



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA – UFU  
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA – FEQUI  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA**



**MARIA LUIZA DE CAMPOS SOUZA**

**UMA REVISÃO DA LITERATURA SOBRE A PRODUÇÃO DE CERVEJA SEM  
GLÚTEN**

**UBERLÂNDIA - MG**

**2024**

**MARIA LUIZA DE CAMPOS SOUZA**

**UMA REVISÃO DA LITERATURA SOBRE A PRODUÇÃO DE CERVEJA  
SEM GLÚTEN**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Universidade Federal de  
Uberlândia, como requisito parcial, para  
obtenção do título de bacharel em  
Engenharia Química

Orientador: Prof. Dr. Ubirajara Coutinho  
Filho

**UBERLÂNDIA - MG**

**2024**

**MARIA LUIZA DE CAMPOS SOUZA**

**UMA REVISÃO DA LITERATURA SOBRE A PRODUÇÃO DE CERVEJA  
SEM GLÚTEN**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Universidade Federal de  
Uberlândia, como requisito parcial, para  
obtenção do título de bacharel em  
Engenharia Química

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Ubirajara Coutinho Filho – UFU  
Orientador

---

Prof. Dra. Miriam Maria de Resende – UFU  
Membro

---

Tais Magalhães Abrantes Pinheiro – UFU  
Membro

Uberlândia – MG, 02 de Maio de 2024

Dedico este trabalho aos meus pais, pela  
inspiração, carinho e compreensão.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente eu gostaria de agradecer a Deus, que foi minha fonte de força durante a minha trajetória acadêmica.

À minha família, em especial a minha mãe Cleide, meu pai Luiz Carlos e a minha tia Maria Aparecida, que me incentivaram nos momentos mais difíceis e nunca deixaram de acreditar em mim.

À Universidade Federal de Uberlândia (UFU), aos professores da Faculdade de Engenharia Química (FEQUI), em especial ao meu orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Ubrirajara Coutinho Filho, por toda orientação e paciência.

Aos meus colegas em especial: A Rayara de Lima Brito, ao Alisson Rabelo, a Letícia Mellyane e aos meus amigos queridos: Amanda Lara Bressaneli, Eduardo Alves e Patricia da Silva.

Ao meu namorado Paulo César dos Santos Gonçalves por todo carinho e companheirismo.

“Encontra ânimo na dor e no desafio. Nesta vida só nos são colocados à frente os obstáculos que somos capazes de ultrapassar”.

(Augusto Branco)

## RESUMO

A doença celíaca é a condição em que o indivíduo portador dela possui sensibilidade a proteína glúten. Atualmente é recomendado que os portadores de doença celíaca façam uma dieta livre de glúten, pois na medicina atual o único tratamento para doença celíaca é uma alimentação livre do mesmo. Com isso indústrias alimentícias desenvolveram inúmeros alimentos e bebidas isentos de glúten. Em vista disso, a presente pesquisa objetivou examinar a fabricação de cervejas livres de glúten e como as investigações têm explorado soluções tecnológicas por meio de processos bioquímicos para produzir cervejas com reduzido teor de glúten ou isentas desse. Foram exploradas alternativas na utilização de outros grãos não maltados, por cereais já reconhecidos na produção de alimentos que não contenham glúten e que possam ser empregados na elaboração da cerveja e o uso de enzimas proteolíticas capazes de degradar o glúten. Outro ponto investigado foi o mercado, as tecnologias, a viabilidade de se produzir cerveja sem glúten e o custo de produção de uma cerveja sem glúten em uma mini cervejaria. A metodologia usada para a elaboração do presente trabalho, foi uma revisão bibliográfica utilizando sites de pesquisas, artigos científicos e livros em repositórios digitais. Foi possível concluir com a realização desse trabalho, que é possível desenvolver cervejas sem glúten, mediante a diferentes tecnologias, tornando assim o mercado desse produto mais competitivo e com mais consumidores adeptos a esse tipo de produto.

**Palavras chaves:** cerveja sem glúten, doença celíaca, enzimas proteolíticas

## ABSTRACT

Celiac disease is a condition in which the affected individual has a sensitivity to the protein gluten. Currently, it is recommended that individuals with celiac disease follow a gluten-free diet, as in contemporary medicine, the only treatment for celiac disease is a diet free of gluten. As a result, the food industry has developed numerous gluten-free foods and beverages. In light of this, the present research aimed to examine the production of gluten-free beers and how investigations have explored technological solutions through biochemical processes to produce beers with reduced gluten content or entirely gluten-free. Alternatives in the use of other non-malted grains, cereals already recognized in the production of gluten-free foods that can be used in beer production, and the use of proteolytic enzymes capable of degrading gluten were explored. Another point investigated was the market, technologies, feasibility of producing gluten-free beer, and the production cost of gluten-free beer in a microbrewery. The methodology used for the preparation of this work was a literature review using research websites, scientific articles, and books in digital repositories. It was possible to conclude from this work that it is possible to develop gluten-free beers through different technologies, thus making the market for this product more competitive and attracting more consumers to this type of product.

**Keywords:** gluten-free beer, celiac disease, proteolytic enzymes



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.C.:	Antes de Cristo
AACC:	Associação americana de químicos de cereais
ABREVA:	Associação Brasileira de Microcervejaria
AOAC:	Associação de Químicos Analíticos Oficiais
ASBC:	Sociedade Americana de Químicos Cervejeiros
DC:	Doença celíaca
DNA:	Ácido desoxirribonucleico
EC:	Condição Celíaca
ELISA:	Enzyme Linked Imunosorbent Assay
FEQUI:	Faculdade de Engenharia Química
GF:	Glúten Free
LC-MS:	Cromatografia Líquida combinada com espectrometria de massa
MG:	Minas Gerais
OF:	Densidade Final
OG:	Densidade Inicial
PCR:	Reação em cadeia de Polimerase
QQPFP:	Glutamina-glutamina-prolina-fenilalanina-prolina
UFU:	Universidade Federal de Uberlândia

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Grãos de Malte.....	14
Figura 2	Flor de Lúpulo.....	15
Figura 3	Lúpulos granulados.....	15
Figura 4	Levedura <i>saccharomyces cerevisae</i> .....	16
Figura 5	Processo de produção da cerveja.....	18
Figura 6	Esquema da formação do glúten.....	22
Figura 7	Fluxograma do processo.....	24
Figura 8	Sorgo em grãos.....	27
Figura 9	Painço ou milheto em grãos.....	27
Figura 10	Amaranto em grãos.....	28
Figura 11	Trigo sarraceno em grãos.....	28
Figura12	Quinoa em grãos.....	29

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valores de teores alcóolicos.....	26
Tabela 2	Análise sensorial.....	26
Tabela 3	Custos de matéria-prima para produzir 13.867 litros por dia de cerveja sem glúten.....	31

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2. CONCEITOS FUNDAMENTAIS</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1. A história da cerveja</b> .....	<b>13</b>
<b>2.2. Processo de produção da cerveja: Principais ingredientes cervejeiros</b> .....	<b>14</b>
2.2.1. <i>Água</i> .....	14
2.2.2. <i>Malte</i> .....	14
2.2.3. <i>Lúpulo</i> .....	15
2.2.4. <i>Levedura</i> .....	16
2.3. A produção .....	17
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>19</b>
<b>4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: UMA REVISÃO DA LITERATURA SOBRE A PRODUÇÃO DE CERVEJA SEM GLÚTEN</b> .....	<b>20</b>
<b>4.1. A cerveja sem glúten</b> .....	<b>20</b>
4.1.1. <i>Métodos de quantificação de glúten na cerveja</i> .....	20
4.2. Retirada do glúten da cerveja .....	21
4.2.1. <i>Uso de enzimas</i> .....	21
4.2.2. <i>Desenvolvimento de uma cerveja sem glúten por meio da degradação do mesmo</i> .....	22
4.2.3. <i>Etapas da produção</i> .....	24
4.2.4. <i>Análise sensorial e teor alcoólico</i> .....	25
<b>4.3. Uso de insumos alternativos</b> .....	<b>26</b>
4.3.1. <i>Sorgo</i> .....	26
4.3.2. <i>Painço ou milhete</i> .....	27
4.3.3. <i>Amaranto</i> .....	27
4.3.4. <i>Trigo sarraceno</i> .....	28
4.3.5. <i>Quinoa</i> .....	29
<b>4.4. Uma estimativa dos custos de matéria prima na produção de uma cerveja sem glúten de uma cervejaria artesanal</b> .....	<b>29</b>
<b>4.5. O mercado da cerveja sem glúten no âmbito nacional e internacional</b> .....	<b>32</b>
<b>4.6. Desafios e oportunaes</b> .....	<b>32</b>
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	<b>34</b>
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	<b>35</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A condição celíaca (EC) afeta milhões de pessoas em todo o mundo e é reconhecida como uma forma de sensibilidade ao glúten. Esse é formado por uma miscelânea heterogênea de proteínas insolúveis ricas em prolina e glutamina, achadas no endosperma de alguns grãos. (FANARI, 2018).

Atualmente o tratamento para a doença celíaca implica na adoção de uma dieta livre de glúten, a chamada dieta glúten free (GF), demandando assim a exclusão dos seguintes grãos e seus derivados: cevada, centeio, aveia e malte em alimentos e bebidas. O principal público-alvo de consumidores de alimentos sem glúten são mulheres, uma vez que a prevalência da doença celíaca é mais elevada entre as pessoas do sexo feminino (60% dos adultos afetados). (KAWKA et al, 2014).

Com isso a indústria de alimentos tem procurado ajustar esses produtos para garantir a segurança no consumo por indivíduos com sensibilidade ao glúten e também para desenvolver produtos, que possuem um menor índice calórico, característica essa relevante por boa parte da população. A cerveja por ser uma bebida amplamente apreciada e com grande relevância social, também foi alvo desse ajuste (MENEZES, 2019). Pois essa bebida possui glúten devido a presença de trigo, cevada e centeio em sua formulação.

Para reformular a produção de cerveja sem glúten, foram necessários desenvolvimentos de meios enzimáticos capazes de degradar o glúten presente no mosto ou de utilizar matérias primas isentas de glúten na formulação de cervejas. Há também diversos estudos científicos que concluem que a engenharia genética possibilita a modificação genética das aveia, centeio e trigo, para que estes não contenham glúten.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo identificar e apresentar meios que possibilitam a produção de cerveja sem glúten, assim como um panorama do mercado atual e das tecnologias usadas e as que ainda estão em desenvolvimento, para a fabricação dessa bebida, o mercado atual desse tipo de cerveja e a estimação dos custos dos ingredientes cervejeiros de uma cerveja sem glúten em uma cervejaria artesanal localizada em Uberlândia - MG.

## **2. CONCEITOS FUNDAMENTAIS**

### **2.1. A história da cerveja**

A cerveja é considerada a bebida alcoólica mais consumida do mundo. Os primeiros registros de produção de cerveja foram datados acerca de 7000 A.C., na região do atual Irã. A cerveja nesse período era produzida a partir da fermentação de pães e de grãos maltados. Com a revolução industrial a produção se tornou mais eficiente e mecanizada, surgindo assim as cervejarias comerciais. Foi a partir do século XIX, com a imigração europeia, que as tradições cervejeiras foram disseminadas para outros continentes, como América do Norte e América do Sul.

No Brasil, o hábito de consumir cerveja teve seu início por volta de 1808, durante a chegada da família real portuguesa (VENTURINI FILHO, 2016).

Esse marco histórico ocorreu por meio da assinatura do tratado econômico que abriu os portos brasileiros às nações amigas de Portugal. Essa abertura possibilitou que nações europeias estabelecessem relações comerciais com o Brasil. Foi nesse contexto histórico que a cerveja começou a ser introduzida no território brasileiro, inicialmente com a importação de cervejas de origem europeia, principalmente da Inglaterra. Na época, a Inglaterra era a maior produtora de cerveja na Europa e exercia significativa influência sobre Portugal. Essa influência perdurou até os anos setenta, quando a cerveja alemã ganhou preferência no consumo, juntamente com o surgimento da produção de algumas cervejas locais (DE PAULA SANTOS, 2003; ALEIXO, 2014).

No final do século XX e início do século XXI, houve um ressurgimento do interesse pela cerveja artesanal e um surgimento do interesse por cervejas sem glúten. Cervejarias começaram a focar em sabores distintos e métodos diferenciados de fabricação visando a característica da cerveja a ser produzida.

## 2.2. Processo de produção da cerveja: Principais ingredientes cervejeiros

### 2.2.1. Água

A água constitui aproximadamente 90% da composição da cerveja, desempenhando um papel fundamental na determinação da qualidade do produto final. Uma variedade de propriedades químicas presentes na água pode exercer influência direta sobre o resultado final da produção.

As principais características químicas da água que podem afetar a produção de cerveja incluem sua potabilidade, pH, dureza, alcalinidade, presença de íons e concentração de oxigênio dissolvido.

### 2.2.2. Malte

A obtenção do malte, inicia-se no processo de malteação mediante a umidificação dos grãos, desencadeando sua germinação e ativando enzimas essenciais para o processo de produção cervejeira. Posteriormente, a germinação é interrompida e os grãos são submetidos a diferentes temperaturas de secagem ou torrefação, conferindo-lhes distintos sabores e aromas, característicos de cada tipo de malte. A presença das enzimas mencionadas é vital para que o malte desempenhe um papel significativo na elaboração da cerveja, proporcionando açúcares e nutrientes que servirão como substrato para as leveduras durante o processo de fermentação.

A seleção do tipo de malte empregado, bem como a intensidade e a duração do processo de secagem ou torrefação, determinará os aromas, sabores e coloração distintivos, exercendo, por conseguinte, um impacto significativo sobre o perfil sensorial da cerveja.

Figura 1: Grãos de malte



Fonte: Cerveja da casa

### 2.2.3. Lúpulo

Além do lúpulo ser um conservante natural ele contribui para a estabilidade da espuma da cerveja, o lúpulo apresenta em sua composição resinas naturais e óleos essenciais. Estas resinas desempenham o papel de conferir o amargor à bebida, aspecto relevante para equilibrar o intenso dulçor proveniente do malte. Por outro lado, os óleos essenciais proporcionam uma variedade de aromas, os que se alteram conforme o tipo de lúpulo utilizada e a fase do processo de produção em que é adicionada.

A procedência do lúpulo, também introduz distintas características ao perfil sensorial da cerveja, que podem variar entre cítricas, florais, frutadas, herbais, resinosas e terrosas.

Figura 2: Flor de lúpulo



Fonte: Lupulina (2016)

Figura 3: Lúpulos granulados



Fonte: Faz cerveja (2024)



#### 2.2.4. *Levedura*

As leveduras cervejeiras, são encarregadas por metabolizar os açúcares derivados do malte e convertê-los em dióxido de carbono, álcool e outros compostos, desempenhando assim um papel primordial na conversão do mosto em cerveja.

Atualmente, empregam-se duas cepas de leveduras:

- Leveduras de alta fermentação (*Saccharomyces cerevisiae*): responsáveis pela produção das cervejas do tipo Ale. Elas fermentam em temperaturas mais elevadas, gerando uma ampla gama de subprodutos.
- Leveduras de baixa fermentação (*Saccharomyces pastorianus*): responsáveis pela produção das cervejas do tipo Lager. Elas fermentam em temperaturas mais baixas, resultando em cervejas de perfil menos complexo.

Figura 4: Levedura *Saccharomyces cerevisiae*



Fonte: Empório Santo Antônio (2024)

### 2.3. A produção

As etapas principais da fabricação da cerveja se dividem em: mosturação, fervura e fermentação (KUNZE, 2004). Entretanto, outras etapas são adicionadas a fim de garantir a qualidade do produto e de produzir cervejas de diferentes tipos, como a gluten free.

O processo se inicia na moagem do malte, onde os grãos são quebrados, fazendo com que o endosperma fique em contato com as enzimas que serão adicionadas, sendo este um processo necessário para a etapa de mosturação.

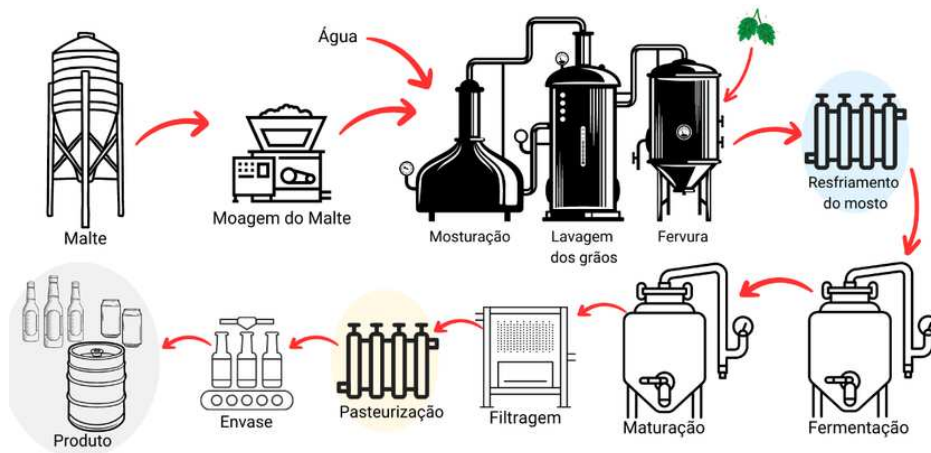
A mosturação tem por finalidade promover a solubilização dos materiais provenientes do malte. As alterações de temperatura possibilitam a conversão e a extração de diferentes açúcares presentes no malte, propiciando a diferenciação dos perfis de cerveja. Para maximizar a eficiência do processo de produção, a lavagem dos grãos se torna necessária. No fim da mosturação, o mosto é transferido para um vaso de fervura. (PALMER, 2014; KUNZE, 2004).

A fervura estereliza o mosto, coagula proteínas e realiza a isomerização das substâncias do lúpulo. Geralmente o tempo de fervura é igual ou superior a 60 minutos, eliminando, assim, qualquer contaminante biológico. (PALMER, 2014; MOSHER, 2015).

A etapa seguinte a fervura é o resfriamento do mosto. A temperatura de resfriamento é diferente a depender do tipo de levedura e, assim, é transferido para o fermentador. Posteriormente é realizada a inoculação da levedura, em um processo que pode ocorrer em períodos de 7 a 14 dias em temperatura controlada.

Uma vez concluída essa fase, pode-se dar início ao processo de maturação, no qual os subprodutos dessa fermentação são consumidos pelas leveduras e outras partículas sólidas são eliminadas na etapa de filtragem. Concluindo essas etapas, é realizado a pasteurização e o envase (PALMER, 2014).

Figura 5: Processo de produção da cerveja



Fonte: (BENACCHIO, 2023; PADILHA, 2023; ARRIECHE, 2023)

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo consistiu em uma revisão da literatura com o objetivo de analisar a produção de cerveja sem glúten.

Foi utilizado como método de pesquisa a busca de artigos e livros em repositórios digitais, utilizando palavras-chave como ponto de partida. As palavras-chave utilizadas foram inicialmente mais genéricas e, de acordo com o necessário, foram se tornando mais específicas.

As palavras-chave como: “celiac disease” (doença celíaca), “gluten” (glúten) e “gluten free beer” (cerveja sem glúten) foram utilizadas para obter informações referentes ao funcionamento do glúten, da doença celíaca e da produção de cerveja sem glúten

Frases como: “beer types comparatives” (comparação entre tipos de cerveja) foi utilizada para encontrar artigos focados nas relações entre os diversos tipos de cereais maltados e “degradação do glúten” também foi utilizada para obter artigos relacionados a produção de cerveja sem glúten através de enzimas.

## **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: UMA REVISÃO DA LITERATURA SOBRE A PRODUÇÃO DE CERVEJA SEM GLÚTEN**

### **4.1. A cerveja sem glúten**

A cerveja não é recomendada para pacientes que sofrem de doença celíaca (DC), doença essa causada pela alergia a um composto de proteínas chamado glúten, uma vez que a cerveja pode ser produzida utilizando: cevada, centeio, trigo e malte, os quais contêm glúten (KLUSENER, 2020). Com isso o desenvolvimento de cerveja sem glúten se tornou crucial para as pessoas portadoras de DC e o teor de glúten presente na cerveja tem que estar inferior a 20 ppm, conforme regulamento técnico específico. Entretanto esse teor pode variar dependendo da legislação de cada país. Países como Espanha e Alemanha estabelece que o teor de glúten de uma cerveja sem glúten deva estar inferior a 10 ppm.

#### **4.1.1. Métodos de quantificação de glúten na cerveja**

Há várias metodologias para medir o glúten na cerveja: técnicas ELISA (Enzyme Linked Immunosorbent Assay), LC-MS (Cromatografia líquida combinada com espectrometria de massa) e métodos fundamentados em PCR (Reação em Cadeia da Polimerase).

Os métodos ELISA podem ser classificados como diretos, indiretos, competitivos e sanduíches; e se fundamentam em reações imunoenzimáticas entre o antígeno e o anticorpo, detectáveis através de reações enzimáticas. Os métodos competitivos e sanduíche são os mais utilizados para detectar glúten, pois oferece a vantagem de terem custos mais baixos em relação a outras técnicas.

O método sanduíche ELISA, recomendado pelo Codex Alimentarius, é igualmente aprovado pela AACC (Associação Americana de Químicos de Cereais) e pela AOAC (Associação de Químicos Analíticos Oficiais). Esse método específico não consegue medir com precisão o glúten em alimentos fermentados e hidrolisados, como a cerveja. Ele necessita de dois epítomos (partes que se ligam) para a detecção, sendo adequado apenas para identificar o glúten intacto. Seu limite de detecção fica por volta de 1 ppm de glúten (variando conforme o tipo de prolamina) e seu limite de quantificação é de 5 ppm (FIEDLER et al., 2019).

O método competitivo, além de ser recomendado pelo Codex Alimentarius, aprovado pela Associação Americana de Químicos de Cereais (AACC) e pela Associação de Químicos Analíticos Oficiais (AOAC), também conta com a aprovação da Sociedade Americana de Químicos Cervejeiros (ASBC). Este método emprega um anticorpo monoclonal R5, que consegue identificar sequências peptídicas potencialmente tóxicas, ricas em prolina e glutamina (componentes das prolaminas), especialmente a sequência QQPF (glutamina-glutamina-prolina-fenilalanina-prolina), sendo necessário apenas um epítipo (porção que se liga) (SILVA, 2010). Essa técnica permite a detecção de peptídeos parcialmente hidrolisados, que ainda podem ser potencialmente nocivos para pessoas celíacas. O limite de detecção é de cerca de 5 ppm de glúten (podendo variar de acordo com o tipo de prolamina) e o limite de quantificação é de 10 ppm (LAUREANO, 2010).

A cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas (LC-MS) é uma técnica analítica amplamente empregada na análise de compostos. Ela é utilizada para a detecção e caracterização do glúten, envolvendo a digestão das proteínas para análise dos peptídeos no equipamento. Dessa forma, os espectros gerados incluirão os peptídeos presentes, permitindo sua identificação. Além disso, essa abordagem é especialmente útil quando os níveis de glúten são inferiores aos detectáveis pelos métodos ELISA, e quando se deseja obter informações sobre todos os peptídeos presentes na amostra (FIEDLER et al., 2019).

Métodos que se baseiam em técnicas de PCR (Reação em Cadeia da Polimerase) envolvem a proteção do DNA da amostra em questão para identificar o gene específico responsável pela toxicidade. Essa abordagem é altamente complexa e específica. Devido ao seu alto custo e à necessidade de equipamentos especializados, é menos utilizado, sendo recomendado para situações específicas e confirmatórias após os testes ELISA (MACHADO, 2012).

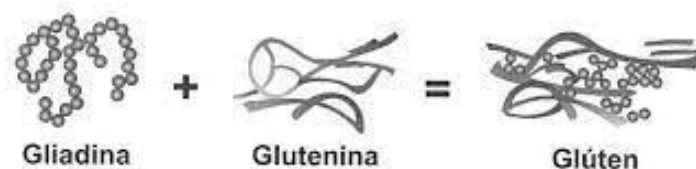
## **4.2. Retirada do glúten da cerveja**

### **4.2.1. *Uso de enzimas***

A retirada do glúten dos ingredientes presentes na cerveja, se dá através do uso de enzimas, proteases, que são capazes de quebrar o glúten dos componentes da cerveja e promover a estabilização coloidal. Essas enzimas promovem a quebra da estrutura da glutenina,

que é uma proteína formadora do glúten, sendo ela encontrada no endosperma dos grãos de trigo e da cevada.

Figura 6: Esquema da formação do glúten



Fonte: (AQUINO, 2012)

Enzimas das classes da pepsina, tripsina, quimotripsina, papaína, bromelina, da quimosina, fícina e as subclasses da mucopepsina, da carboxipeptidase A, da carboxipeptidase B ou da gly-xaa carboxipeptidase, atuam nas ligações peptídicas das proteínas, quebrando ou hidrolisando essas conexões. Isso resulta na degradação do glúten e na formação de fragmentos de peptídeos que não são identificados pelo sistema imunológico do celíaco.

A seleção da enzima varia de acordo com o tipo de cerveja a ser produzida, os grãos empregados e as particularidades do processo de produção, tais como pH, tempo do processo, temperatura e aditivos químicos. Podendo assim ser utilizado enzimas de uma só classe, de uma subclasse, como também de duas classes e duas subclasses em conjunto.

A quantidade de enzima a ser utilizada por mosto depende do fabricante e está indicada nos rótulos ou fichas técnicas.

#### ***4.2.2. Desenvolvimento de uma cerveja sem glúten por meio da degradação do mesmo***

A seguir será detalhado um método de produção desenvolvido por Coppi e colaboradores, (2021), que desenvolveram uma cerveja artesanal sem glúten, com um bom padrão de qualidade e preço acessível. Para a produção dessa cerveja foi utilizada a enzima endopeptidase, chamada Brewers Clarex.

Esses autores com o auxílio do software Beer Smith 3, fabricaram uma cerveja do tipo cream ale e posteriormente os mesmos realizaram testes sensoriais e análise alcoólica para comparação da cerveja produzida com uma outra cerveja de mesmo tipo com glúten.

Na fabricação das cervejas foram utilizados como matéria - prima: o malte tipo pilsen na composição de 83,3% e Carapils/Dextrine na composição de 16,7%, o lúpulo do tipo SAZZ na proporção de 14g por 60min de fervura e o lúpulo Hesbrucker adicionado no tempo de 60 min da etapa de fervura.

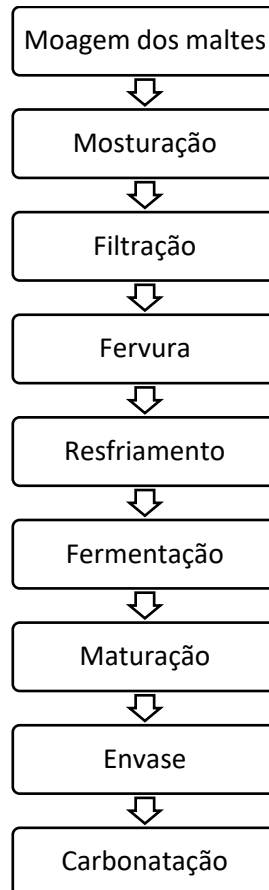
Para obter a comparação de uma cerveja sem glúten e outra com glúten, foram fabricados 21L de cerveja, sendo separado 10 litros para a inserção da enzima redutora de glúten e os outros 10 litros para uma fermentação padrão.



### 4.2.3. Etapas da produção

A figura a baixo descreve as etapas da fabricação da cerveja

Figura 7: Fluxograma do processo



Fonte: (Adaptada de Coppi e colaboradores, 2021)

A primeira etapa consiste em promover a moagem dos grãos de malte em moinho de disco para quebrar as cascas dos grãos. Em seguida, o malte é transferido para a mosturação no qual este é levado a um caldeirão com 24 litros de água a  $65^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . O malte foi mantido por 90 min à uma temperatura de  $62^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  e posteriormente a temperatura foi elevada para  $70^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  por 10 min.

Ao fim da mosturação, o mosto foi recirculado, formando uma camada filtrante, a fim de se obter um líquido claro e límpido e, seguidamente, foi iniciada a lavagem do bagaço com água a  $78^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  até a obtenção de um volume de 37 litros.

Os processos seguintes são: a transferência desse mosto para a fervura a  $90^{\circ}\text{C}$  com a adição de lúpulo; e ao resfriamento até  $27^{\circ}\text{C}$  com o uso de chiller de contra fluxo. Seguidamente

ao resfriamento, o mosto foi enviado a fermentação usando 50g de levedura US-05 sob agitação constante e em seguida, foi inserido 1mL de solução enzimática Brewer Clarex em 10 litros de mosto e assim o balde fermentador foi fechado e mantido sob temperatura controlada de 17°C ± 2°C durante 8 dias. Depois da fermentação ocorreu a maturação por 30 dias com a finalidade das leveduras decantarem no fundo do balde e o envase.

#### **4.2.4. Análise sensorial e teor alcoólico**

Após a fermentação para medir o teor alcoólico os autores utilizaram a fórmula desenvolvida por Charlie Papazian, para medir a densidade inicial do mosto (OG) ao final da maturação e subtrai a densidade final (OF) obtida ao fim da fermentação, multiplicando essa diferença pela constante 131,25 e os resultados foram:

Densidade inicial (OG): 1051

Densidade final (OF): 1020

$$(1051-1020) \times 131,25 = 4,09\%$$

A análise sensorial foi feita pelos integrantes da equipe e ambos avaliaram as características sensoriais das cervejas produzidas com glúten e sem glúten. Os participantes determinaram que as notas de avaliação sejam de 1 a 4, sendo:

1. Muito diferente;
2. Pouco diferente;
3. Semelhante;
4. Idêntico.

A Tabela 1 apresenta os valores de teores alcoólicos e a Tabela 2 a análise sensorial observados pela pesquisa.

Tabela 1: Valores de teores alcóolicos

Cerveja com glúten	4,1%
Cerveja sem glúten	4,1%

Fonte: (Adaptada de Coppi e colaboradores, 2021)

Tabela 2: Análise sensorial

Atributos	Com glúten / Sem glúten
Carbonatação	2
Sabor	2
Aroma	4
Amargor	3
Frescor	3

Fonte: (Adaptada de Coppi e colaboradores, 2021)

### 4.3. Uso de insumos alternativos

Outra alternativa para produzir cerveja sem glúten é a substituição em sua formulação do malte por cereais isentos de glúten, os chamados insumos alternativos.

Ingredientes que não possuem glúten como: arroz, sorgo, milho, painço, aveia e pseudocereais como amaranto, trigo sarraceno e quinoa, estão sendo estudadas a fim de avaliar o efeito da substituição na característica do produto final, garantindo assim a adequação do seu uso. (GUMIENNA, 2020), a aceitação pelos consumidores e a sua viabilidade econômica.

#### 4.3.1. *Sorgo*

Diferentemente da cevada, o sorgo apresenta uma boa adaptação a condições semiáridas e subtropicais, apresentando assim uma vantagem em relação a cevada e outros grãos temperados. Outro ponto que vale a pena ser destacado é que em países americanos em comparação com a cevada, o sorgo possui um preço relativamente mais baixo.

O sorgo, primeiramente, foi utilizado para a produção de cervejas na África, onde existem diversas bebidas feitas a partir de malte de sorgo conhecidas como “cerveja opaca”. Essas bebidas possuem características distintas das cervejas dos tipos Ale e Lager, devido a não

utilização do lúpulo, a não pasteurização e a fermentação incompleta. Resultando assim em características distintas, como aparência turva, alta viscosidade e sabor frutado.

Figura 8: Sorgo em grãos



Fonte: Armazém Santa Filomena (2024)

#### **4.3.2. Painço ou milhete**

O uso do painço ou milhete (*Panicum Miliaceum*) na produção de bebidas requer métodos específicos que modifiquem a sua composição física, tais como maltagem e moagem. No que diz respeito à maltagem, embora seja viável aplicar técnicas comuns na indústria cervejeira, algumas variedades de cereais mostram-se inadequadas para uso na fabricação de bebidas. Entretanto, a variante do painço "Braune Wildform" demonstra características suficientemente similares às da cevada. (ARENDRT; ZANNINI, 2013b).

Figura 9: Painço ou milhete em grãos



Fonte: Mercadão Natural (2024)

#### **4.3.3. Amaranto**

O amaranto apresenta propriedades antioxidativas e, por isso, é amplamente utilizado na produção de produtos sem glúten, porém a sua utilização na produção de cerveja produz uma

bebida de baixa eficiência com um teor médio de álcool, devido à alta temperatura de gelatinização do amido de amaranto e a sua sacarificação incompleta (GUMIENNA, 2020).

Figura 10: Amaranto em grãos



Fonte: Empório Quatro Estrelas (2024)

#### **4.3.4. *Trigo sarraceno***

Trigo sarraceno ou mourisco é um pseudocereal bastante usado na produção de produtos sem glúten. O seu uso na produção de cerveja apresenta uma versatilidade de aplicações dessa matéria prima, agregando assim características especiais ao produto final.

Figura 11: Trigo Sarraceno em grãos



Fonte: Feijão Veneza (2024)

#### 4.3.5. Quinoa

Outra alternativa é a utilização de quinoa, pois ela apresenta uma composição equilibrada dos nutrientes, um perfil de aminoácidos favorável, além de vitaminas, polifenóis e flavonóides (GUMIENNA, 2020).

Figura 12: Quinoa em grãos



Fonte: Emporio Integrale (2024)

#### 4.4. Uma estimativa dos custos de matéria prima na produção de uma cerveja sem glúten de uma cervejaria artesanal

Para estimar os custos de matéria prima de uma cerveja sem glúten tipo pilsen, produzida em uma cervejaria artesanal localizada, supostamente, em Uberlândia - MG, foi realizado uma pesquisa em sites de compra de ingredientes cervejeiros e posteriormente, calculou-se a quantidade e o custo de matéria prima requerida para se produzir 416 mil litros por mês ou aproximadamente 13867 litros ou 138.67 hL por dia. Quantidade essa que a Associação Brasileira de Microcervejarias (ABREVA) usa como critério para considerar uma cervejaria como sendo artesanal.

A seguir foi estimado os valores dos ingredientes: malte, adjuvante, lúpulo, levedura, enzima Brewers Clarex e água.

$$138,67 \text{ hL de cerveja} \times \frac{14 \text{ kg de malte}}{1 \text{ hL de cerveja}} = 1941,38 \text{ kg de malte}$$

$$1941,38 \text{ Kg de malte} \times \frac{9,70 \text{ R\$}}{1 \text{ Kg de malte}} = 18831,39 \text{ R\$ de malte}$$

$$138,67 \text{ hL de cerveja} \times \frac{5 \text{ Kg de adjuvante}}{1 \text{ hL de cerveja}} = 693,35 \text{ kg de adjuvante}$$

$$693,35 \text{ kg de adjuvante} \times \frac{213,90 \text{ R\$}}{1 \text{ Kg}} = 148.307,56 \text{ R\$ de adjuvante}$$

$$138,67 \text{ hL de cerveja} \times \frac{0,35 \text{ Kg lúpulo}}{1 \text{ hL de cerveja}} = 48,53 \text{ kg de lúpulo}$$

$$48,53 \text{ kg de lúpulo} \times \frac{301,05 \text{ R\$}}{1 \text{ kg de lúpulo}} = 14609,96 \text{ R\$ de lúpulo}$$

$$138,67 \text{ hL de cerveja} \times \frac{0,08 \text{ kg de Saccharomyces pastorianus}}{1 \text{ hL de cerveja}} = 11,09 \text{ kg de Saccharomyces pastorianus}$$

$$11,09 \text{ kg de Saccharomyces pastorianus} \times \frac{71,90 \text{ R\$}}{1 \text{ kg de Saccharomyces pastorianus}} = 797,37 \text{ R\$ de Saccharomyces pastorianus}$$

$$138,67 \text{ hL de cerveja} \times \frac{4 \text{ g de Enzima Brewers Clarex}}{1 \text{ hL de cerveja}} = 554,68 \text{ g de Enzima Brewers Clarex}$$

$$554,68 \text{ g de Enzima Brewers Clarex} \times \frac{45,00 \text{ R\$}}{500 \text{ g de enzima Brewers Clarex}} = 49,92 \text{ R\$ de enzima Brewers Clarex}$$

$$138,67 \text{ hL de cerveja} \times \frac{3,3 \text{ hL de água}}{1 \text{ hL de cerveja}} = 457,61 \text{ hL de água}$$

$$457,61 \text{ hL de água} \times \frac{104,41\text{R\$}}{300 \text{ hL de água}} = 159,26 \text{ R\$ de água}$$

Tabela 3: Custos de matéria-prima para produzir 13867 litros por dia de cerveja sem glúten

Matéria – prima	Custo (R\$)
Malte	18.831,39
Adjuvate	148.307,56
Lúpulo	14.609,96
Levedura	797,37
Enzima Brewers Clarex	49,92
Água	159,26
Custo total	182.755,46

Fonte: (O autor, 2024)



#### **4.5. O mercado da cerveja sem glúten no âmbito nacional e internacional**

Segundo um relatório divulgado pela Fior Markets (2021), prevê-se que o mercado mundial de cerveja sem glúten cresça para US\$ 18,7 bilhões até 2025.

As principais fábricas de cervejas sem glúten são: Bard's Tale Beer, Epic Brewing Company, Holiday Brewing Company, BURNING BROTHERS BREWING, LLC e a Anheuser-Busch, todas sediadas nos Estados Unidos da América, visto que a região com a maior participação no mercado das cervejas sem glúten é a América do Norte.

A primeira cervejaria no Brasil a produzir cerveja sem glúten, foi a cervejaria Farrapos. Atualmente, existem inúmeras marcas de cervejas sem glúten comercializadas. Entre as quais podemos citar: Stella Artois Pure Gold, Krug Light, Krug 20 Light International Lager, Fred Bier Pilsen, Wienbier 55 – sem glúten, Amstel Ultra, Dortmund Bier Pils – Sem glúten e cervejaria KUD God Save The Queen – Sem glúten.

#### **4.6. Desafios e oportunidades**

Os custos da produção de cervejas sem glúten são superiores aos custos da produção da cerveja convencional e esse fato é a principal limitação do mercado da cerveja glúten free (GF). Entretanto, podemos afirmar que o aumento de investimento, no setor, pode oferecer diminuição nos custos e mais sucesso entre os produtores e os consumidores. A razão do custo de produção ser mais elevado, é que a cerveja sem glúten apresenta maiores desafios em sua fabricação e uma concorrência menor no mercado produtor, interferindo, assim, no aumento do preço de prateleira do produto.

Um desafio bastante específico na fabricação de cervejas sem glúten está diretamente ligado a questões microbiológicas. O processo de fermentação diminui o pH do mosto devido à ação da levedura, resultando no desenvolvimento de compostos ácidos. A queda no pH estimula a atividade proteolítica e, conseqüentemente, a quebra de proteínas do glúten. No entanto, alguns fragmentos de glúten podem permanecer na cerveja final.

De fato, as leveduras comumente utilizadas na fermentação convencional têm preferência pela maltose em detrimento da glicose. Portanto, ao substituir a cevada por pseudocereais, os subprodutos da fermentação variam, conferindo à bebida um aroma e sabor distintos dos encontrados em cervejas feitas com cevada (CELA et al, 2020).

Assim, o controle preciso da fermentação é essencial para redução eficaz do glúten, incluindo a utilização de cepas específicas de leveduras como uma abordagem promissora para melhorar os aspectos sensoriais, particularmente, o sabor das cervejas sem glúten (CELA et al, 2020).

A opção mais promissora, e possivelmente mais desafiadora, para a produção de cervejas sem glúten com características sensoriais apropriadas é a utilização da modificação genética dos próprios grãos empregados na fabricação da bebida.

Segundo Rubio-Flores e seus colaboradores (2016), é possível realizar modificações genéticas na cevada, trigo e outros cereais, de modo a torná-los inócuos para desencadear a doença celíaca e outras alergias. A aplicação da engenharia genética para reduzir a expressão do gene representa uma oportunidade atrativa para diminuir os componentes imunotóxicos do glúten e, conseqüentemente, a ocorrência de alergias relacionadas ao glúten pelo consumo de cerveja.

## 5. CONCLUSÃO

Manter uma alimentação completamente livre de glúten ao longo da vida é difícil para indivíduos com doença celíaca e outras alergias relacionadas ao glúten. Devido à limitada oferta de produtos, os custos são mais altos e frequentemente os itens apresentam características sensoriais e texturas desfavoráveis devido à utilização de ingredientes naturalmente livres de glúten.

Nesse cenário, foi viável examinar por meio de uma análise de prospecção os empenhos que estão sendo realizados globalmente para desenvolver cervejas seguras para indivíduos com doença celíaca e que preservem as propriedades sensoriais das cervejas tradicionais e concluiu-se que, diversas pesquisas obtiveram resultados promissores em relação ao teor alcoólico, sabor, amargor, corpo e coloração das cervejas sem glúten.

Em alguns casos, mal percebe-se diferença entre a cerveja tradicional e a sem glúten. Esse fato se torna positivo tanto para a saúde das pessoas celíacas quanto para o mercado do produto.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, Heloisa Nascimento de. **Influência da água cervejeira sobre o perfil sensorial das cervejas artesanais de alta fermentação**. 2019.

BEAGÁ BREW. Disponível em :  
<<https://www.indupropil.com.br/lupulo-summit-pct-1kg.html>>. Acesso em 6 de Abril de 2024

BEAGÁ BREW. Disponível em: <<https://www.bhbrew.com.br/s-23-baixa-fermentacao-115-gr>>. Acesso em 6 de Abril de 2024

BENACCHIO, A.; PADILHA, JC; ARRIECHE, L. da S. Protótipo de bancada automatizada para produção de cerveja: sistema preciso, estável e sustentável. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, [S. l.], v. 9, pág. 15440–15459, 2023. DOI: 10.55905/revconv.16n.9-099. Disponível em: <<https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/1698>>.

BR CRAFT - insumos cervejeiros. Disponível em: <<https://www.brcraft.com.br/adjuvante-isomax-eaa---pacote-100g/p>>. Acesso em 6 de Abril de 2024.

CERVEJA DA CASA. Disponível em: <[https://www.cervejadacasa.com/ingredientes-insumos/maltes-base-e-especiais/malte-pilsen-agraria-nacional?variant\\_id=1971](https://www.cervejadacasa.com/ingredientes-insumos/maltes-base-e-especiais/malte-pilsen-agraria-nacional?variant_id=1971)>. Acesso em 6 de Abril de 2024

COPPY, Augusto Cesar; Dias, Eduardo Rafael. **Desenvolvimento de uma cerveja artesanal sem glúten, com padrão elevado de qualidade e com preço acessível**. 2021. 18 f. TCC (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, A Sociedade Educacional de Santa Catarina, Blumenau, 2021. Disponível em:  
<<https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/17453>>.

DIÁRIO DE UBERLÂNDIA (2023). Disponível em:  
<<https://diariodeuberlandia.com.br/noticia/34595/conta-de-agua-fica-22-mais-cara-a-partir-deste-domingo-22-em-uberlandia>>. Acesso em 6 de Abril de 2024.

FERREIRA, Dhiuliene. **Produção de cervejas sem glúten: uma revisão**. 2021.

FERREIRA, Gabriel de Andrades. Revisão sobre a **produção de cerveja sem glutem, com ênfase no uso de sorgo e milhere**, 2021.

FREITAS FILHO, Fernando Luiz; COPPI, Augusto Cesar; DIAS, Eduardo Rafael. Desenvolvimento de uma cerveja artesanal tipo cream ale sem glúten. **Revista de extensão e iniciação científica da unisociesc.**, v. 9, n. 2, 2022.

INDUPROPIL. Disponível em: <<https://www.indupropil.com.br/clarex-cerveja-sem-gluten-500gr.html>>. Acesso em 6 de Abril de 2024.

INTELLIGENCE, Mordor. **Mercado de cervejas sem glúten**. Disponível em: <<https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/gluten-free-beer-market> >.

NACIONAL, O. **Primeira cerveja sem glúten do Brasil será lançada hoje**. 2014. Disponível em: <<https://www.onacional.com.br/cidade,2/2014/08/07/primeira-cerveja-sem-gluten-do-b,52244>>. Acesso em 22 de Abril de 2024.

SILVA, João Pedro Rodrigues Barros da. **Mapeamento tecnológico de cerveja sem glúten**. 2021.

SILVEIRA, Vitória Costa Conter. **Aplicação de enzimas exógenas para a obtenção de cerveja sem glúten**: uma revisão da literatura. 2021.

VEIT, Paulo. **Processo de fabricação de cerveja sem glúten**. Titular: Veit Paulo. WO2014121363A1. Depósito: 6 fev. 2014. Concessão: 14 ago. 2014. Disponível em: <<chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://patentimages.storage.googleapis.com/fd/fb/ba/95da49a769703f/WO2014121363A1.pdf>>. Acesso em 6 de Abril de 2024.