022. 96 p.

KRÓLAK, Kamil; KOBUS, Katarzyna; KORDIALIK-BOGACKA, Edyta. Effects on beer colloidal stability of full-scale brewing with adjuncts, enzymes, and finings. **European Food Research and Technology**, v. 249, n. 1, p. 47-53, 2023.

KUNZE, Wolfgang. **Tecnología para cerveceros y malteros**. 1. ed. Berlin: Vol. 7, pp. 826-885). VLB Berlin, 2006.

LAING, Harry; BULL, Steve; JOYCE, Sharon; O'MALLEY, Chris. Investigating cleaning in place (CIP) chemical, water, and energy use: A comparative study of standard operating procedure (SOP) for UK North East microbreweries. **Journal of Brewing and Distilling**, v. 10, n. 1, p. 17-28, 2021.

LIMA, Joel Correia et al. Impacto do álcool no organismo: uma revisão dos mecanismos fisiopatológicos envolvidos na toxicidade sistêmica. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 7, n. 1, p. 7660-7684, 2024.

LIN, Claire Lin et al. Packing a punch: understanding how flavours are produced in lager fermentations. **FEMS Yeast Research**, v. 21, n. 5, p. foab040, 2021.

MACIEL, Maria Aparecida Medeiros; DOS REIS, Sarah Martins; RAMALHO, Heryka Myrna Maia. **Águas potáveis: padrões de qualidade, metodologias experimentais e técnicas de purificação**. 1. ed. Campina Grande: Amplla Editora, 2022. 280 p.

MALLET, John. **Malte: um guia prático do campo à cervejaria**. 1. ed. Porto Alegre-RS: Editora Krater, 2021. 284 p. (Coleção Brewing Elements).

MACKUS, Marlou et al. The role of alcohol metabolism in the pathology of alcohol hangover. **Journal of Clinical Medicine**, v. 9, n. 11, p. 3421, 2020.

MET-CHEM. **Mash Filter - Discover a More Efficient Brewing Method**. Disponível em: <<https://metchem.com/mash-filter-press-brewing/>>. Acesso em: 24 mar. 2024.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Setor cervejeiro segue crescendo a cada ano, aponta anuário**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/setor-cervejeiro-segue-crescendo-a-cada-ano-aponta-anuario>>. Acesso em: 18 dez. 2023.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Anexo à Norma Interna DIPOV 2ª Edição. ISBN 17 02 23**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-de-produtos-origem-vegetal/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/AnexoNormalInternaDIPOV2Edicao.pdf/view> Acesso em: 28/02/2024

MEURA. **Meura 2001 Micro**. Disponível em: <<https://www.meura.com/products/micro.html>>. Acesso em: 24 mar. 2024.

MOREIRA, Mariana Toledo Gonçalves et al. Aldehyde Accumulation in Aged Alcoholic Beer: Addressing Acetaldehyde Impacts on Upper Aerodigestive Tract Cancer Risks. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 22, p. 14147, 2022.

MOYA, Lucas Caracho. Espectro da doença Hepática alcoólica: uma revisão acerca da fisiopatologia e repercussões clínicas: Spectrum of alcoholic Liver disease: a review of pathophysiology and clinical repercussions. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 5, n. 4, p. 13904-13927, 2022.

MULLER, Carlos V.; GUIMARÃES, Bernardo P.; GHESTI, Grace F. O controle oficial de uso de adjuntos em cerveja no Brasil. **Revista Processos Químicos**, v. 15, n. 29, 2021

MUXEL, Alfredo Alberto. **Química da Cerveja: Uma Abordagem Química e Bioquímica das Matérias-Primas, Processo de Produção e da Composição dos Compostos de Sabores da Cerveja**. 1. ed. Curitiba: Editora Appris, 2022. 351 p.

NOHEL, Frank; SCHÜSSLER, Vilmar. **Malteação e Produção de Maltes Especiais**. Apostila Aplicada ao Curso Técnico Cervejeiro – CTC. Guarapuava: Colégio Imperatriz Dona Leopoldina e Cooperativa Agrária, 2021.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **No level of alcohol consumption is safe for our health**. Disponível em: <<https://www.who.int/europe/news/item/04-01-2023-no-level-of-alcohol-consumption-is-safe-for-our-health>>. Acesso em: 07/04/2024.

PARK, Seol Hee et al. Alcoholic liver disease: a new insight into the pathogenesis of liver disease. **Archives of Pharmacal Research**, v. 45, n. 7, p. 447-459, 2022.

PASSOS, Taciana Silveira et al. COMPOSTOS ANTIOXIDANTE PRESENTES NA CERVEJA E SUA RELAÇÃO COM A SAÚDE HUMANA. **CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS: O AVANÇO DA CIÊNCIA NO BRASIL**, v. 1, n. 1, p. 70-85, 2022.

PEREIRA, Margarete Aparecida et al. MECANISMOS DE FORMAÇÃO DE DICETONAS VICINAIS E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE SENSORIAL DAS CERVEJAS: UMA REVISÃO. **Revista Contemporânea**, v. 3, n. 10, p. 19469-19483, 2023.

PEREIRA, Conrado Mioni. **Cerveja: história e cultura**. 1. ed. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2021. 138 p.

PIMENTA, Larissa Bicalho et al. A história e o processo da produção da cerveja: uma revisão. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 37, n. 3, p. 26715, 2020.

PROZYN. **Economia de água da indústria cervejeira**. Disponível em: <<https://prozyn.com.br/economia-de-agua-da-industria-cervejeira/>>. Publicado em 28 de dezembro de 2017. Acesso em: 28/02/2024

PALMER, John; KAMINSKI, Colin. **Água: um guia completo para fabricantes de cerveja**. 1. ed. Porto Alegre – RS: Editora Krater, 2021. 296 p. (Coleção Brewing Elements).

POZZER, Kátia Maria Paim. Os mesopotâmicos tinham fome de quê? Literatura, cultura material e outras histórias. Heródoto: **Revista do Grupo de Estudos e Pesquisas sobre a Antiguidade Clássica e suas Conexões Afro-asiáticas**, v. 2, n. 2, p. 137-152, 2017.

ROSALIN, João Paulo. A Trajetória da Cerveja no Brasil: Uma Proposta de Aproximação com a Teoria da Sucessão dos Meios Geográficos. **Geografia (Londrina)**, v. 30, n. 1, p. 149-165, 2021.

ROTH, Thais et al. Prejuízo na absorção de nutrientes pela ingestão de álcool: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 1, p. e190911910-e190911910, 2020.

SCHÜSSLER, Vilmar. **Moagem**. Apostila Aplicada ao Curso Técnico Cervejeiro – CTC. Guarapuava: Colégio Imperatriz Dona Leopoldina e Cooperativa Agrária, 2021.

SCHWARZ, Alex. **Filtração e Estabilização**. Apostila Aplicada ao Curso Técnico Cervejeiro – CTC Guarapuava: Colégio Imperatriz Dona Leopoldina e Cooperativa Agrária, 2021.

SCHLAFNER, M. **Separação do Trub Quente/Resfriamento/Aeração do Mosto e Separação do Trub Frio**. Apostila Aplicada ao Curso Técnico Cervejeiro – CTC Guarapuava: Colégio Imperatriz Dona Leopoldina e Cooperativa Agrária, 2021.

SENAI. **Tecnologia Cervejeira**. 1. ed. Rio de Janeiro: SENAI, 2014. 284 p.

SINDICERV. **IPA, Pilsen e mais: pesquisa revela os estilos de cervejas preferidos dos consumidores**. Sindicerv, 2024. Disponível em: <<https://www.sindicerv.com.br/noticias/ipa-pilsen-e-mais-pesquisa-revela-os-estilos-de-cervejas-preferidos-dos-consumidores/>>. Acesso em: 20 jan. 2024.

SILVA, Marcos Felipe da Costa. **A bebida de Ninkasi em terras tupiniquins: uma abordagem teórica da química de diferentes cervejas**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em química Industrial) – Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2020.

SILVA, Thamara do Carmo Oliveira. **Revisão integrativa da literatura sobre a produção e qualidade de cervejas artesanais: Uma análise bibliométrica**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Química) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2021.

SPÓSITO, Marcel Bellato et al. A cultura do lúpulo. **Série Produtor Rural**, v. 68, n. 68, p. 1-84, 2019.

SURRA DE LÚPULO. **Retrato dos Consumidores de Cerveja 2023**. 2023. Disponível em: <[https://drive.google.com/file/d/10BmXi3P-VLhAs3\\_mqwPBHCdFeEv9U0e/view?pli=1](https://drive.google.com/file/d/10BmXi3P-VLhAs3_mqwPBHCdFeEv9U0e/view?pli=1)>. Acesso em: 31 jan. 2024.

VAN DE LOO, Aurora JAE et al. The inflammatory response to alcohol consumption and its role in the pathology of alcohol hangover. **Journal of Clinical Medicine**, v. 9, n. 7, p. 2081, 2020.

VASCONCELOS, Antonia Gabriela Freitas de et al. A INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DO TEOR DE AÇÚCAR NA QUALIDADE DO MOSTO CERVEJEIRO. **CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS: O AVANÇO DA CIÊNCIA NO BRASIL-VOLUME 3**, v. 3, n. 1, p. 13-27, 2023.

VERSTER, Joris C. et al. Updating the definition of the alcohol hangover. **Journal of clinical medicine**, v. 9, n. 3, p. 823, 2020.

ZHANG, Guoqing; ZHANG, Nan; YANG, Anran; HUANG, Jingling; REN, Xueni; XIAN, Mo; ZOU, Huibin. Hop bitter acids: resources, biosynthesis, and applications. ***Applied Microbiology and Biotechnology***, v. 105, p. 4343–4356, 2021.

ZHU, He et al. Alcohol-induced headache with neuroinflammation: recent progress. ***Fermentation***, v. 9, n. 2, p. 184, 2023.

WECKL, A. **Fervura e Lupulagem**. Apostila Aplicada ao Curso Técnico Cervejeiro – CTC. Guarapuava: Colégio Imperatriz Dona Leopoldina e Cooperativa Agrária, 2021.

Weckl, A., & Schwarz, A. (2019). **Tipos de malte: como utilizá-los. Engarrafador Moderno**. Disponível em: <https://engarrafadormoderno.com.br/ingredientes/tipos-de-malte-como-utiliza-los>. Acesso em: 10 de março de 2024.

WHITE, C.; ZAINASFEFF, J. **Levedura—guia prático para a fermentação de cerveja**. 1. ed. Porto Alegre – RS: Editora Krater, v. 1, 2020. 328 p. (Coleção Brewing Elements).

YAN, Tingting et al. Acetaldehyde induces cytotoxicity via triggering mitochondrial dysfunction and overactive mitophagy. ***Molecular Neurobiology***, v. 59, n. 6, p. 3933–3946, 2022.