

CENTRO UNIVERSITÁRIO SAGRADO CORAÇÃO – UNISAGRADO

GABRIEL FERNANDO FERRI ZANETTI

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DO CONTROLE DE QUALIDADE NO PROCESSO
CERVEJEIRO

BAURU

2023

GABRIEL FERNANDO FERRI ZANETTI

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DO CONTROLE DE QUALIDADE NO PROCESSO
CERVEJEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como parte dos requisitos
para obtenção do título de bacharel em
Engenharia Química - Centro Universitário
Sagrado Coração.

Orientadora: Prof.^a Dr. Marcelo Telascrea.

BAURU

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de
acordo com ISBD

Zanetti, Gabriel Fernando Ferri

Z24p

Análise das condições do controle de qualidade no processo
cervejeiro / Gabriel Fernando Ferri Zanetti. -- 2023.

21f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Telascrea

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia
Química) - Centro Universitário Sagrado Coração -
UNISAGRADO - Bauru - SP

1. Produção de cerveja. 2. Indústria cervejeira. 3. Controle de
qualidade.

I. Telascrea, Marcelo. II. Título.

Elaborado por Lidiane Silva Lima - CRB-8/9602

GABRIEL FERNANDO FERRI ZANETTI

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DO CONTROLE DE QUALIDADE NO PROCESSO
CERVEJEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro de Ciências
Exatas e Sociais Aplicadas da
Universidade do Sagrado Coração
como parte dos requisitos para
obtenção do título de bacharel em
Engenharia Química, sob a orientação
Prof. Dr. Marcelo Telascrea

Aprovado em: ___/___/___.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Marcelo Telascrea
(Orientador) Centro Universitário do
Sagrado Coração

Prof. Dra. Ana Paula Cerino
Coutinho Centro Universitário do
Sagrado Coração

Prof. Dr. Herbert Duchatsch
Johansen Centro Universitário do
Sagrado Coração

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
2	METODOLOGIA.....	9
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
3.1	HISTÓRIA E EVOLUÇÃO DA CERVEJA	10
3.2	INGREDIENTES BÁSICOS DA CERVEJA	10
3.3	PROCESSO DE PRODUÇÃO DA CERVEJA	14
3.4	PERFIL SENSORIAL.....	16
3.5	CONTROLE DE QUALIDADE	17
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	20
	REFERÊNCIAS	22

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DO CONTROLE DE QUALIDADE NO PROCESSO CERVEJEIRO

GABRIEL FERNANDO FERRI ZANETTI

Graduando em Engenharia Química pelo Centro Universitário Sagrado Coração (UNISAGRADO)
gabrielzanetti22@gmail.com

RESUMO

A produção de cerveja é uma atividade tradicional que envolve uma série de processos químicos. A química desempenha um papel fundamental na fabricação de cerveja, afetando não apenas o sabor, mas também a qualidade da bebida. A compreensão desses processos químicos é essencial para garantir um produto de alta qualidade e para a compreensão do papel do controle de qualidade nesse processo. Nas atividades cervejeiras, verifica-se frequentemente a qualidade em diferentes etapas: nas matérias-primas, durante a produção do mosto ou cerveja e no produto, além de se estabelecer controles durante todo o processo, visando as temperaturas padrões de produção e demais fatores. Estas verificações se baseiam em métodos analíticos de controle de qualidade, muitas vezes supervisionados presencialmente. Em conclusão, com a crescente demanda por produtos de qualidade, torna-se essencial que os métodos de produção sejam otimizados e controlados. A combinação de técnicas analíticas (estudos laboratoriais e sensoriais, por exemplos) avança os sistemas de gestão da qualidade e ferramentas estatísticas permite garantir a consistência, segurança e aceitação do produto no mercado. À medida que a indústria cervejeira continua a crescer e evoluir, a importância do controle de qualidade só se tornará mais crítica.

Palavras-chave: Produção de cerveja, Controle de qualidade, Indústria cervejeira

ABSTRACT

Beer production is a traditional activity that involves a series of chemical processes. Chemistry plays a key role in brewing, affecting not only the flavor but also the quality of the drink. Understanding these chemical processes is essential to ensuring a high quality product and understanding the role of quality control in this process. In brewing activities, quality is frequently checked at different stages: in the raw materials, during the production of the wort or beer and in the product, in addition to establishing controls throughout the process, aiming at standard production temperatures and other factors. These checks are based on analytical quality control methods, often supervised in person. In conclusion, with the growing demand for quality products, it is essential that production methods are optimized and controlled. The combination of analytical techniques (laboratory and sensory studies, for example) advances quality management systems and statistical tools to guarantee the consistency, safety and acceptance of the product on the market. As the beer industry continues to grow and evolve, the importance of quality control will only become more critical.

Keywords: Beer production, Quality control, Brewing industry

1 INTRODUÇÃO

A produção de cerveja é uma atividade tradicional que envolve uma série de processos químicos. De acordo com Coelho *et. al.* (2020), a química desempenha um papel fundamental na fabricação de cerveja, afetando não só o sabor, mas também a qualidade da bebida. A compreensão desses processos químicos é essencial para garantir um produto consistente e de alta qualidade.

A produção de cerveja é um processo complexo que envolve múltiplas etapas, desde a brassagem até o envasamento, e requer um controle de qualidade rigoroso para garantir um produto que atenda às expectativas do consumidor. O controle de qualidade na produção de cerveja é composto por três tipos principais de análises: físico-químicas, microbiológicas e sensoriais. Essas análises são cruciais para assegurar que a cerveja seja produzida sem riscos à saúde e com características que satisfaçam o consumidor (Rosa; Afonso, 2015).

As análises físico-químicas, por exemplo, envolvem o controle do teor de carboidratos e etanol, bem como a acidez (pH), que são indicadores vitais da qualidade da cerveja. As análises microbiológicas visam a identificação e controle de micro-organismos que podem afetar negativamente a qualidade do produto. Além disso, estabelecer uma constante análise sensorial, visando a qualidade da espuma e a presença de turvações no produto, são de extrema importância para a aceitação do produto pelo mercado. Além de visar pela fermentação adequada do produto, uma vez que esses parâmetros de controle de qualidade são fundamentais para garantir a segurança do produto, além de um sabor agradável e condições de satisfação das exigências do consumidor (Rosa; Afonso, 2015).

De acordo com Ávila *et. Al.* (2022) a água é o principal componente da cerveja, representando mais de 92% do volume total, e que os minerais presentes na água têm um efeito direto no perfil sensorial da bebida. Dentre os minerais mais relevantes na fabricação da cerveja, destacam-se cálcio, magnésio, bicarbonato, cloreto, sódio e sulfato, que desempenham um papel importante no ajuste do pH do mosto e na intensificação de determinados sabores na cerveja. É crucial entender o papel desses íons e suas propriedades físico-químicas para a elaboração de cervejas que atendam aos desejos dos consumidores.

Diante do exposto, o presente estudo propõe o seguinte questionamento: Quais são os parâmetros de controle de qualidade mais relevantes para garantir a qualidade de uma cerveja?

Justifica-se a escolha do presente estudo pela necessidade de apresentar e discutir os parâmetros de controle de qualidade na produção de cervejas, uma vez que a qualidade do 7 processo é um fator crucial para a produção de cervejas de alta qualidade, afetando diretamente o sabor, aroma e aparência da bebida. Além disso, destaca-se os métodos de tratamento mais eficazes para garantir a qualidade do produto. O tema é relevante para contribuir para o aprimoramento da produção de cervejas de alta qualidade e para a compreensão do papel do controle de qualidade nesse processo.

O objetivo deste trabalho foi estudar os parâmetros de controle de qualidade utilizados na produção cervejeira, destacando a importância de cada um desses parâmetros para a qualidade final da cerveja e os métodos de análise mais comuns utilizados para monitorá-los. Além disso, será discutida a importância de analisar as técnicas e instrumentos utilizados para monitorar e garantir a qualidade e a segurança dos ingredientes e processos que compõe a fabricação de cervejas.

2 METODOLOGIA

O objetivo da metodologia é estudar os parâmetros de controle de qualidade mais relevantes na produção cervejeira, destacando a importância de cada um desses parâmetros para a qualidade final da cerveja.

Esse estudo tem por finalidade realizar uma pesquisa de natureza básica, para alcançar os objetivos propostos e melhor apreciação deste trabalho, foi utilizada uma abordagem qualitativa, com uma avaliação das informações coletadas para identificar os parâmetros de controle de qualidade mais relevantes. Com intuito de conhecer a problemática sobre a área de estudo foi realizado uma pesquisa exploratória.

Para obtenção dos dados necessários, foi utilizada uma revisão bibliográfica de artigos científicos, livros, teses e dissertações relacionadas ao tema. Será feita uma busca ampla em bases de dados acadêmicas, como Google Scholar. Os artigos e literaturas selecionados serão aqueles que possam proporcionar uma visão inicial ou insights preliminares sobre o controle de qualidade na produção de cervejas.

Os dados coletados serão analisados por meio de análise de conteúdo. Isso envolverá a identificação de temas recorrentes, conceitos-chave e práticas emergentes. Esta análise permitirá identificar áreas que necessitam de investigação mais aprofundada e formular hipóteses ou questões para pesquisas futuras.

Neste estudo, a abordagem adotada é de natureza exploratória e qualitativa. O objetivo principal é adquirir uma compreensão mais profunda e abrangente sobre os parâmetros e práticas de controle de qualidade na produção de cervejas, especialmente com base na literatura existente no campo.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 HISTÓRIA E EVOLUÇÃO DA CERVEJA

As origens da cerveja são difíceis de rastrear com precisão, algumas evidências sugerem que a sua existência vem aproximadamente de 9.000 anos, na Mesopotâmia, onde os sumérios podem ter descoberto acidentalmente a cerveja através da fermentação de cereais ou pão em água (Cervbrasil, 2023).

Civilizações antigas, da Ásia à Mesopotâmia, possuíam versões diferentes de “cerveja”, com produção e consumo profundamente enraizados nas suas culturas. Na Mesopotâmia, a cerveja assumiu até um papel económico, sendo utilizada como forma de “moeda” para comércio. (Raihofer *et. al.* 2022).

A expansão do Sacro Império Romano fez com que crescesse a importância da cerveja, levando ao surgimento da produção por monges nos climas mais frios do Norte da Europa. A introdução do lúpulo no processo de fabricação foi uma inovação alemã, que melhorou a preservação e o sabor. No século 19, os avanços tecnológicos da refrigeração e pasteurização revolucionaram a fabricação de cerveja, o que permitiu uma produção padronizada (Cabras; Higgins, 2016).

A Weihenstephan, localizada em Freising, Baviera, é a cervejaria mais antiga em funcionamento no mundo, produzindo cerveja desde o século 8 e comercializando-a desde 1040. O Brasil ocupa a terceira posição na produção mundial de cerveja, superado apenas pela China e pelos Estados Unidos. Quando se trata de consumo per capita de cerveja, a República Tcheca lidera com 143 litros por pessoa anualmente, o que equivale a mais de uma lata por dia. Em contraste, o Brasil está na 17ª posição nesse ranking (Cervbrasil, 2023).

3.2 INGREDIENTES BÁSICOS DA CERVEJA

Historicamente, as características únicas das águas regionais têm desempenhado um papel fundamental na definição de tipos específicos de cerveja, com as regiões a tornarem-se conhecidas pelas cervejas que possuem propriedades das suas fontes de água locais. Por exemplo, a água macia de Pilsner é celebrada

pela sua adequação na elaboração de cervejas claras e delicadas, enquanto a água dura de Burton-on-Trent, rica em sulfato de cálcio, é famosa pelas suas Pale Ales (Puncocharova *et. al.* 2019).

A presença de íons cálcio, magnésio, sódio e cloreto se destacam entre os componentes da água que afetam o sabor da cerveja. Durante o processo fermentativo, o cálcio ajuda a produzir espuma e mantém o pH estável. O magnésio, atua como um equilibrador de sabor, reduzindo a sensação de acidez e amargor da cerveja. O sódio pode intensificar o sabor salgado, enquanto o cloreto pode realçar o sabor maltado da bebida (Salimbeni; Pereira; Meneguetti, 2016).

O uso de bicarbonato pode ajudar a equilibrar a acidez do mosto e melhorar o sabor da cerveja. O cloreto tem a capacidade de realçar os sabores do malte e diminuir o amargor da cerveja. O sulfato, por outro lado, pode realçar o sabor do lúpulo da receita e aumentar o amargor. O sódio pode ser crucial para a fabricação de cerveja industrial em larga escala para gerenciar a fermentação. (Ávila *et. al.* 2022).

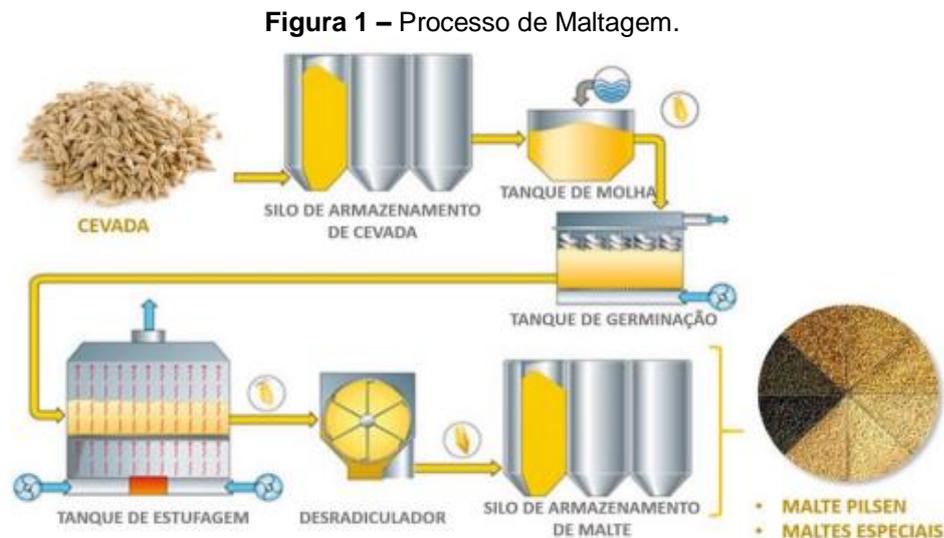
Outro elemento-chave que precisa ser observado é a alcalinidade da água. Baixos níveis de carbonatos e bicarbonatos são necessários para equilibrar as concentrações de cálcio. O pH do mosto é determinado pela composição mineral da água e pelo processo de acidificação natural que ocorre quando os grãos de malte são triturados. A faixa de pH recomendada para um mosto é de 5,2 a 5,5, com preferência para a extremidade inferior (5,2) para aumentar a atividade enzimática, o que resulta na melhor conversão de amidos em açúcares líquidos ("Horiba Scientific", 2023).

Um aspecto crucial é a distinção entre "água dura" e "água mole". A água dura, caracterizada por altas concentrações de sais e um pH de aproximadamente 8,47, demonstrou ser mais eficaz na extração do conteúdo total de carboidratos e de certas vitaminas B, como riboflavina e niacina, em comparação com a água mole, que possui baixas concentrações de sais dissolvidos e um pH em torno de 7,68 (DÍAZ *et al.*, 2022, p.5). Esta observação sugere que a composição mineral da água pode afetar a eficiência da extração de componentes essenciais durante o processo de mosturação.

Além disso, enquanto a água dura mostrou-se superior na extração de carboidratos e vitaminas B, as concentrações de ácido orgânico e iso- α -ácido não foram influenciadas pelos valores de pH da água. Esta informação é particularmente

relevante, pois indica que, embora a água possa influenciar a extração de certos componentes, outros componentes podem permanecer inalterados, independentemente da composição da água (Diaz *et. al.* 2022, p. 5).

Indispensável para sua produção, o processo de maltagem (Figura 1) envolve a quebra da dormência, principalmente da cevada, para ativar seus sistemas enzimáticos. A cevada, seguido pelo trigo, são os maltes mais comumente utilizados na produção de cerveja (Rebello, 2009).



Fonte: Adaptado de: Barth, 2023.

A malteação envolve inicialmente a umidificação dos grãos de cevada, conhecida como maceração. Isso é seguido por uma fase de germinação controlada, ativando as enzimas do grão. Essas enzimas atuam nas reservas de amido do grão, fornecendo carbono e energia para o crescimento do embrião. Quando a germinação atinge um estágio específico, ela é interrompida por meio da secagem. Uma das metas centrais da malteação é gerar enzimas. Essas enzimas não só facilitam transformações no grão durante a germinação, mas também desempenham um papel crucial na mosturação, uma fase na fabricação da cerveja, resultando em transformações benéficas (Donati, 2011).

O lúpulo, primariamente cultivado para a indústria cervejeira, é valorizado por sua lupulina, uma substância encontrada nas flores femininas, representado na Figura 2, dá amargor e sabor à cerveja. Além disso, tem aplicações medicinais, sendo usado em remédios para insônia, estresse e ansiedade. Seus brotos jovens são comestíveis, e seus caules podem ser transformados em pasta de papel ou fibra

têxtil. Em Portugal, o lúpulo é cultivado principalmente para a produção de cerveja (Rodrigues; Moraes; Castro; 2015).

Figura 2 - Flores Fêmeas de Lúpulo



Fonte: (Salimbeni; Pereira; Meneguetti, 2016).

Historicamente, o lúpulo ganhou destaque global na Alemanha no século IX, mas já era usado na fabricação de cerveja no Cáucaso desde a pré-história. Em Portugal, o cultivo começou em 1962 em Bragança, com técnicas e materiais importados da Espanha. Em 1963, a Lupulex 11 foi fundada, com investimento da indústria cervejeira local. Entre 1963 e 1968, houve testes de adaptação em várias regiões, levando à decisão de restringir o cultivo a Braga e Bragança em 1966 (Rodrigues; Moraes; Castro; 2015).

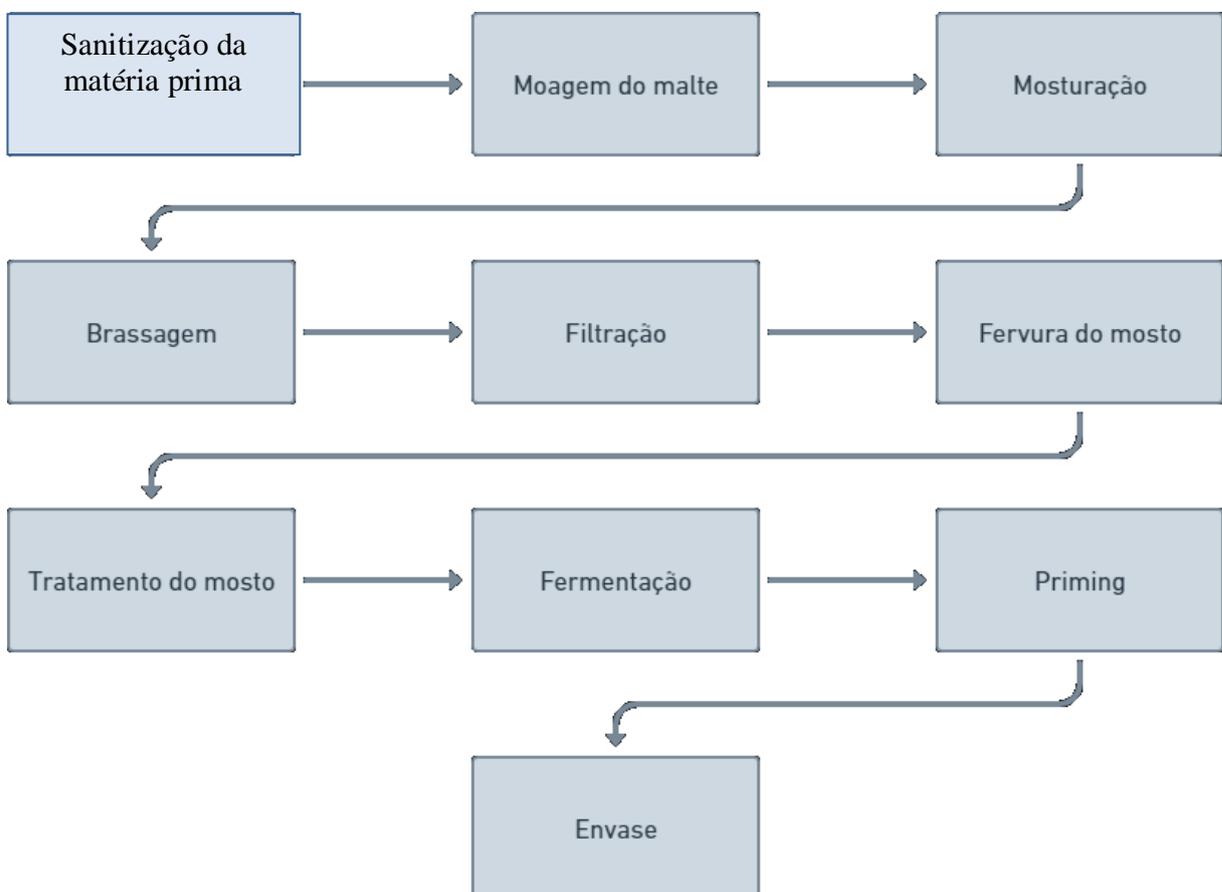
As flores do lúpulo possuem uma composição química elaborada. Para analisá-la, é comum categorizar os compostos secundários da planta em grupos, como resinas, polifenóis, óleos essenciais, proteínas, entre outros. Vale ressaltar que aspectos como tipo de lúpulo, práticas de cultivo, maturidade na colheita e procedimentos após a colheita podem influenciar a concentração desses componentes (Durello; Silva; Bogusz, 2019).

3.3 PROCESSO DE PRODUÇÃO DA CERVEJA

Atualmente, as cervejarias possuem diversos procedimentos, práticas e sabores relacionados à fabricação de cerveja, tornando o processo detalhado e rigoroso, como mostrado na Figura 3 (Andrade; Viana, 2021).

A produção de cerveja não se limita a uma técnica puramente baseada em princípios físicos. Apenas nos últimos 100 anos, começou-se a explorá-la de forma científica, e ainda existem reações no produto que não estão totalmente compreendidas. Assim, o conhecimento sobre a fabricação de cerveja combina teorias e experiências acumuladas ao longo dos anos (Junior; Vieira; Ferreira, 2009).

Figura 3 - Fluxograma de Produção da Cerveja.



Fonte: adaptado de: Pimenta *et. al.* (2020).

A fase de moagem visa fragmentar o grão do cereal para expor seu amido interno, otimizando a interação com as enzimas do malte e facilitando a hidrólise. Para que o malte seja considerado adequadamente moído, ele não deve apresentar grãos inteiros, e as partículas de endosperma não devem estar presas à casca. A maioria das cascas deve estar rasgada no sentido longitudinal, o endosperma deve

ser transformado em pequenas partículas uniformes, e a presença de farinha fina deve ser mínima. As cascas do malte processado servem como uma camada filtrante na subsequente filtragem do mosto. Existem dois tipos principais de moagem: seca e úmida. A moagem úmida difere da seca pela adição de umidade ao malte, tornando sua casca mais maleável, resultando em cascas mais preservadas e com menos endosperma aderido (Batista, 2021).

O ato de converter os ingredientes básicos da cerveja (água, malte e lúpulo) em mosto é chamado de mosturação. A finalidade central é usar enzimas para dissolver o amido presente nos grãos de malte, gerando extrato e diversos nutrientes (Bandinelli, 2015).

A etapa de mosturação pode ser conduzida através de técnicas de decocção, infusão ou uma combinação de ambas. No método de infusão, a mistura é aquecida até uma determinada temperatura e mantida por um período específico, depois, sua temperatura é progressivamente elevada até atingir o ponto final desejado. Já na decocção, uma porção da mistura é retirada, fervida e posteriormente reintegrada ao mosto principal, resultando no aumento da temperatura da solução total. Uma das vantagens da decocção é a eficiência na extração do amido (Batista, 2021).

O método tradicional de brassagem é também o mais básico. Ele visa dissolver a máxima quantidade de substâncias solúveis em água presentes no malte e nos ingredientes adicionais, conhecidos como extrato. Neste processo, malte triturado e água, com temperaturas entre 38 e 50°C, são combinados em um tanque, formando uma mistura uniforme. A temperatura é aumentada de forma controlada, aproximadamente 1°C por minuto, mas sem atingir o ponto de ebulição, ficando entre 65 e 70°C. A eficácia e o rendimento da brassagem são influenciados por diversos aspectos, incluindo a qualidade do malte, dos ingredientes adicionais, a composição da água, a proporção de água para sólidos e o perfil de tempo e temperatura adotado. A técnica de brassagem escolhida deve ser adequada ao tipo de mosto e, conseqüentemente, ao tipo de cerveja pretendido, levando em consideração os ingredientes e os equipamentos disponíveis (Junior; Vieira; Ferreira, 2009).

A etapa de filtração é crucial na fabricação de cerveja. Sua principal função é assegurar que a cerveja mantenha sua estabilidade quando exposta a temperaturas fora do ambiente de produção. Isso ajuda a preservar as características essenciais da bebida e prolonga sua vida útil (Breancini, 2018).

Durante a fervura do mosto, várias transformações ocorrem, incluindo a desnaturação de proteínas, a concentração do líquido, a remoção de componentes sulfurosos e a esterilização. Além disso, o mosto escurece devido à reação de Maillard. O lúpulo é adicionado em duas fases, no começo da fervura para proporcionar amargor e mais próximo ao final para dar o aroma típico da cerveja. Este estágio geralmente dura cerca de 80 minutos de fervura ativa, seguidos de 30 minutos para aquecer o líquido (Tozetto, 2017).

Após a fervura, o mosto é resfriado e transferido para um novo recipiente. Esta etapa visa permitir que as proteínas desnaturadas se depositassem, deixando o mosto em repouso por cerca de 30 minutos. Adicionalmente, a aeração do mosto no começo da fermentação é crucial para o desenvolvimento da levedura (Batista, 2021).

A fermentação é a etapa-chave na fabricação de bebidas alcoólicas, onde o principal foco é a transformação de açúcares em álcool e dióxido de carbono por meio da ação das leveduras em um ambiente sem oxigênio. Para iniciar o processo, são usadas culturas de levedura que são renovadas após determinados ciclos de fermentação. Entre esses ciclos, as células leveduriformes são submetidas a tratamentos com soluções ácidas para remover potenciais impurezas (Oliveira, 2011).

3.4 PERFIL SENSORIAL

A água, um elemento fundamental na composição da cerveja, desempenha um papel crucial na determinação de suas características sensoriais, tais como sabor, aroma, cor e textura. A composição da água varia significativamente entre diferentes regiões e apresenta distintas concentrações de minerais e íons. Estas variações podem influenciar diretamente atributos sensoriais da bebida, como intensificar a amargura ou atenuar sabores ácidos. Isso contribui para a vasta diversidade de estilos de cerveja observados globalmente.

Nesse cenário, a avaliação sensorial se consolida como uma ferramenta imprescindível na indústria cervejeira. Ela vai além da simples análise do produto acabado, sendo essencial para garantir a excelência das matérias-primas, incluindo a água. Essa técnica permite que os cervejeiros identifiquem e corrijam possíveis desvios no perfil sensorial desejado, bem como nuances e características específicas da água que podem influenciá-lo. Assim, os cervejeiros podem ajustar e

aprimorar o processo produtivo, assegurando a qualidade constante da cerveja e a satisfação do consumidor (Habschied; Krstanovic; Mastanjevic; 2022).

3.5 CONTROLE DE QUALIDADE

Durante a produção de cerveja, diversos elementos, seja do próprio processo ou de contaminações microbiológicas, podem afetar sua qualidade. Embora a cerveja não seja um ambiente propício para o desenvolvimento de muitos microorganismos, certos agentes deteriorantes podem proliferar, causando problemas como turvação e alterações no sabor e aroma. Essas mudanças comprometem a qualidade da bebida final (Menezes, 2018).

No âmbito das atividades cervejeiras, verifica-se frequentemente a qualidade em diferentes etapas: nas matérias-primas, durante a produção do mosto e no produto final. Estas verificações se fundamentam em métodos analíticos de controle de qualidade, muitas vezes supervisionados em processos manuais. Isso implica na coleta de amostras do processo que são posteriormente analisadas em laboratórios. Em muitas cervejarias, isso requer um laboratório interno devido ao intenso trabalho dos técnicos. Em situações alternativas, análises são 15 terceirizadas, resultando na avaliação de apenas uma porção das amostras para manter os custos de produção controlados (Ristow, 2020).

Os padrões microbiológicos estabelecidos para a amostra ou produto são os seguintes: A contagem padrão de microrganismos aeróbicos deve ser inferior a 3.000 Unidades Formadoras de Colônias por mililitro (UFC/mL). Além disso, a contagem de bolores e leveduras não deve exceder 100 UFC/mL para cada um (Tófoli, 2014).

Em relação aos parâmetros físico-químicos no processo de fabricação da cerveja, os padrões estabelecidos são: A cor e turbidez, valores abaixo de 20 EBC são classificados como cervejas claras, enquanto valores acima de 20 EBC são considerados para cervejas escuras. O pH deve estar na faixa de 4,0 a 4,2. O teor de proteína deve variar entre 0,25% e 0,37%. A dureza cálcica deve estar entre 35 a 40 ppm e pode chegar até 150 ppm. E a densidade específica deve se situar entre 1,007 a 1,022 g/cm³ (Tófoli, 2014).

A tonalidade da cerveja é um atributo crucial que ajuda os consumidores a identificar sua variedade e é essencial para o monitoramento da produção. A cor da cerveja é principalmente formada durante as etapas de mosturação, com influência

de elementos como: melanóides, polifenóis oxidados, metais como ferro e cobre e riboflavina. Os melanóides, pigmentos que variam do âmbar ao amarelo, são formados pelas Reações de Maillard e são os principais responsáveis pela cor. Os polifenóis oxidados, provenientes do malte, são a segunda maior contribuição. A presença de metais traço, como ferro e cobre, pode influenciar a cor ao promover a oxidação de certos compostos. A riboflavina, uma vitamina B2 encontrada nas células de levedura, também pode afetar a cor da cerveja (Vieira, 2015).

Durante a produção de cerveja, o escurecimento ocorre principalmente na fase de secagem do malte e continua durante a fervura do mosto. Esta reação envolve o aminoácido prolina e o açúcar maltose. Portanto, a quantidade de prolina presente pode influenciar a cor final. A tonalidade do mosto é um indicador da cor final da cerveja, e seu monitoramento é vital. A cor é medida na escala EBC (European Brewery Convention), mostrada de acordo com a Figura 4, é utilizada pela legislação brasileira. Para garantir a qualidade, um dos métodos mais reconhecidos internacionalmente, que utiliza a espectrofotometria (Vieira, 2015).

Figura 2 - Escala EBC.

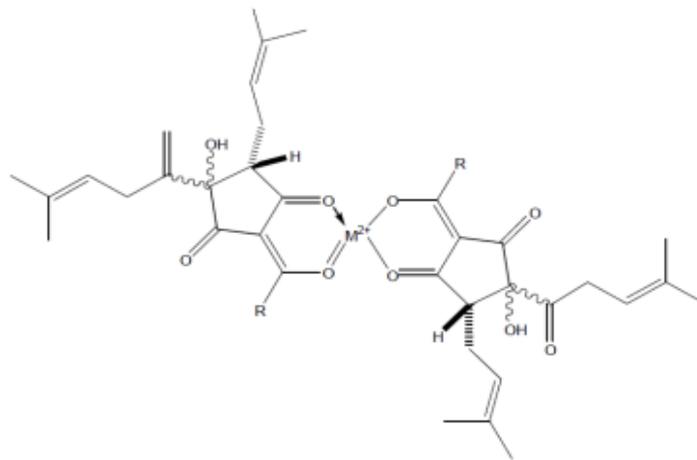
MACRO DIVISÃO	SRM	TONALIDADE	EBC	CLASSIF.++
Palha	2 - 3		3,94 - 5,91	
Amarelo	3 - 4		5,91 - 7,88	Cerveja Clara até 20 EBC
Ouro	4 - 5		7,88 - 9,85	
Âmbar	6 - 9		11,82 - 17,73	
Profundo âmbar / cobre luz	10 - 14		19,70 - 27,58	
Cobre	14 - 17		27,58 - 33,49	Cerveja Escuro ≥ 20 EBC
Profundo cobre/castanho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

Fonte: Lage (2021).

O gosto amargo em cervejas é predominantemente derivado de compostos conhecidos como ácidos iso- α . Estes compostos não são inerentes à cerveja, mas surgem da transformação de elementos que estão naturalmente presentes. Esse processo de transformação, chamado isomerização, ocorre durante a fervura do mosto e tem uma eficácia de cerca de 30%. Por essa razão, os ácidos- α do lúpulo

são incorporados para potencializar a presença dos ácidos iso- α , de acordo com a Figura 3, são os principais agentes que conferem o amargor característico às cervejas (Vieira, 2015).

Figura 5 - Estrutura do ácido iso- α .



Fonte: Vieira (2015).

O IBU (Unidade Internacional de Amargura) representa a métrica globalmente reconhecida para determinar o grau de amargor em cervejas. A quantificação do IBU é crucial para assegurar a qualidade da bebida, indicando o nível de amargura presente. Esses índices podem oscilar de 1 a aproximadamente 100 IBU (Lage, 2021).

A formação de espuma é um fator crucial para a apreciação da cerveja pelo público. Essa espuma é composta principalmente por proteínas de elevada massa molecular, originárias do malte, e por resinas derivadas do lúpulo. A presença de uma espuma inadequada pode ser consequência da exposição da cerveja a substâncias de limpeza ou lubrificantes durante sua produção. Além disso, a filtragem com materiais absorventes e o uso excessivo de enzimas proteolíticas podem comprometer a qualidade da espuma. A análise da rapidez com que a espuma se desfaz é realizada através da mensuração (utilizando-se um cronômetro) do período em que a espuma se mantém estável antes de começar a dissipar (Rosa; Afonso, 2015).

O valor do pH desempenha um papel crucial na durabilidade da espuma da cerveja. Observa-se que, em condições de pH reduzido, a espuma tende a ser mais estável. Isso ocorre porque uma quantidade considerável de ácidos, originários do

lúpulo, não se dissocia em uma faixa estreita de valores de pH. Consequentemente, esses ácidos apresentam maior caráter hidrofóbico e conseguem se adsorver na interface de forma mais eficaz (Vieira, 2015).

Uma consideração valiosa acerca da qualidade da cerveja durante a sua estocagem está relacionada ao seu pH reduzido. Isso se deve ao fato do desempenho que um pH mais ácido possui, favorecendo a liberação de sulfito e, simultaneamente, atua como um obstáculo ao desenvolvimento de bactérias.(Andrade; Viana, 2021).

Além disso, pode-se estabelecer a implementação de ferramentas de qualidade no processo produtivo da cerveja é inegável, especialmente em um mercado cada vez mais competitivo. Segundo Silva e Casagrande (2022), a cerveja é uma bebida que exige um alto padrão de qualidade, tornando essencial a adoção de métodos que garantam esse padrão. Nesse contexto, o ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act) surge como uma ferramenta eficaz que oferece estratégias organizacionais e administrativas, permitindo uma melhoria contínua no processo de produção. Além disso, o 18 5W2H atua como um excelente plano de ação, e o uso conjunto dessas ferramentas resulta em benefícios significativos, como a melhoria da produtividade e a implementação de controles mais robustos (Silva; Casagrande, 2022, p. 0, 8).

A indústria cervejeira é caracterizada como um setor de alta tecnologia, onde pequenos erros podem levar a grandes prejuízos. Nesse cenário, a implementação de ferramentas de qualidade se torna crucial para mitigar riscos e aperfeiçoar o processo produtivo. O uso de métodos como o ciclo PDCA e o 5W2H não apenas eleva o padrão de qualidade do produto, mas também estabelece um sistema de gestão da qualidade eficaz. Essas ferramentas são vitais para o sucesso em um ambiente industrial que é tanto complexo quanto competitivo, fornecendo mecanismos para a melhoria contínua e para a tomada de decisões baseadas em dados (Silva; Casagrande, 2022, p. 8).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca pela perfeição na fabricação de cerveja sempre foi uma jornada contínua, e com a crescente demanda por produtos de qualidade, torna-se imperativo que os métodos de produção sejam otimizados e controlados para garantir uma cerveja de alta qualidade, isso requer um profundo entendimento dos

processos químicos, físicos e biológicos envolvidos, bem como um rigoroso controle de qualidade em todas as etapas do processo produtivo. A combinação de técnicas analíticas avançadas com sistemas de gestão da qualidade e ferramentas estatísticas permite garantir a consistência, segurança e aceitação do produto no mercado. À medida que a indústria cervejeira continua a crescer e evoluir, a importância do controle de qualidade só se tornará mais crítica, garantindo que os consumidores recebam um produto de alta qualidade a cada vez que abrirem uma garrafa ou lata de cerveja.

Este trabalho foi desenvolvido com a finalidade de explorar e destacar os parâmetros de controle de qualidade na produção de cerveja. Com a complexidade inerente ao processo de fabricação de cerveja, é crucial que cada etapa seja monitorada e ajustada conforme necessário. Ao fazermos isso, não apenas garantimos a produção de uma cerveja de sabor e aroma excepcionais, mas também asseguramos a segurança e a saúde dos consumidores.

Além disso, a indústria cervejeira é uma parte vital da economia de muitos países, empregando milhares de pessoas e contribuindo significativamente para as receitas fiscais. Portanto, manter padrões elevados de controle de qualidade não beneficia apenas os consumidores, mas também os produtores, os empregadores e a economia em geral.

Para a sociedade, este estudo é de suma importância porque proporciona uma compreensão clara dos processos envolvidos na produção de cerveja e destaca a necessidade de manter padrões rigorosos de controle de qualidade. Além disso, ao entender os parâmetros de controle de qualidade, os consumidores tornam-se mais informados e podem fazer escolhas melhores ao selecionar e consumir cervejas.

Em conclusão, a busca pela perfeição na produção de cerveja é uma jornada que exige dedicação, conhecimento e rigor nos processos. Ao enfatizar a importância do controle de qualidade e ao compreender os parâmetros envolvidos, estamos não apenas melhorando o padrão da cerveja produzida, mas também enriquecendo a experiência cultural e social associada ao ato de consumir cerveja.

REFERÊNCIAS

ÁVILA, R. A. De *Et. Al.* **Influência Da Composição Mineral Da Água Na Qualidade Da Cerveja.** Em: *Ciência E Tecnologia De Alimentos: O Avanço Da Ciência No Brasil.* [S.L.] Editora Científica Digital, 2022. P. 121–131.

BATISTA, E. L. A. de. Universidade Federal De Uberlândia Faculdade De Engenharia Química Graduação Em Engenharia De Alimentos. **Cerveja Artesanal: Uma Revisão Sobre O Seu.** [S.L: S.N.].

BANDINELLI, P. C. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul Escola De Engenharia Departamento De Engenharia Química Eng07053-Trabalho De Diplomação Em Engenharia Química. [S.L: S.N.].

BREANCINI, G. Universidade Federal De Uberlândia Faculdade De Engenharia Química Curso De Graduação Em Engenharia Química **Filtração Da Cerveja: Descrição, Equipamentos E Estudos De Casos.** [S.L: S.N.].

CABRAS, I.; HIGGINS, D. M. **Beer, Brewing, And Business History.** *Business History*, V. 58, N. 5, 2016.

Coelho Neto, D. M. Et Al. **Chemical Concepts Involved In Beer Production: A Review.** *Revista Virtual De Quimica*, V. 12, N. 1, P. 120–147, 1 Fev. 2020.

DÍAZ, A. B. *Et. Al.* **From The Raw Materials To The Bottled Product: Influence Of The Entire Production Process On The Organoleptic Profile Of Industrial Beers.** *Foods*, 2022, Vol. 11, P. 3215.

DONATI, P. P. de. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul Instituto De Ciências E Tecnologia De Alimentos, Curso De Engenharia De Alimentos. **Malte: Uma Revisão.** [S.L: S.N.].

DURELLO, R. S.; SILVA, L. M.; BOGUSZ, S. **Hop Chemistry.** *Quimica Nova*, V. 42, N. 8, P. 900–919, 2019.

HABSCHIED, K.; KRSTANOVIĆ, V.; MASTANJEVIĆ, K. **Beer Quality Evaluation— A Sensory Aspect**. Beveragesmdpi, , 1 Mar. 2022. Horiba Scientific. **Acesso Em:** 7 Out. 2023.

JUNIOR, A. A. D.; VIEIRA, A. G.; FERREIRA, T. P. Resumos Estendidos 2 Processo De Produção De Cerveja. [S.L: S.N.].

LWP - Lab Water Purification Systems | Sartorius. **Acesso Em:** 7 Out. 2023.

LAGE, N. A. Ministério Da Educação Universidade Tecnológica Federal Do Parana Campus Pato Branco Curso De Química 21 Bacharelado. **Análise E Produção De Cerveja Artesanal Do Tipo Ipa (India Pale Ale)**. [S.L: S.N.].

MENEZES, R. C. De. Universidade Federal Rural De Pernambuco Unidade Acadêmica De Garanhuns Engenharia De Alimentos Maria Carolina Rafael Carneiro De Menezes. **Controle De Qualidade Em Uma Cervejaria Artesanal: Analise De Contaminantes Do Processo De Fabricação E Eficácia Do Sistema De Clean In Place**. [S.L: S.N.].

OLIVEIRA, N. A. M. de. Universidade Federal De Minas Geraisufmg Instituto De Ciências Biológicas-Icb Programa De Pós graduação Em Microbiologia. **Especialização Em Microbiologia Leveduras Utilizadas No Processo De Fabricação Da Cerveja**. [S.L: S.N.].

PIMENTA, L. B. *Et. Al.* **A História E O Processo Da Produção Da Cerveja: Uma Revisão**. Cadernos De Ciência & Tecnologia, V. 37, N. 3, P. 26715, 25 Nov. 2020.

RAIHOFER, L. *Et. Al.* **A Short History Of Beer Brewing**. Embo Reports, V. 23, N. 12, 2022. Ristow, C. Universidade Federal De Santa Catarina Centro Tecnológico Programa De Pós-Graduação Em Engenharia De Produção. [S.L: S.N.].

REBELLO, F. P, Admin,+Agrogeoambiental_Volume_01_Num_03.109-119. 2009.

RODRIGUES. M. A. MORAIS, J. S.; CASTRO, J. P. M. de. 15 Quinze An. 2015.

ROSA, N. A.; AFONSO, J. C. **A Química Da Cerveja**. Química Nova Na Escola, V. 37, N. 2, 2015.

SALIMBENI, J. F.; PEREIRA, M.; MENEGUETTI, D. R. R. D. Universidade São Francisco Engenharia Química. **Caracterização Da Água E Sua Influência Sensorial Para Produção De Cerveja Artesanal**. [S.L: S.N.].

SILVA, C. M. Da, & CASAGRANDE, D. J. (2022). **Qualidade No Processo Produtivo Da Cerveja: Uma Análise A Partir Das Ferramentas Ciclo Pdca E 5w2h**. Interface Tecnológica, 19(1), 0, 8.

TÓFOLI, R. J. **Avaliação Da Qualidade Microbiológica E Físicoquímica De Cervejas Comerciais E Artesanais**. [S.L: S.N.].

TOZETTO, L. M. **Produção E Caracterização De Cerveja Artesanal Adicionada De Gengibre** (Zingiber Officinale). 80 F. Dissertação (Mestrado) - Curso De Engenharia De Produção, Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

UNČOCHÁŘOVÁ, L. *Et. Al.* **Study Of The Influence Of Brewing Water On Selected Analytes In Beer**. Potravinarstvo Slovak Journal Of Food Sciences, V. 13, N. 1, 2019.

VIANA, R. A. **Métodos De Controlo De Qualidade Nas Diferentes Etapas De Produção De Cervejas Artesanais**. [S.L: S.N.].

VIEIRA, A. E. O. **Controle De Qualidade Físico-Químico De Cerveja De Uma Indústria Paraense**. [S.L: S.N.].