



Mapeamento tecnológico de cerveja sem glúten

João Pedro Rodrigues Barros da Silva

Monografia em Engenharia Química

Orientadores

Priscilla Filomena Fonseca Amaral, *DSc.*

Tatiana Ferreira Felix, *DSc.*

Outubro de 2021

Ficha Catalográfica

Silva, João Pedro Rodrigues Barros da

Mapeamento tecnológico de cerveja sem glúten/João Pedro Rodrigues Barros da Silva.

Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2021

96 f.; il. color.; 30 cm

(Projeto Final) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2020.

Orientadores: Priscilla Filomena Amaral, *DSc.* e Tatiana Ferreira Felix, *DSc.*

1. Mapeamento tecnológico 2. Cerveja. 3. *Gluten free*. 4. Doença celíaca 5. Projeto Final (Graduação UFRJ/EQ). I. Amaral, Priscilla Filomena Fonseca (Orientadora). II. Felix, Tatiana Ferreira (Coorientador). III. Título.

MAPEAMENTO TECNOLÓGICO DE CERVEJA SEM GLÚTEN

João Pedro Rodrigues Barros da Silva

Projeto Final em Engenharia Química submetido ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Química.

Aprovado por:

Elcio Ribeiro Borges, *DSc.*

Aline Souza Tavares, *Ma.*

Orientado por:

Priscilla Filomena Fonseca Amaral, *DSc.*

Tatiana Felix Ferreira, *DSc.*

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Outubro de 2021

À minha família e amigos,
por sempre serem meu maior motivo de sorrisos.

“There are some things so serious that you have to laugh at them.”

Niels Bohr

AGRADECIMENTOS

Primeiramente eu gostaria de agradecer a minha família. Meu pai, Antônio, minha mãe, Ana Paula, meus irmãos André e Ana Beatriz foram pessoas mais do que essenciais nessa longa caminhada pela graduação da maior universidade do Brasil. Lembro até hoje do dia em que fui fazer a minha matrícula, onde pude visitar o Centro de Tecnologia pela primeira vez e ter uma visita guiada pelo meu irmão, também ex-aluno da casa, onde ele me apresentava os blocos, os *trailers* restaurante pelo grande corredor principal, e principalmente o DAEQ, onde eu passei boa parte da minha graduação tanto estudando quanto confraternizando com meus colegas.

Minha trajetória com química não começou na UFRJ, no entanto. Considero até hoje que ter sido aluno do curso técnico em química do IFRJ (CEFETEQ, para os saudosistas) foi um divisor de águas na minha vida e teve um tremendo impacto na minha escolha de carreira, o que me trouxe até o curso de engenharia química. Muitos dos meus colegas de turma de lá também resolveram seguir a mesma graduação que eu, no mesmo lugar que eu, e as vezes ainda tendo os mesmos professores que tivemos na época de técnico, agora na faculdade como é o caso da Tatiana, uma das minhas orientadoras. Isso só me deixa mais contente de que eu estou fechando um ciclo que começou não em 2015, no início da minha graduação, mas em 2010, quando entrei no ensino médio e conheci todas essas pessoas. Foram elas que estiveram comigo ao longo dos últimos 11 anos e que sem elas eu literalmente não teria conseguido alcançar nada do que alcancei até aqui. Por esses motivos, eu gostaria de fazer um agradecimento mais do que especial a todos os meus colegas da graduação: Thalya, Paula, Matheus, Lucas, Guilherme, Isabella, e muitos que infelizmente não posso listar pois não caberia na página. Eu sou muito grato por ter tido o prazer de dividir essa experiência com eles.

Por último, mas não menos importante, o meu maior agradecimento de todos vai aos meus professores. Priscilla Amaral e Élcio Borges, por terem feito eu me apaixonar por processos bioquímicos durante a famosa disciplina de “bichão”, e principalmente pelo processo de fabricação de cerveja. Foi graças a disciplina deles que em 2018 eu decidi que seguiria carreira na indústria cervejeira, que é exatamente onde estou empregado hoje. Gostaria também de agradecer aos professores Armando, Clarice, Tatiana, e muitos outros por terem elevado significativamente o nível das discussões em sala de aula com maestria e compaixão, me ensinando muito além do que a ementa da matéria sugeria. Durante esses tempos difíceis onde enfrentamos uma pandemia global, os professores da EQ/UFRJ fizeram de tudo, e além, para ensinar a seus alunos com a mesma alegria e entusiasmo de uma aula presencial. Obrigado.

da Silva, João Pedro Rodrigues Barros; **Mapeamento tecnológico de cerveja sem glúten**. Orientadores: Priscilla Filomena Fonseca Amaral e Tatiana Felix Ferreira Rio de Janeiro, 2021. Projeto (BACHARELADO EM ENGENHARIA QUÍMICA). Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro

Palavras-chave: Cerveja; glúten; *gluten-free*; celíaco

Abstract: Beer is one of the oldest drinks to be consumed by the human species, having been invented about 8,000 years ago in ancient Mesopotamia, by the Sumerian people. Since the earliest records, beer has always been depicted being consumed in rituals to commemorate some important date. Nowadays, this drink is consumed in practically all cultures and in all countries of the planet, becoming a very important item in society. People who have celiac disease (CD) cannot consume beer due to the presence of gluten, which comes from barley and wheat grains used in the brewing process. According to the World Health Organization (WHO), the number of celiacs is about 1% of the world population, which means that about 70 million people in the world must follow a strictly gluten free diet. In this context, there is an opportunity to add more quality of life to this group through the creation of gluten-free beers, so that this audience can also participate in any ceremony where beer is consumed. In fact, the gluten-free beer market is expected to reach \$18.7 billion by 2025, with an annual growth rate of 16.3% per year, above the average for other sectors of the food industry. It was then possible, through this study, to map the scientific efforts that have been made on this front. It was found that since the beginning of the 21st century the number of scientific publications on this topic began to increase significantly, with a significant increase in publications in 2007 and an average of 11 articles per year since then, an average of almost 1 per month. Among the most used techniques for the production of gluten-free beer, we can highlight the use of cereals that do not naturally contain gluten, mainly sorghum, corn and rice, as well as the production of barley and wheat beers, with subsequent removal of gluten. In addition, it was possible to verify that the maturity level on this product is still in its earlier stages since it has less than 150 published articles and less than 40 patents filed up to the date of this document. Even so, it was possible to carry out an analysis and verify that Heineken Italia stands out as one of the pioneers in this matter, having just over 27% of all patents filed. Therefore, it is expected that soon more and more patents will be filed, a consequence of the efforts of market forces seeking a share of this emerging market, which is expected to reach almost US\$ 20 billion by 2025.

Resumo: A cerveja é uma das bebidas mais antigas a ser consumida pela espécie humana, tendo sido inventada há cerca de 8.000 anos na antiga Mesopotâmia, pelo antigo povo Sumério. Desde os mais antigos registros, a cerveja sempre foi retratada sendo consumida em rituais de comemoração a alguma data importante. Nos dias atuais, essa bebida é consumida em praticamente todas as culturas e em todos os países do planeta, se tornando um item muito importante na sociedade. Pessoas que possuem doença celíaca (DC) não podem consumir cerveja por conta da presença de glúten, proveniente dos grãos de cevada e trigo que são matéria prima na fabricação da bebida. De acordo com a OMS, o número de celíacos é de cerca de 1% da população mundial, o que significa que cerca de 70 milhões de pessoas no mundo devem seguir uma dieta estritamente sem glúten. Nesse contexto, caracteriza-se então uma oportunidade de agregar mais qualidade de vida a este grupo através da criação de cervejas sem glúten, para que este público possa também participar de toda e qualquer cerimônia onde se é consumida cerveja. De fato, espera-se que o mercado de cerveja sem glúten chegue a 18,7 bilhões de dólares até 2025, com uma taxa de crescimento anual de 16,3% ao ano, números acima da média de outros setores da indústria de alimentos. Foi possível então através do presente estudo mapear os esforços científicos que têm sido feitos nessa frente. Constatou-se que a partir do início do século XXI o número de publicações científicas acerca desse tema começou a aumentar significativamente, com um aumento significativo de publicações em 2007 e uma média de 11 artigos por ano desde então, uma média de quase 1 por mês. Dentre as técnicas mais utilizadas para produção de cerveja sem glúten pode-se destacar a utilização de cereais que naturalmente não contém glúten, principalmente sorgo, milho e arroz, bem como a produção de cervejas de cevada e trigo, com posterior remoção de glúten. Além disso foi possível constatar que o conhecimento acerca desse produto ainda está em fases mais iniciais de maturação, uma vez que possui menos de 150 artigos publicados e menos de 40 patentes depositadas até a data deste documento. Ainda assim, foi possível fazer uma análise e constatar que a Heineken Italia se destaca com uma das pioneiras neste assunto, possuindo pouco mais de 27% de todas as patentes depositadas. Espera-se, portanto, que em breve cada vez mais patentes sejam depositadas, consequência do esforço das forças de mercado buscando uma fatia desse mercado emergente que deve chegar a quase US\$ 20 bilhões até 2025.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de roadmaps tecnológicos por subdivisão.....	28
Figura 2: Etapas para a construção do roadmap tecnológico seguindo a metodologia NEITEC.....	31
Figura 3: Número de artigos científicos sobre cerveja sem glúten publicados por ano a partir de 2001. segundo a base SCOPUS®.....	34
Figura 4: Número de artigos científicos publicados sobre cerveja sem glúten por países desde 2001 segundo a base SCOPUS®.....	35
Figura 5: As 10 instituições com o maior número de artigos científicos publicados sobre cerveja sem glúten desde 2001 segundo a base SCOPUS®.....	36
Figura 6: Publicações científicas sobre cerveja sem glúten por área de conhecimento desde 2001 segundo a base SCOPUS®.....	36
Figura 7: N° de patentes concedidas sobre cerveja sem glúten por requerente desde 1999 segunda a base Patent Scope.....	45
Figura 8: Porcentagem de patentes totais concedidas sobre cerveja sem glúten por requerente desde 1999 segunda a base Patent Scope.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Temperaturas de gelatinização de diferentes cereais e pseudocereais.....	16
Tabela 2: Categorização dos artigos científicos analisados em taxonomias MESO Base Scopus®, busca feita entre 2001 e 2021 das palavras-chave “gluten-free” e “beer”.....	37
Tabela 3: Divisão dos artigos científicos em subcategorias (taxonomia MICRO) criadas para cada taxonomia MESO. Base Scopus®, busca feita entre 2001 e 2021 das palavras-chave “gluten-free” e “beer”.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AN	<i>Aspergillus Niger</i>
CAPES	<i>Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior</i>
CRISPR/Cas9	<i>Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats (Repetições palíndromas regularmente espaçadas)</i>
CTE	<i>Cerveja tratada enzimáticamente</i>
CTP	<i>Cerveja tratada por precipitação</i>
DC	<i>Doença celíaca</i>
DNA	<i>Deoxyribonucleic acid (Ácido Desoxirribonucleico)</i>
ELISA	<i>Enzyme-linked immunosorbent assay (ensaio de imunoabsorção enzimática)</i>

EUA	<i>Estados Unidos da América</i>
FAN	<i>Free amino nitrogen (nitrogênio livre de aminoácidos)</i>
HPLC/MS	<i>High-performance liquid chromatography with mass spectrometry (cromatografia líquida de alta eficiência com espectrometria de massa)</i>
MRM/MS	<i>Multi reaction monitoring (monitoramento de múltiplas reações)</i>
OMPI	<i>Organização Mundial da Propriedade Intelectual</i>
PD	<i>Poder Diastático</i>
PEP	<i>Prolil-endopeptidases</i>
Q-PCR	<i>Quantitative polymerase chain reaction (teste quantitativo de reação em cadeia de polimerases)</i>
RNA	<i>Ribonucleic acid (ácido ribonucleico)</i>
tTG	<i>Transglutaminase</i>
UE	<i>União Européia</i>
USPTO	<i>United States patent and trademark office (Escritório de patentes e marcas comerciais dos Estados Unidos)</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS GERAIS	14
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: A CERVEJA SEM GLÚTEN	14
3.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	14
3.2	A DOENÇA CELÍACA E OS CELÍACOS	15
3.3	PROCESSO PRODUTIVO DE CERVEJA SEM GLÚTEN	17
3.3.1	UTILIZAÇÃO DE CEREAIS SEM GLÚTEN OU PSEUDOCEREAIS	18
3.3.1.1	ARROZ	19
3.3.1.2	MILHO	20
3.3.1.3	SORGO	20
3.3.1.4	TRIGO SARRACENO	21
3.3.2	TRATAMENTOS ENZIMÁTICOS	21
3.3.2.1	PEPTIDASES FÚNGICAS	22
3.3.2.2	PEPTIDASES BACTERIANAS	22
3.3.2.3	PEPTIDASES ENDÓGENAS DE CEREAIS GERMINADOS	23
3.3.3	TRATAMENTOS POR PRECIPITAÇÃO	23
3.3.3.1	SÍLICA EM GEL	24
3.3.3.2	ÁCIDO TANINO	24
3.3.4	ENGENHARIA GENÉTICA E ABORDAGENS INOVADORAS	25
3.4	ASPECTOS MERCADOLÓGICOS	25
3.5	PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA	27
3.5.1	ARTIGOS CIENTÍFICOS E PATENTES COMO FERRAMENTAS DE PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA	30
4	METODOLOGIA DE PESQUISA	32
4.1	FASE PRÉ-PROSPECTIVA	34
4.2	FASE DE PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA	34
4.3	ESTRATÉGIA DE BUSCA	35
5	RESULTADOS	36
5.1	ANÁLISE DOS ARTIGOS CIENTÍFICOS	35
5.1.1	ANÁLISE MACRO	36
5.1.2	ANÁLISE MESO	39
5.1.3	ANÁLISE MICRO	41
5.2	ANÁLISE DAS PATENTES	46
6	DESAFIOS E OPORTUNIDADES	48
7	CONCLUSÕES	50
	REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

A cerveja é uma bebida milenar, com registros de estar sendo consumida há mais de 8.000 anos. Como ingredientes principais a bebida tem cereais maltados, água, lúpulo e levedura (ANDERSON, 2017). No entanto, nem todos os países têm a mesma definição para cerveja. Na Alemanha, a lei de pureza centenária chamada de *Reinheitsgebot* está em vigor desde 1516 e considera que para que a bebida seja de fato cerveja, o único cereal que pode ser utilizado em sua produção é a cevada (ANDERSON, 2017). Este cereal, assim como trigo e o centeio, são comuns na formulação de cervejas ao redor do mundo e compartilham de uma característica: todos contêm glúten.

A presença de glúten nos alimentos em geral têm estado cada vez mais em evidência por conta da doença celíaca (DC), uma doença autoimune crônica no intestino delgado. Ao ser exposto ao glúten, o sistema imune desencadeia uma resposta anormal, produzindo uma série de anticorpos que inflamam o intestino delgado e em muitos casos causa anemia. (CELA et al., 2020). A doença celíaca quando detectada pela primeira vez se restringia a apenas uma pequena parcela de indivíduos, em sua grande maioria na Europa. Atualmente, projeções indicam que celíacos podem representar 1% da população global e o glúten vem sendo visto cada vez mais pela comunidade internacional como um grande vilão (CELA et al., 2020).

Atualmente não existe um tratamento bem estabelecido para doença celíaca, fazendo com que a única alternativa para os celíacos seja uma dieta restritiva, composta por alimentos que sejam completamente isentos das proteínas contidas nas redes de glúten (CELA et al., 2020). Dessa forma, a indústria cervejeira desempenha um papel crucial no desenvolvimento de bebidas isentas de glúten, gerando uma verdadeira corrida tecnológica a fim de atender esse público específico. Além do aumento global do número de celíacos, existe também uma mudança nos hábitos alimentares do público em geral, que está cada vez mais consciente sobre a origem dos alimentos que consomem, e se interessando cada vez mais por produtos com propriedades nutricionais estabelecidas (produtos sem lactose, sem glúten, sem açúcar, entre outros). A expectativa é de que o mercado de cerveja sem glúten cresça a uma taxa de 14,90% anualmente, podendo chegar a valer mais de US\$1 bilhão já em 2027 (MARKET RESEARCH FUTURE, 2021).

Dessa forma, o presente estudo foi concebido com o intuito de identificar e apresentar um panorama sistemático do mercado e das tecnologias de produção de cerveja sem glúten através da metodologia de prospecção tecnológica. Neste trabalho, procurou-se mapear artigos científicos, pedidos de patentes e patentes concedidas acerca do tema. Sendo assim, é possível

traçar um panorama da cerveja sem glúten em todos os níveis: tecnológico, comercial e mercadológico.

2. OBJETIVOS GERAIS

O objetivo deste trabalho é mapear os avanços tecnológicos na produção de cerveja sem glúten através da metodologia de prospecção tecnológica, identificando tecnologias promissoras para sua fabricação.

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Selecionar trabalhos acerca do produto escolhido, presentes em bancos de patentes e produções acadêmicas, de forma a entender o estado da arte;
- Definir os termos que serão usadas na etapa pré-prospectiva da metodologia de prospecção tecnológica;
- Realizar busca de artigos científicos na base SCOPUS® usando os termos previamente definidos;
- Realizar a busca de patentes nas bases USPTO (do inglês, *United-States patente trademark office*), *Espacenet*, *Patente Inspiration* e *Patent Scope* usando os termos previamente definidos;
- Fazer o tratamento a análise dos documentos obtidos, classificando-os em taxonomias e subcategorias previamente definidas (fase prospectiva);
- Avaliar os dados obtidos nas fases de prospecção a fim de melhor entender o processo de produção mais adequado capaz de manter as características sensoriais da bebida e ser seguro para o consumo de celíacos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: A CERVEJA SEM GLÚTEN

3.1.CONTEXTUALIZAÇÃO

A cerveja é uma bebida milenar muito tradicional, que é consumida pela humanidade há dezenas de séculos. Dentre seus principais ingredientes encontram-se diferentes tipos de cereais, que podem ser maltados ou não, dando diferentes características à bebida: sabor, aroma, corpo, turbidez, teor alcóolico, entre outros. Muitos desses fatores se devem às proteínas

presentes nos cereais, que compõem entre 8% e 15% do peso seco desses, em média (GORNA; GUMMIENA, 2020).

Dependendo de sua solubilidade, as proteínas presentes nos cereais podem ser classificadas em: albuminas, globulinas, gliadinas e gluteínas. Dessas, pequenas frações monoméricas de gliadina e peptídeos de glutenina constituem as proteínas do glúten e são estas as que causam a grande maioria das reações alérgicas em pessoas com doença celíaca (ADAMCZAK et al., 2005).

As proteínas do glúten contêm uma estrutura incomum, com altas quantidades de prolamina e glutamina, que compõem entre 15% e 35% de seu conteúdo, respectivamente (ADAMCZAK, et al., 2005). Estes aminoácidos são muito resistentes à digestão gástrica intestinal e, em pessoas geneticamente predispostas a isso, o contato desses aminoácidos com a mucosa intestinal desencadeia uma resposta imune do corpo. A resposta imune é iniciada por uma transglutaminase (tTG), uma enzima que remove o grupamento amino dos peptídeos presente na mucosa intestinal. Uma vez deaminados, estes peptídeos são detectados por células antigênicas que desencadeiam uma reação, liberando células citotóxicas T ativadas, levando a destruição da própria mucosa intestinal, gerando danos para a pessoa (GORNA; GUMMIENA, 2020).

A predisposição genética a este tipo de inflamação leva ao desenvolvimento de uma doença autoimune chamada doença celíaca. O único tratamento eficaz para esta doença é uma dieta 100% sem glúten, o que exclui boa parte de alimentos muito comuns da dieta desses pacientes como pães, massas, e também cerveja. Dessa forma, com o aumento considerável do consumo mundial de cerveja (LICHOTA, et al., 2018), muito se tem desenvolvido no âmbito de incluir a bebida na dieta dos cerca de 78 milhões de celíacos do mundo de forma segura. Para isso, diferentes soluções tecnológicas de produção cervejeira têm sido empregadas, desde o uso de pseudocereais, ou seja, aqueles que naturalmente não contêm glúten, até o uso de preparações enzimáticas para degradação de glúten, além do uso de métodos de separação físicos de glúten, como a cavitação hidrodinâmica (GORNA; GUMMIENA, 2020).

3.2. A DOENÇA CELÍACA E OS CELÍACOS

Doença celíaca (*morbus visceralis*, enteropatia de glúten, ou enteropatia dependente de glúten) é uma doença imunomediada e sistêmica desencadeada pela exposição ao glúten e

se manifesta por enteropatia intestinal delgada e gastrointestinal, além de sintomas extra-intestinais. É caracterizada por intolerância crônica a alimentos contendo glúten (DEGEORGE et al., 2017).

Cerca de 1% da população mundial é afetada pela doença celíaca (DC), mas existem diferenças entre países e dentro de cada um deles. Por exemplo, nos Estados Unidos (EUA), a doença celíaca é mais frequente entre brancos não hispânicos do que entre negros não hispânicos e hispânicos. Sua prevalência em países asiáticos é comparável à da Europa, mas varia muito de acordo com a quantidade de trigo ingerida. Sendo assim, a prevalência de é alta na Ásia Ocidental e no norte da Índia, mas é menor no sul da Índia bem como no sul e sudeste asiático, onde o arroz é o alimento básico (MALAMUT et al., 2019).

Dependendo do cereal, as proteínas da fração prolamina têm nomes específicos: gliadina (no trigo), hordeína (na cevada), secalina (no centeio) ou avenina (em aveia) (de LOURDES; SOUZA, 2014). Em pessoas com celíase, o glúten causa atrofia das vilosidades no intestino delgado, que (DEGEORGE et al., 2017) por sua vez, resulta na má absorção de nutrientes e traz sintomas clínicos. Se não tratada da maneira correta a celíase pode desenvolver doenças ainda mais graves como osteoporose, infertilidade, câncer gastrointestinal e até mesmo problemas psiquiátricos. É importante ressaltar, no entanto, que a doença celíaca não se trata de uma alergia, mas sim de uma doença incurável cuja única terapia é uma dieta sem glúten estrita e rigorosa ao longo da vida inteira (SWORA-CWYNAR et al., 2019).

A ingestão de glúten pode causar distúrbios diferentes, com patogênese e uma resposta imunológica diferente também. Esses distúrbios podem ser classificados em autoimunes (doença celíaca, ataxia de glúten e dermatite herpetiforme), alérgicos (alergia ao trigo) ou distúrbios de mecanismo desconhecido (sensibilidade ao glúten). Cada tipo de transtorno está relacionado a epítopos (antígenos capazes de gerar respostas imunes) de aminoácidos específicos (TANNER et al., 2014).

Ainda existe um considerável debate e falta de consenso sobre o critério de diagnóstico de DC e outras condições relacionadas como alergia a trigo, sensibilidade a glúten não-celíaca (SGNC) e doença de Dühring, todas relacionadas com a presença de glúten no corpo humano. No 14º Simpósio internacional de doença celíaca, em Oslo, médicos experientes do mundo inteiro propuseram 26 definições diferentes cobrindo uma série de sintomas diferenciando os estados de cada doença (LUDVIGSSON et al., 2013). Foi possível, por exemplo, distinguir doença celíaca clássica, oligossintomática e doença celíaca latente de sensibilidade a glúten

não-celíaca e alergia a trigo. Todas essas doenças possuem a mesma causa raiz, porém com sintomas e implicações diferentes para os pacientes com cada uma delas. Um paciente que tem DC clássica, por exemplo, apresenta sintomas como: dor, diarreia, constipação (ocasionalmente), perda de peso, problema de desenvolvimento infantil (principalmente baixa estatura, circunferência abdominal alargada, troca repentina de disposição (uma hora hiperatividade e logo depois apatia e fadiga), depressão e até mesmo sintomas de deficiência causadas por má absorção de nutrientes, principalmente deficiência de ferro, vitaminas e ácido fólico) (LUDVIGSSON et al., 2017).

Dessa forma, considerando que o consumo de cerveja faz parte de muitas culturas ao redor do mundo principalmente em eventos de comemoração, o celíaco acaba sendo o mais afetado ao não poder participar ativamente de todos esses rituais. Apesar de representarem apenas cerca de 1% a 2% da população mundial, os pacientes celíacos aliados a uma cultura crescente de vida mais saudável e dos males que o glúten pode trazer quando presentes na dieta são um público significativo que a indústria cervejeira tem feito cada mais esforços para alcançar. No tópico a seguir, são discutidas as alternativas mais atuais para a produção de cerveja sem glúten.

3.3. PROCESSO PRODUTIVO DE CERVEJA SEM GLÚTEN

O teor de glúten diminui durante a germinação do cereal devido a uma modificação da estrutura dos grãos, mas também durante a separação do mosto, cozimento e fermentação devido à redução do pH e do desenvolvimento de complexos de proteínas-polifenóis, a clarificação do mosto e da cerveja para prevenir a bebida fique turva. Contudo, uma pequena porcentagem de glúten permanece na cerveja final na grande maioria dos casos (CELA et al., 2020). É por isso que, nos últimos anos, abordagens diferentes têm sido usadas a fim de trazer o teor de glúten abaixo do limite de 20 ppm, que é limite seguro de glúten praticado pela legislação da União Européia (UE) e dos EUA (CELA et al., 2020). Essas abordagens serão discutidas em maiores detalhes nas seções a seguir.

3.3.1. UTILIZAÇÃO DE CEREAIS SEM GLÚTEN OU PSEUDOCEREAIS

Para se ter uma cerveja naturalmente sem glúten, grãos como arroz, milho, sorgo ou painço são usados como matéria-prima. Esses grãos são apenas remotamente relacionados ao trigo, centeio e cevada e, portanto, seu consumo é seguro para pacientes celíacos. Outras matérias-primas ricas em amido comumente usadas para alimentos são os chamados “pseudocereais” como quinoa, trigo sarraceno e amaranto. Eles não pertencem às *Poaceae* (família da grama), sendo taxonomicamente não relacionados com trigo e, portanto, podendo ser considerados sem glúten (HAGER et al., 2014).

Para que a levedura produza dióxido de carbono e etanol de cereais, o amido deve ser sacarificado, ou seja, convertido em açúcares simples (glicose, maltose e maltotriose), pelas amilases do malte, que são conhecidas também como o "sistema diastático do malte" (DELCOUR & HOSENEY, 2010). Para tornar o amido facilmente acessível às enzimas como α - e β -amilases, o amido deve primeiro ser gelatinizado. A temperatura na qual a gelatinização começa varia dependendo das propriedades do amido do matéria-prima utilizada. Para a cevada, esta temperatura está em torno de 63 °C, enquanto a maioria dos cereais sem glúten gelatinizam em temperaturas significativamente mais altas, inativando as enzimas destes cereais para que a sacarificação possa começar. Os dados das temperaturas de gelatinização de diferentes cereais é mostrado na Tabela 1. (HAGER et al., 2014).

Tabela 1: Temperaturas de gelatinização de diferentes cereais e pseudocereais.

Temperatura de Gelatinização (°C)	Início	Pico	Final
Trigo	55 ± 1	61 ± 0	66 ± 1
Arroz	61 ± 0	67 ± 0	72 ± 1
Aveia	51 ± 0	56 ± 1	62 ± 1
Quinoa	52 ± 1	58 ± 1	64 ± 1
Trigo sarraceno	59 ± 0	66 ± 1	72 ± 1
Sorgo	64 ± 0	69 ± 1	73 ± 1
Milho	64 ± 1	70 ± 1	75 ± 1
Tefe	66 ± 1	71 ± 1	76 ± 1

Fonte: Hager et al., 2014

Portanto, uma temperatura deve ser escolhida na qual a maior parte do amido pode gelatinizar, sem inativar as enzimas amilolíticas por conta do calor. Alternativamente, preparos

enzimáticos industriais podem ser usados para facilitar esse processo. A vantagem é de que se pode escolher o momento da adição da enzima e a rampa de temperatura pode ser adaptada para as temperaturas ideais dessas enzimas (HAGER et al., 2014).

Os principais cereais usados no processo cervejeiro sem glúten são arroz e milho (CELA et al., 2020), mas existem outras matérias-primas que fornecem propriedades nutricionais e sensoriais interessantes, pois cada um desses confere diferentes propriedades tecnológicas devido a conteúdos e estruturas diferentes de amido e, portanto, diferentes temperaturas de gelatinização, entre outras propriedades. Os cereais mais comuns usados para obter cerveja sem glúten são aveia, arroz, milho, sorgo, tefe, painço, trigo sarraceno, quinoa e amaranto (CELA et al., 2020). Arroz e milho já são utilizados na produção de cerveja convencional, pois a indústria costuma usá-los como adjuntos para, dentre outras coisas, baratear o processo uma vez que esses cereais são mais baratos do que a cevada, ao contrário das outras matérias-primas mencionadas anteriormente. Além disso, milho e arroz como adjunto também dão à cerveja uma característica sensorial de leveza, evitando com que o consumidor tenha uma sensação de inchaço ao consumir a cerveja (HAGER et al., 2014). As propriedades específicas de alguns principais cereais são discutidas a seguir.

3.3.1.1. ARROZ

O arroz é um dos alimentos básicos mais consumidos no mundo, especialmente na Ásia, pertencendo à família *Poaceae*. Devido ao seu alto teor de amido (cerca de 70% -75%), o arroz é uma matéria-prima adequada para fabricação de cerveja. No processo cervejeiro geralmente é usado como um adjunto porque pode aumentar significativamente o teor de extrato do mosto (CEPPI; BRENNNA, 2010). Apesar de um poder diastático (PD) (capacidade de conversão de açúcares complexos em açúcares mais simples) mais baixo do que da cevada, o arroz pode ser uma boa matéria-prima para a fabricação de cerveja porque tem um teor limite de dextrinase superior ao da cevada, o que permite uma sacarificação completa. No entanto, devido ao seu alto teor de ácidos graxos livres insaturados, o arroz é mais suscetível a oxidação, com risco de desenvolvimento de odor rançoso. O aspecto positivo associado ao uso do arroz na fabricação de cerveja é seu bom conteúdo de fibra, o que facilita o processo de filtração (CEPPI; BRENNNA, 2010). Embora o arroz tenha maior teor de amido do que a cevada, tem uma estrutura de amido diferente, composição diferente de amilose e amilopectina e menor atividade amilolítica do que a cevada. Portanto, usar arroz na fabricação de cerveja leva a um

amido mais solúvel no mosto, que não é utilizado pela levedura. Isso resulta em uma quantidade menor de produção de etanol, também devido ao menor teor de proteína solúvel. Portanto por conta de um baixo PD, suas características sensoriais não agradáveis ao paladar e seu baixo preço ainda se considera mais apropriado utilizar arroz apenas como adjunto na fabricação cervejeira ao invés de sua versão maltada.

3.3.1.2. MILHO

O milho pertence à família *Poaceae* e é amplamente cultivado, perdendo apenas para o trigo na área total de produção e depois para o arroz na quantidade produzida (PHIARAIS; ARENDT, 2008). É usado como adjunto no processo de fermentação para melhorar a qualidade do mosto e da cerveja porque é uma boa fonte de carboidratos úteis para as leveduras. Além disso, sua adição diminui o preço final do produto por se tratar de uma matéria-prima barata. Possui uma alta temperatura de gelatinização, atividade de α -amilase várias vezes maior do que o sorgo, mas menor que o malte de arroz, além de uma atividade ligeiramente baixa da β -amilase. Os principais componentes da parede celular do endosperma no milho são arabinoxilanos, ao contrário da cevada, que persistem durante a malteação. De acordo com Diakabana et al. (2016), a cerveja de milho tem baixo teor de álcool, pH normal (cerca de 4,5) e cor marrom devido à reação de Maillard. A tendência futura de estimular o uso do milho na fabricação de cerveja é o uso de exógenos de enzimas para melhorar a sacarificação ou modificação genética para ajudar a atividade amilolítica.

3.3.1.3. SORGO

Sorgo, pertencente à família *Poaceae*, é uma das principais fontes alimentares de energia e proteína em países africanos. Existem alguns problemas na fabricação de cerveja com malte de sorgo devido sua baixa atividade diastática, que é insuficiente para uma sacarificação completa, alta temperatura de gelatinização, mas também baixo teor de nitrogênio disponível (FAN – *free amino nitrogen*) (ESPINOZA-RAMIREZ et al., 2013). O sorgo tem uma atividade de β -amilase baixa, mas uma atividade α -amilase mais alta do que malte de cevada. Isso leva a uma baixa produção de açúcares fermentáveis e um alto teor de dextrinas, causando um aumento da viscosidade na cerveja final ((ESPINOZA-RAMIREZ et al., 2013).

O uso de sorgo na fabricação de cerveja requer o desenvolvimento de um processo de malteação apropriado. Caso contrário, as enzimas exógenas podem ser utilizadas para produzir cervejas de sorgo, evitando problemas tecnológicos. A esse respeito, Espinosa-Ramírez e colaboradores (2013) avaliaram o efeito da adição de β -amilase ou amiloglucosidase durante a moagem do sorgo, alcançando um maior teor de álcool. O uso do sorgo como principal matéria-prima na fabricação de cerveja é tradicional na África, tanto como sorgo maltado quanto como adjunto (ESPINOZA-RAMIREZ et al., 2013). Além disso, as cervejas de sorgo já estão no mercado, o que significa que funciona bem para a fabricação de cerveja. No entanto, é necessário melhorar as condições de malteação e o aspecto sensorial final.

3.3.1.4. TRIGO SARRACENO

O trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum*), pertencente à família *Poliganaceae*, é considerado um pseudocereal, assim como quinoa e amaranto. Contém um alto teor de antioxidantes, uma grande quantidade de minerais, ácidos graxos poliinsaturados bem como altos níveis de fibra e proteínas de alto valor biológico (AGU et al., 2012). Também é uma boa fonte de amido, e assim é usado como matéria-prima para a produção de pão ou massa, mas também para a fabricação de cerveja. Pode ser um bom substituto para a cevada, fornecendo características sensoriais razoáveis ao produto final. Contudo, existem algumas questões tecnológicas a serem consideradas: baixa atividade amilolítica e rendimento de extrato, baixas taxas de filtração devido à alta viscosidade do mosto e problemas de fermentação (AGU et al., 2012). Para superar essas desvantagens, enzimas exógenas podem ser usadas para compensar a baixa atividade enzimática e promover a sacarificação completa. Otimizando o procedimento correto de malteação, o malte de trigo sarraceno pode ser usado como matéria-prima principal na fabricação de cerveja, alcançando um aumento da atividade amilolítica.

3.3.2. TRATAMENTOS ENZIMÁTICOS

O uso de cereais sem glúten na produção de cerveja pode afetar negativamente o aroma, o sabor e outros parâmetros sensoriais da cerveja, além de apresentarem problemas tecnológicos (CELA et al, 2020). Existem outros métodos para redução do glúten, com base no uso de enzimas específicas, que permitem uma hidrólise do mesmo e previnem o turvamento da cerveja. As peptidases são as enzimas mais utilizadas para a remoção do glúten. Elas são

seguras para consumo alimentar, estáveis e ativadas facilmente através de alterações na temperatura, pH, teor de álcool e outros componentes dos alimentos. São fáceis de integrar nos processos de produção industrial existentes, com boa relação custo-benefício, e seguras para os consumidores finais (CELA et al., 2020). A seguir são destacados alguns tipos de enzimas já estudadas na literatura para a produção de cerveja sem glúten.

3.3.2.1. PEPTIDASES FÚNGICAS

Prolil-endopeptidases (PEP) são as enzimas mais utilizadas por cervejeiros para estabilização de cerveja, porque elas podem preferencialmente catalisar a hidrólise da ligação peptídica no lado carboxila dos resíduos de prolina e, portanto, evitam a formação de complexos de proteínas-polifenóis (CELA et al., 2020). PEP de *Aspergillus niger* (AN) são consideradas geralmente reconhecidas como seguras e, portanto, elas são uma das enzimas mais usadas na indústria de alimentos. As condições ideais para AN-PEP são um valor de pH de 4,5 e temperatura de 50 °C. AN-PEP é muito eficaz na remoção de fragmentos de glúten, levando a um produto final com um conteúdo de glúten abaixo de 20 ppm, o limite máximo de concentração de glúten para que um alimento seja considerado “*gluten-free*”. O tratamento enzimático reduz a turbidez da cerveja por conta hidrólise de moléculas precursoras dessa característica, melhorando assim a estabilidade da cerveja. Além disso, a cor da cerveja não é influenciada pelo tratamento enzimático (FANARI et al., 2018).

3.3.2.2. PEPTIDASES BACTERIANAS

As mesmas prolil-endopeptidases (PEP) expressas no fungo *A. niger* são expressas em diferentes bactérias: *Flavobacterium meningosepticum*, *Sphingomonas capsulate*, *Myxococcus Xanthus*, *Flavobacterium*, *Aeromonas* e *Pseudomonas*. Além disso, Comin e colaboradores (2017) reportaram que bactérias produtoras de ácido lático possuem uma gama de peptidases que também são capazes de hidrolisar proteínas do glúten e eliminar epítomos perigosos aos celíacos, porém ainda não há evidências na literatura sobre seu uso na produção cervejeira.

De qualquer maneira, algumas soluções encontradas na produção de pães de fermentação natural podem ser adaptadas para o uso na produção de cerveja, como reportado por Capozzi e colaboradores (2012). Outra opção são PEPs de *Sphaerobacter thermophiles*.

Essa espécie bacteriana é considerada termoestável e suas PEPs são específicas para glúten. A enzima é ativa na faixa de pH 5,0–8,0 e tem uma temperatura ótima de 63 °C. Portanto, seu uso pode reduzir o glúten abaixo de 20 ppm também durante as etapas de altas temperaturas durante o processo de brasagem (SHETTY et al., 2017).

3.3.2.3. PEPTIDASES ENDÓGENAS DE CEREAIS GERMINADOS

Enzimas produzidas durante o processo de malteação da cevada podem degradar peptídeos de glúten que causam reações em celíacos. Elas são enzimas naturais e seguras para consumo alimentar e com alta especificidade de glúten, portanto sua aplicação na indústria de alimentos é facilmente aceita por consumidores, não havendo qualquer necessidade de engenharia genética. No entanto, a integridade dessas enzimas é afetada em concentrações de etanol maiores do que 2% e altas temperaturas, fazendo com que sua aplicação seja necessariamente feita após a fervura do mosto cervejeiro e antes da fermentação (KERPES et al., 2012). As condições corretas de germinação são cruciais para o desenvolvimento dessas enzimas. Por exemplo, uma germinação de 8 dias a 18°C com 48% de umidade aumenta a atividade de peptidases deste grupo de enzimas (KERPES et al., 2012). Além disso, as proteases de cisteína desempenham um papel importante na degradação da hordeína (proteínas de glúten de cevada) durante a germinação, ao contrário de as outras enzimas presentes no malte de cevada verde, como metaloproteases, serina carboxipeptidases, endoproteases de aspartato e endoproteases de serina (KERPES et al., 2012).

3.3.3. TRATAMENTOS POR PRECIPITAÇÃO

Os fabricantes de cerveja usam estratégias diferentes para clarificação e estabilização da cerveja. Os produtos usados com esse objetivo também tem capacidade comprovada na redução do glúten. A aplicação de sílica gel, no entanto, pode exigir filtração ou centrifugação subsequente, levando a custos de produção aumentados (CELA et al., 2020). A seguir são descritos brevemente duas técnicas de redução de glúten em cerveja por tratamento por precipitação.

3.3.3.1. SÍLICA EM GEL

Filtração ou precipitação são necessárias para remover a formação dos flocos. A sílica gel contém uma rede de poros cobertos por grupos de silício (Si-OH), com grande quantidade de resíduos de prolamina e sua adição durante a fermentação maximiza a redução do glúten sem alterar o desempenho da levedura utilizada na fermentação. No entanto, este composto causa redução de polissacarídeos, obstruindo a filtração, mas, em comparação com o tratamento enzimático, não obstrui o processo de estabilização subsequente. Fanari e colaboradores (2018) demonstraram a diferença entre cerveja submetida ao tratamento enzimático e ao tratamento por precipitação com sílica gel. Ambos sílica gel e AN-PEP foram adicionados no início da fermentação. Ambos os tratamentos foram capazes de reduzir o glúten abaixo de 20 ppm, mas com algumas diferenças nos atributos físico-químicos e sensoriais. Houve uma redução de glúten de 58% na cerveja controlada maturada em comparação com a cerveja verde (sem estar maturada), enquanto essa mesma redução foi de 92% e 63% na cerveja tratada enzimática (CTE) e cerveja tratada com precipitação (CTP), respectivamente. Na CTP houve menor quantidade de ésteres, compostos voláteis importantes para a cerveja e o desempenho de fermentação foi maior no CTE do que no CTP, porque a atividade da protease aumentou a quantidade de nitrogênio, necessária para a nutrição da levedura.

3.3.3.2. ÁCIDO TANINO

O ácido tanino é uma mistura de taninos hidrolisáveis extraídos das plantas. Eles são usados na fabricação de cerveja como estabilizadores, porque formam um complexo insolúvel com proteínas e polipeptídeos em alguns minutos, subsequentemente removidos por filtração ou sedimentação, proporcionando assim também a redução do glúten. No entanto, em comparação com o sílica gel, o ácido tanino reduz os níveis de hordeína, as proteínas do glúten especificamente encontradas em cevada, mas de uma forma muito menos eficaz. Uma alta dose de taninos (cerca de 20 g / hL) deve ser usada para reduzir o teor de glúten abaixo do limite seguro de 20 ppm, mas isso pode afetar negativamente a qualidade sensorial da cerveja final, ao contrário do gel de sílica (TAYLOR et al., 2015).

3.3.4. ENGENHARIA GENÉTICA E ABORDAGENS INOVADORAS

Nos últimos anos, a engenharia genética tem sido aplicada para remover epítomos tóxicos em cereais que contêm glúten, como trigo ou cevada. A regulação pela tecnologia de interferência de RNA (RNAi) reduz a expressão de genes correlacionados a muitos grupos de gliadinas e gluteninas, e também reduz a atividade imunotóxica do glúten. Esta técnica é usada em pães, mas não há dados atualmente relatado para sua aplicação no processo de fabricação cervejeira (TAYLOR et al., 2015). Além disso, as estratégias de modificação genética de plantas podem ser uma alternativa para o uso de grãos de cereais contendo glúten na dieta celíaca, por exemplo, para a produção de maltes, alimentos e bebidas no mercado *gluten-free*. A tecnologia de edição de genes CRISPR/CAS9 pode remover ou modificar sequências de DNA relacionadas com a codificação de peptídeos imunogênicos. Os produtos derivados desta tecnologia inovadora podem ser disponíveis nos Estados Unidos, Argentina e Canadá, mas não na Europa porque não são permitidos por legislação ainda (JOUANIN et al., 2018).

O uso de cavitação hidrodinâmica no mosto e cerveja acabada pode ser considerado uma nova abordagem. Albanese e colaboradores (2017) usaram essa técnica com o objetivo de preservar sabor, aroma e sabor da cerveja sem o uso de aditivos químicos, tratamentos enzimáticos ou processo de filtração. Este método ainda não está bem estabelecido e com custos elevados, no entanto, permite a redução de concentração de glúten para abaixo do limite seguro de 20 ppm.

3.4. ASPECTOS MERCADOLÓGICOS

O mercado de cerveja sem glúten vem aumentando de tamanho consistentemente ao longo dos últimos anos. Como *drivers* principais para esse aumento estão consumidores portadores de doença celíaca e outras alergias a glúten e uma maior consciência global sobre os benefícios de uma dieta que não contenha glúten, mesmo que a pessoa fazendo essa dieta não tenha qualquer tipo de doença ou alergia relacionada ao consumo de glúten. Entre os maiores benefícios reportados estão a eliminação da sensação de “inchaço” devido a uma digestão mais simples dos alimentos presentes na dieta, bem como redução de dores no corpo, principalmente nas juntas, e a diminuição dos sintomas de outras alergias que a pessoa está predisposta a ter (FIOR MARKETS, 2021).

De acordo com a empresa de análise de mercado *Fior Markets*, o mercado de cerveja sem glúten deve atingir 18,7 bilhões de dólares até 2025, com uma taxa de crescimento anual de 16,3% ao ano, números muito acima da média de outros setores da indústria de alimentos. O aumento da conscientização dos consumidores aos benefícios de uma dieta *gluten-free* para a saúde aliado a maiores facilidades de comércio online, principalmente após a pandemia de COVID-19 em 2020, levaram a grandes *players* do mercado como ABInbev e Coors a investirem intensivamente nesse setor a fim de captar esse público crescente (FIOR MARKETS, 2021).

Atualmente, o mercado de cervejas sem glúten ainda é dominado por cervejarias de menor porte, que focam em cervejas especiais. A maioria desses se encontram na Ásia, EUA e na Europa. Alguns *players* a serem mencionados nesse segmento do mercado são *New Belgium Brewing Company, Inc.*, *Les Brasseurs Sans Gluten Inc.*, *Joseph James Brewing Company, Inc.*, *Stone Brewing Co.*, *Ground Breaker Brewing and Gastropub*, *New Planet Beer Co.*, *Brasserie De Brunehaut S.A.*, *Omission Brewing Co.*, *Lakefront Brewery Inc.*, *Redbridge Beer*, *Whistler Brewing Company*, *Ipswich Ale Brewery*, *Dogfish Head Craft Brewery Inc.*, *Epic Brewing Company e Bellfield Brewery Ltd.*

A região da Ásia-Pacífico dominou o mercado global de cerveja sem glúten com US \$ 2,38 bilhões em 2017, enquanto a região da América do Norte ocupava a segunda posição no mercado. A América do Norte está dominando o mercado devido à crescente conscientização do consumidor sobre os benefícios para a saúde do consumo de produtos sem glúten e ao aumento do número de redes de varejo organizadas na região (MARKET RESEARCH FUTURE, 2021). A região da Ásia-Pacífico é o mercado que mais cresce devido à preferência do consumidor por cerveja sem glúten e deve crescer imensamente em um futuro próximo devido às mudanças no estilo de vida. O aumento do número de lojas de bebidas, lojas de varejo, shoppings, restaurantes, bares e lojas de conveniência também afetará o crescimento do mercado de cerveja sem glúten (MARKET RESEARCH FUTURE, 2021).

É interessante notar que, dentro do contexto de um mercado de cerveja sem glúten, cervejas de sorgo têm um lugar de destaque, com uma fatia de 37,9% do mercado *gluten-free* de cervejas em 2017 (MARKET RESEARCH FUTURE, 2021). O sorgo é um cereal que naturalmente não contém glúten, sendo mais atrativo para quem procura por esse tipo de bebida. Além disso, cervejas de sorgo já são consumidas tradicionalmente em algumas partes da África e da Ásia, sendo muitas vezes a primeira cerveja sem glúten que um novo consumidor tem contato (MARKET RESEARCH FUTURE, 2021).

3.5. PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA

De acordo com Brasil (2004), inovação pode ser descrita como “a exploração de ideias novas que resultam em novos produtos, serviços ou processos ou que leve à agregação de qualidade ao que é produzido”. Para inovar, é necessário fazer a correta alocação de tempo e recursos, tendo assim um planejamento estratégico que vai levar a boas escolhas para pesquisas científicas, que conseqüentemente leva a vantagens competitivas sustentáveis para uma instituição, empresa ou indústria (BORSCHIVER; DA SILVA, 2016). É um processo dinâmico que está em constante mudança.

Borschiver e Da Silva (2016), bem como Teixeira (2013), constataam que atualmente vive-se um momento de quebras de paradigma. Assim como as revoluções agrícola e industrial reformularam toda a organização econômica e social da época, o mesmo está acontecendo hoje com a revolução da informação. Enquanto na revolução agrícola o poder econômico e político era determinado por quem detinha terras, e na revolução industrial por quem tinha capital, o ativo mais cobiçado nesta revolução mais moderna é a informação. Dessa forma, os *players* que detiverem uma quantidade de informação relevante, devidamente filtrada e qualificada, terão uma vantagem competitiva acima dos outros.

Por conta da rapidez com que a informação viaja nos tempos atuais, as empresas precisarão estar preparadas para criar soluções e realizar grandes mudanças em espaços cada vez mais curtos de tempo. Isso acontece por conta do dinamismo da globalização e industrialização, que cresce em ritmos exponenciais (TEIXEIRA, 2013). A sociedade atual cria demandas com uma velocidade nunca vista antes, e espera que a tecnologia acompanhe o ritmo destas necessidades. A globalização aliada a essa rapidez com que o conhecimento avança influencia diretamente na ciência, na inovação e na tecnologia (TEIXEIRA, 2013).

Dito isso, estudos que sejam capazes de identificar, organizar e prever as demandas de uma sociedade cada vez mais global são de suma importância. Nesse cenário, a prospecção tecnológica tem um papel crucial. A análise prospectiva é um conjunto de técnicas e conceitos que antevem, através de uma análise criteriosa de dados e com uma certa margem de erro, comportamentos da sociedade em diversos âmbitos: tecnológico, ambiental, político, culturais, entre outros (BORSCHIVER; DA SILVA, 2016). É a primeira etapa de um planejamento estratégico em espaços temporais distintos.

De acordo com Teixeira (2013), o estudo de prospecção tecnológica possui um conjunto de objetivos gerais e específicos que podem ser divididos da seguinte forma:

Objetivo geral

- Identificar áreas de pesquisa estratégica e as tecnologias genéricas emergentes que têm a propensão de gerar os maiores benefícios econômicos e sociais

Objetivos específicos:

- Identificar oportunidades ou ameaças futuras segundo as forças que orientam o futuro (desejável e indesejável);
- Construir futuros (desejáveis ou indesejáveis), antecipando e entendendo o percurso das mudanças;
- Subsidiar e orientar o processo de tomada de decisão em ciência, tecnologia e inovação;
- Identificar oportunidades e necessidades mais relevantes para a pesquisa futura, estabelecendo prioridades e avaliando impactos possíveis;
- Promover a circulação de informação e de conhecimento estratégico para a inovação;
- Prospectar os impactos das pesquisas atuais e da política tecnológica;
- Descobrir novas demandas sociais, novas possibilidades e novas ideias;
- Monitorar seletivamente as áreas econômica, tecnológica, social e ambiental.

Entende-se, portanto, que o estudo de prospecção tecnológica vai além do que um mero conjunto de técnicas, sendo um processo focado em entender as mudanças futuras e os fatores que causam tais mudanças. Sendo assim, como o futuro pode sempre apresentar mudanças, o foco do estudo prospectivo é avaliar as alternativas de desenvolvimento e as decisões que possam a vir ser tomadas, levando em conta quaisquer que sejam as escolhas feitas no presente (COELHO, 2003).

A prospecção como um todo faz uso de diversas estratégias, tanto formais quanto informais. Quanto maior a diversidade de estratégias utilizadas, maior também a confiabilidade dos resultados obtidos ao final da análise (COELHO, 2003; TEIXEIRA, 2013). Segundo Borschiver e Da Silva (2016), algumas estratégias comumente utilizadas em estudos de prospecção são: método Delphi, Cenários, Análise SWOT, *Roadmap* tecnológico (RTM).

O método Delphi se trata de um questionário elaborado anteriormente que é respondido por especialista de uma determinada área. Os questionários abordam tendências futuros de um certo fator crítico ou sistema. Uma vez enviado ao painel de especialistas, os mesmos respondem com suas opiniões pessoais acerca do assunto, e as respostas são

reavaliadas entre os próprios peritos. A cada rodada do questionário as respostas se afunilam cada vez mais até se chegar a um consenso. Trata-se de um método qualitativo, visto que não se utiliza de estudos embasados em números concretos e sim na experiência de especialistas de um determinado segmento (COELHO, 2003).

Outra técnica bastante comum é a técnica de cenários, que são simulações de possíveis situações futuras e é feito o trabalho de se tentar entender quais fatores que, se mudados hoje, mudarão a situação atual para essa futura, hipotética. Os cenários podem ser divididos em três tipos: exploratórios, normativos e tendenciais. Os cenários exploratórios levam em consideração apenas tendências do passado e do presente para tentar retornar propostas de futuros que sejam factíveis. Já os cenários do tipo normativos se baseiam em alternativas de futuro. Por último, os cenários do tipo tendenciais são aqueles nos quais se determina um cenário futuro a partir de algumas variáveis que podem influenciar tanto positivamente quanto negativamente fatores econômicos, tecnológicos, sociais, políticos e culturais (COELHO, 2003).

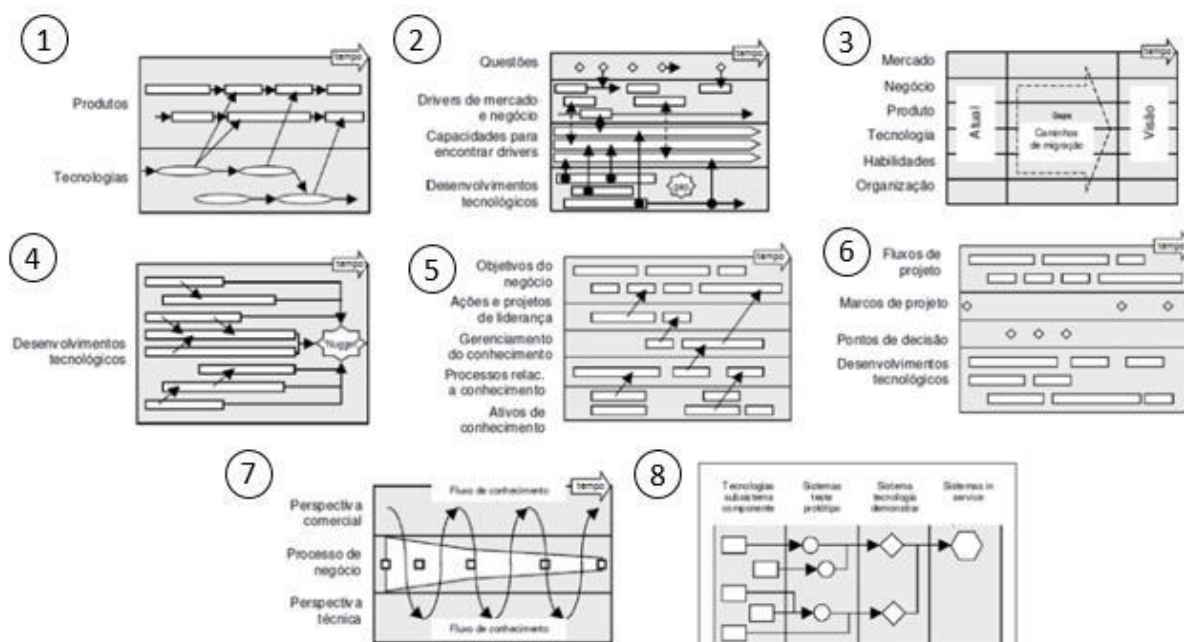
A matriz SWOT é bastante conhecida no meio corporativo e compõe outra técnica de prospecção. A sigla vem do inglês *Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats* (Fortalezas, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças). Como o próprio nome já diz a metodologia de SWOT consiste em determinar pontos fortes e fracos de uma organização ou produto, bem como quais oportunidades e ameaças eles apresentam. As forças e fraquezas se referem à organização, são fatores internos. Já as oportunidades e ameaças compõem fatores externos como concorrentes, recessões, entre outros (BORSCHIVER, DA SILVA, 2016).

Por último existe o *Roadmap* tecnológico, que provém da técnica de *Technology Roadmapping* (TRM). Ele consiste em uma metodologia visual, que correlaciona o estado da arte de uma certa tecnologia, pesquisa e desenvolvimento e tendências mundiais com previsões futuras para o mercado. Uma empresa com um estudo de TRM bem feito pode usar desse conhecimento para otimizar seu tempo e seus recursos, além de ser mais certa com seus estudos de P&D. O TRM serve como um mapa da evolução das tecnologias e produtos que ainda estão em fase embrionária, seja em escala laboratorial ou algo que já foi desenvolvido, mas que ainda não entrou no mercado, na forma de uma patente depositada, por exemplo (BORSCHIVER, da Silva, 2016).

Os *roadmaps* tecnológicos são ferramentas poderosas para visualização de lacunas dentro da cadeia produtiva, mercado ou pesquisa de um determinado produto. De acordo com Phaal *et al.* (2004), eles podem apresentar diversos tipos de formas e estruturas, de forma a se adaptar e tornar claras as lacunas existentes em um determinado estudo. Como pode ser visto

na Figura 1, Phaal *et al.* (2004) apresentam 8 diferentes tipos de estruturas de *roadmaps*, que são mais utilizados.

Figura 1: Tipos de *roadmaps* tecnológicos por subdivisão.



Fonte: Adaptado de PHAAL *et al.* 2004; NEUMANN, Fernanda, 2016.

Notas: (1) produto, (2) serviço/capacidade, (3) estratégia, (4) longo prazo, (5) ativos de conhecimento, (6) programa, (7) processo, (8) integração.

3.5.1 ARTIGOS CIENTÍFICOS E PATENTES COMO FERRAMENTAS DE PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA

Para se iniciar um estudo de prospecção tecnológica, primeiramente é necessário ter um tema a ser estudado bem definido, bem como a estratégia de pesquisa que será utilizada. Dessa forma, pode-se determinar as fontes científicas que serão utilizadas para analisar as informações encontradas (AMPARO *et al.*, 2012).

Assim como as fontes científicas, também é crucial que se determine as bases de referências que serão utilizadas. Quanto maior a variedade de bases utilizadas, mais embasado e confiável o estudo será, uma vez que é possível se utilizar de documentos que passaram por diversos tipos de controle de qualidade rigorosos quanto a metodologia dos estudos publicados (BORSCHIVER, da Silva, 2016).

No Brasil, uma das bases mais completas é o portal da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). É o banco de dados mais utilizado no país, principalmente pelas universidades federais, que são responsáveis pela maior parte da pesquisa científica brasileira. Com uma vasta gama de opções de filtro, é possível buscar documentos científicos através de: assunto, periódico, livro ou base de dados terceira. Com mais de 38 mil publicações, tanto nacionais quanto internacionais, ele cobre todas as áreas de conhecimento humano (Portal CAPES).

Outra base de dados de pesquisa de artigos científicos é a base SCOPUS®, da editora de artigos Elsevier. Esta base também pode ser acessada pelo portal CAPES e é especialmente útil para estudos de prospecção tecnológica. Isto ocorre porque a cada busca que é feita gera-se automaticamente um *dashboard* com informações relevantes sobre os resultados obtidos. Através dos dados dos artigos encontrados é possível ter de maneira clara e visual informações sobre os países, universidades ou autores que mais publicaram. Também é possível segmentar a pesquisa por área de conhecimento, por ano, entre outras divisões. Esta ferramenta é especialmente útil na etapa de análise macro de um estudo de prospecção, onde são levantadas precisamente essas informações.

O artigo científico é sem dúvida um dos documentos mais procurados para pesquisas acadêmicas. Além de conter conteúdo original, este tipo de documento passa por uma revisão criteriosa da revista na qual foi publicado, servindo assim como literatura base para corroborar estudos que já existem e também por inspirar novas pesquisas sobre um determinado assunto (BORSCHIVER; DA SILVA, 2016). Por outro lado, a análise de patentes serve como parâmetro para o desenvolvimento de tecnologias de um determinado segmento ou indústria, servindo como indicadores de inovação uma vez que são resultados exclusivos de P&D para uma determinada tecnologia (BORSCHIVER; DA SILVA, 2016).

Uma patente é um título temporário de propriedade intelectual a respeito de uma invenção, processo ou modelo de utilidade. É concedida pelo país onde a patente é depositada e confere aos inventores e autores, seja pessoa física ou jurídica, direitos exclusivos sobre uma invenção (BORSCHIVER; DA SILVA, 2016). Atualmente, o país que detém o maior número de patentes publicadas no mundo são os Estados Unidos da América (EUA), com mais de 10 milhões de patentes presentes na maior base de dados do mundo, a USPTO (*United States patent and trademark office*). Outras bases relevantes além da USPTO incluem *Patent Inspiration*, *Patent Scope* e Espacenet.

Uma patente é composta por resumo, folha de rosto e relatório descritivo. O resumo descreve o cerne da publicação, delimitando todos os aspectos relacionados a uma dada

invenção. A folha de rosto contém todos os dados bibliográficos relevantes: país de origem, nº do documento, datas, titulares, além dos símbolos da Classificação Internacional de Patentes. Já o relatório descritivo é a parte do documento patentário que, como o próprio nome sugere, descreve todo o estado da arte relevante para aquele pedido e também as condutas que levaram à solução do problema apresentado, descrevendo de forma lógica e clara toda a evolução da tecnologia apresentada até esse ponto. O relatório também é responsável por apresentar aplicações industriais, desenhos técnicos e o quadro reivindicatório, que define objetivamente o escopo real do que está sendo protegido (BORSCHIVER; DA SILVA, 2016)

A Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI) estabelece que o titular de uma dada patente pode licenciar ou vender os direitos à sua invenção a um terceiro, seja pessoa física ou jurídica. Após o término do período de vigência de uma patente, em geral de 20 anos, a invenção passa para um domínio público, fazendo com que qualquer interessado na metodologia ou tecnologia descrita possa fazer livre uso da mesma sem o pagamento de *royalties* (OMPI, 2003).

Quando se analisam os pedidos e concessões de documentos patentários é possível traçar um paralelo entre estes e o interesse por novas tecnologias, instigando o interesse de empresas e indústrias por novas tecnologias, fomentando as atividades de pesquisa e desenvolvimento dentro destas. Dessa forma, não apenas as universidades e instituições de pesquisa seriam incentivadas a desenvolver novas tecnologias, mas sim também o setor privado, em busca de exclusividade na exploração de lucro provenientes de suas próprias atividades de P&D. No entanto, de acordo com Borschiver e Da Silva (2016), é importante ressaltar que as invenções patenteadas nem sempre se tornam um produto ou serviço de valor econômico ou tecnológico, o que limita o seu uso como indicador de inovação.

4 METODOLOGIA DE PESQUISA

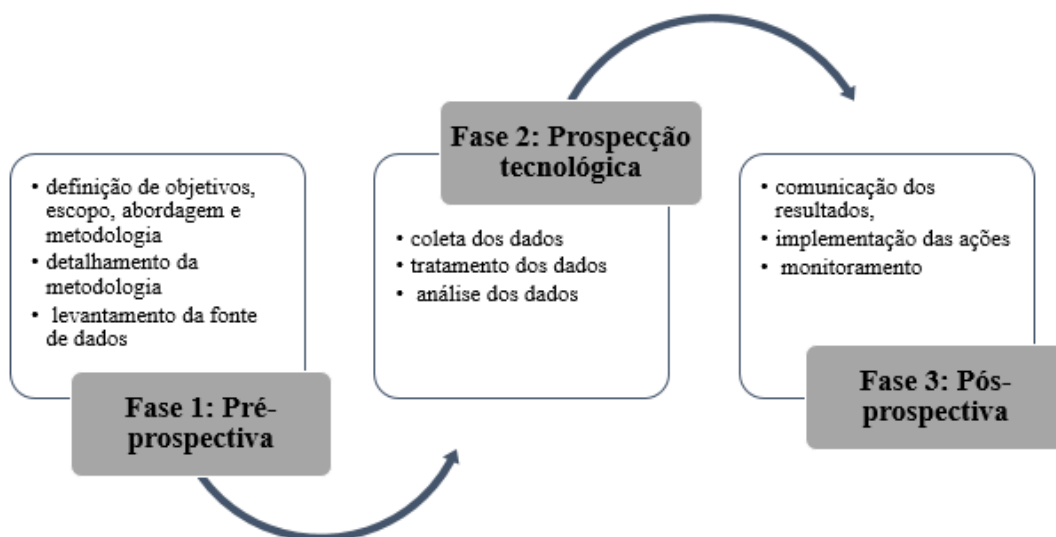
Para o presente estudo, propôs-se utilizar a metodologia NEITEC (Núcleo de Estudos Industriais e Tecnológicos), que é dividida em três fases: pré-prospectiva, prospecção tecnológica e pós-prospectiva (Figura 2).

A primeira fase, chamada de pré-prospectiva, é a etapa onde serão levantados todos os dados relevantes e será possível definir então os objetivos, escopo, abordagem e metodologia que será usada ao longo do estudo de prospecção (BORSCHIVER; DA SILVA, 2016). Já a segunda fase, que é a prospecção tecnológica em si, é a etapa que se refere à coleta de dados propriamente ditos, ao tratamento desses dados e análise dos

mesmos. A fase de pré-prospecção, portanto, se torna bastante relevante aqui já que ela servirá de base e sustentará toda a pesquisa feita nesta etapa. A etapa de prospecção é, no geral, a etapa de maior duração do estudo, já que a etapa que requer um maior tempo de pesquisa, leitura e julgamento dos dados encontrados para garantir que o que se está pesquisando é relevante e levará a um produto final de qualidade e relevância (BORSCHIVER; DA SILVA, 2016).

Por último, existe a fase pós-prospectiva, onde é possível ver a demonstração dos dados obtidos e filtrados, bem como a implantação das ações e o monitoramento (BORSCHIVER; DA SILVA, 2016). A Figura 2 traz um resumo das três etapas da metodologia NEITEC.

Figura 2: Etapas para a construção do roadmap tecnológico seguindo a metodologia do NEITEC.



Fonte: Elaboração própria a partir de BORSCHIVER *et al.*, 2014.

A partir do conteúdo supracitado, conclui-se que independentemente da metodologia escolhida, a Prospecção Tecnológica e todas as etapas envolvidas em sua construção podem ser consideradas ferramentas capazes de nortear procedimentos a serem seguidos, bem como auxiliar nas tomadas de decisão e visualização de lacunas de conhecimento que podem vir a ser exploradas. Sendo assim, o desenvolvimento de novas tecnologias é objetivado.

4.1. FASE PRÉ-PROSPECTIVA

Como explicitado anteriormente, a primeira fase do estudo de prospecção tecnológica começa pela fase pré-prospectiva. Nesta etapa foi feita a definição da metodologia que seria usada e pesquisado de forma bem ampla sobre o assunto em diferentes tipos de fontes: artigos científicos, trabalhos acadêmicos, sites de empresas, revistas, entre outros.

Para se aprofundar sobre o tema “cerveja sem glúten” foram utilizadas as bases de artigos científicos SCOPUS®, bem como o portal CAPES de periódicos, de forma a construir uma base sólida de conhecimento sobre o assunto para as fases posteriores. Dessa forma, foram feitas diversas pesquisas abrangendo os processos de fabricação da cerveja sem glúten, os *drivers* de mercado para a fabricação deste produto, bem como pesquisas na área de saúde para se entender mais profundamente como se dava a doença celíaca, que é o principal elemento motivador da produção deste novo produto. Após levantamento de dados, que abrangeram estudos tanto nacionais quanto internacionais, foi possível propor a estrutura da metodologia para esta prospecção, classificando os documentos achados como relevantes, pouco relevantes ou não relevantes.

4.2 FASE DE PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA

A partir da utilização dos conhecimentos obtidos na fase pré-prospectiva, pôde-se dar início ao cerne do estudo de prospecção. Sendo assim, foi possível definir um norte para a pesquisa através de diferentes combinações de palavras-chave e outros documentos técnicos.

A metodologia utilizada para a análise de artigos consistiu na aplicação das palavras-chave “*gluten-free*” e “*beer*”. A escolha das palavras em inglês se fez por conta da grande maioria de artigos encontrados base SCOPUS® (Elsevier, Amsterdã), que são escritos na língua inglesa. Essa base de dados foi escolhida pela facilidade em produzir uma análise macro, já que são oferecidas pelo próprio site a cada busca feita, e pela facilidade em baixar um grande número de documentos de uma só vez.

A metodologia utilizada para a análise de patentes foi feita através de quatro bases diferentes: USPTO, *Espacenet*, *Patent Scope* e *Patent Inspiration*. Utilizaram-se as palavras-chave “*gluten-free*” e “*beer*”. Destes, seguiu-se com os resultados da base com o maior número de resultados, neste caso, a *Patent Scope*.

Também nesta segunda etapa, após entender melhor a temática e os trabalhos feitos acerca do tema, foram definidas as taxonomias (*drivers*) para os níveis meso e subcategorias

para os níveis micro, sempre especificando e associando cada um dos documentos selecionados a cada um destes pontos.

Considera-se então que os documentos, juntamente com as determinações feitas ao longo da análise qualitativa e dos pontos supracitados, compõem um conjunto relevante de informações que permite identificar parcerias estratégicas, concorrentes de mercado, rotas de produção, matérias primas, processos, inovações, entre outros.

A finalidade da Fase 2 é colocar em forma de gráficos e quadros, os resultados encontrados, fazendo-se ainda uma breve análise dos mesmos (BORSCHIVER; DA SILVA, 2016).

4.2.1. ANÁLISE DOS ARTIGOS CIENTÍFICOS

Através de uma análise preliminar foram obtidos 133 artigos entre 1982 e 2021 como resultado. Escolheu-se, no entanto, limitar esses resultados a apenas os últimos 20 anos, ou seja, entre 2001 e agosto de 2021, pela representatividade dos resultados, já que 98% dos documentos encontrados foram publicados nesse período. Sendo assim, restou um total de 131 artigos. Para o presente trabalho optou-se por restringir o trabalho aos 100 mais recentes (de 2001 a 2021), a fim de viabilizar as análises posteriores.

Vale lembrar que os documentos publicados em 2021 são referentes ao período de janeiro a agosto deste ano.

4.3 ESTRATÉGIA DE BUSCA DE ARTIGOS CIENTÍFICOS

O mapeamento de documentos abordado neste trabalho foi promovido por meio da base SCOPUS®. As buscas foram feitas em agosto de 2021. Buscando apenas em título, resumo e palavras-chave, as palavras-chave utilizadas nas buscas foram “*gluten-free*” e “*beer*” (traduções dos termos “sem glúten” e “cerveja”) usando o booleano “AND” para que os resultados se limitassem apenas a documentos que continham as duas palavras-chave ao mesmo tempo. A busca foi realizada para os campos de título, resumo e palavras-chave do artigo. Os filtros utilizados foram:

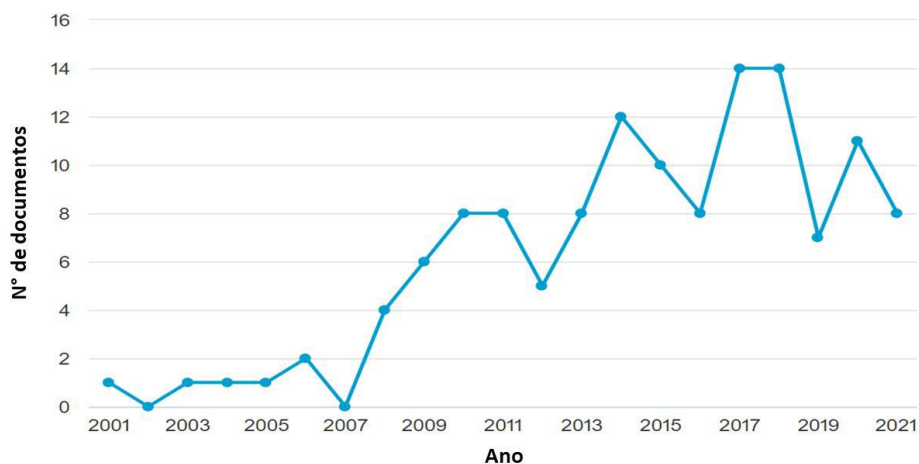
- Tipo de acesso: todos.
- Tipo de documento: artigo.
- Linguagem: inglês, espanhol e português.
- Período da busca: 1982 a 2021.

5 RESULTADOS

5.1. ANÁLISE NÍVEL MACRO

Na análise macro foram verificados os países que mais publicaram, além das revistas mais relevantes e os anos das publicações. Ao analisar a Figura 3, percebe-se um momento de pico nas publicações sobre cervejas sem glúten, em 2010, com aumentos em 2014 e 2017, mas mantendo uma média de 11 artigos por ano de 2013 em diante. Percebe-se também um aumento substancial na quantidade de artigos publicados desde 2001, indicando que este assunto está ganhando cada vez mais relevância nos tempos atuais. Antes de 2001, apenas dois artigos sobre o assunto haviam sido publicados, ambos em 1982. Já em 2007, houve um “boom” de geração de conhecimento sobre cerveja sem glúten, de forma que 98% de todos os artigos encontrados tenham sido publicados a partir de 2001.

Figura 3: Número de artigos científicos sobre cerveja sem glúten publicados por ano a partir de 2001, segundo a base SCOPUS®.

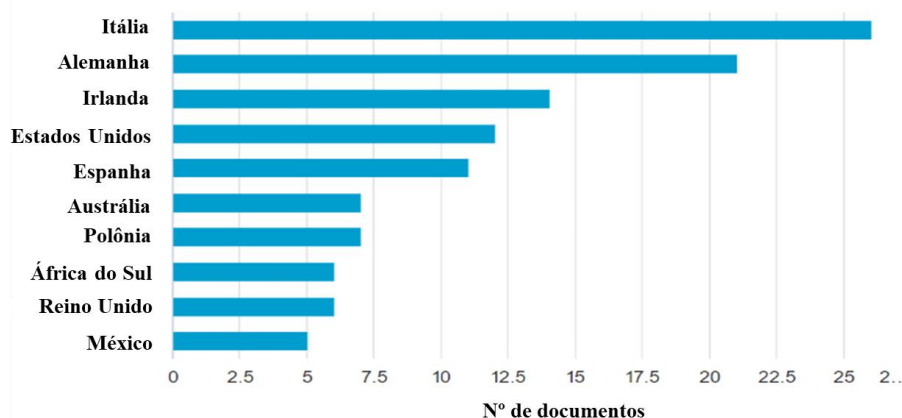


Fonte: Scopus®, 2021.

Com relação ao número de artigos científicos por país, a Figura 4 mostra que a Itália se destaca como um país gerador de conhecimento sobre cerveja sem glúten. Tal fato pode ser atribuído à dieta italiana, que por ser composta majoritariamente de alimentos que contém glúten, como pães, pizzas, e diferentes tipos de massa, gera uma alta consciência pública em relação à doença celíaca. De fato, é bastante comum ver opções *gluten-free* em restaurantes italianos, desde as menores cantinas familiares até redes mais famosas. Além disso, o governo italiano também disponibiliza *vouchers* para que celíacos possam comprar alimentos sem glúten

(NATIONAL PUBLIC RADIO, 2015). Esse grande enfoque italiano, portanto, se traduz em maiores esforços no campo de pesquisa e desenvolvimento de alimentos sem glúten, dentre eles a cerveja.

Figura 4: Número de artigos científicos publicados sobre cerveja sem glúten por países desde 2001 segundo a base SCOPUS®.

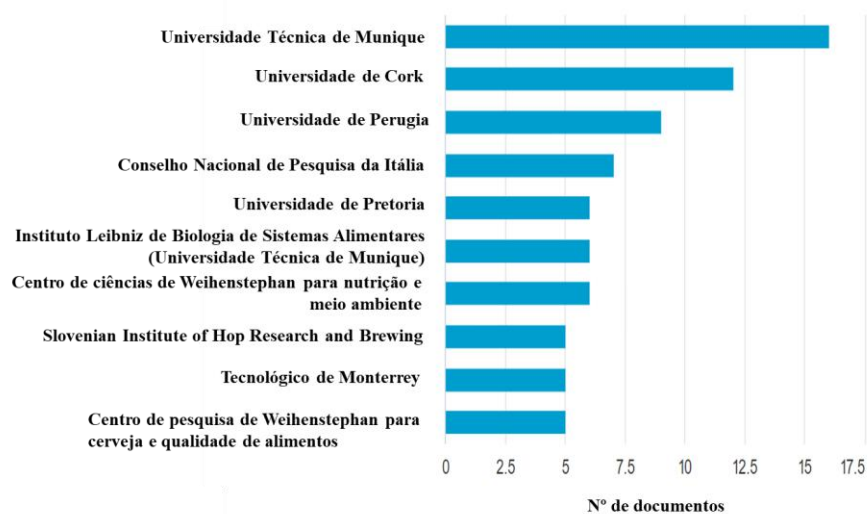


Fonte: Scopus®, 2021.

Além disso, também pode-se perceber a presença de países com grande tradição cervejeira, como Alemanha, Irlanda e Estados Unidos, ocupando as segunda, terceira e quarta posição, respectivamente.

Ao analisar as instituições patrocinadoras dos estudos, apresentado na Figura 5, universidades e centros de pesquisa representam mais de 95% dos documentos encontrados, com destaques para as três universidades nas três primeiras posições, representando aproximadamente 27% de todas as publicações. São elas: Universidade Técnica de Munique, Universidade de Cork e a Universidade de Perugia. As três universidades pertencem exatamente aos três países pioneiros nos estudos de cerveja sem glúten. Além disso, centros de pesquisa também aparecem dentre as instituições geradoras de conhecimento e, corroborando com o fato de que a Itália é o maior gerador de conhecimento sobre cerveja sem glúten atualmente, aparece a instituição governamental italiana do Conselho Nacional de Pesquisa, com 6 artigos publicados.

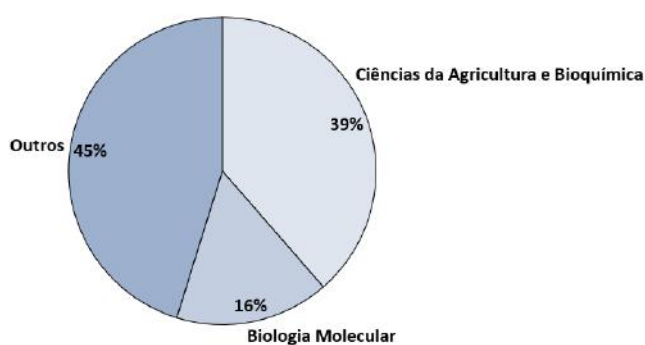
Figura 5: As 10 instituições com o maior número de artigos científicos publicados sobre cerveja sem glúten desde 2001 segundo a base SCOPUS®.



Fonte: Scopus®, 2021.

As duas maiores áreas de conhecimento abordadas nos artigos publicados em questão foram de Ciências da Agricultura e Bioquímica, seguida de Biologia Molecular, Genética e Bioquímica, que compreendem a 38,6% e 15,8%, respectivamente de todo o espaço amostral, respectivamente (Figura 6).

Figura 6: Publicações científicas sobre cerveja sem glúten por área de conhecimento desde 2001 segundo a base SCOPUS®.



Fonte: Elaboração própria baseada em pesquisa da base Scopus®, 2021.

5.1.2. ANÁLISE NÍVEL MESO

Na análise MESO foram identificados quais os tópicos abordados nas publicações. Dentre os artigos apresentados na plataforma, foram selecionados os 100 documentos mais recentes referentes à cerveja sem glúten, definindo-se uma divisão em *drivers* (taxonomias) representada por:

- **Produção:** documentos cujo foco do texto contempla a investigação, teste ou análise de algum parâmetro da etapa produtiva da cerveja sem glúten;
- **Enzima:** documentos que contemplam a investigação de enzimas que degradam glúten para produção de cerveja sem glúten;
- **Mercado:** documentos que abordam qualquer aspecto mercadológico da cerveja sem glúten, incluindo discussões e menções de novas tendências de consumo, pesquisas de análise sensorial e todo e qualquer menção do produto para além do processo produtivo;
- **Matéria-prima:** documentos que abordam a utilização de matérias-primas que não sejam malte de cevada ou trigo para a produção de cerveja sem glúten;
- **Caracterização:** documentos que focam em análises única e exclusivamente de caracterização do produto acabado, desde metodologias de quantificação de glúten a análises físico-químicas;
- **Alternativas:** documentos que contemplam outros métodos de remoção ou diminuição de glúten que não contemplem a utilização de enzimas ou cereais que naturalmente não contém glúten.

Tabela 2: Categorização dos artigos científicos analisados em taxonomias MESO Base Scopus®, busca feita entre 2001 e 2021 das palavras-chave “gluten-free” e “beer”

Taxonomia meso	Nº de documentos
Produção	23
Enzima	19
Mercado	10
Alternativas	7
Caracterização	26
Matéria-prima	35

Como pode-se observar na Tabela 2, há um certo equilíbrio entre os números de artigos categorizados em cada taxonomia, com pesquisas relacionadas ao uso de diferentes cereais como matéria-prima sendo um pouco mais exploradas. Por outro lado, publicações que

investigavam a utilização de outras metodologias de remoção de glúten que não fossem a utilização diretas de enzimas ou uso de cereais alternativos à cevada ou trigo, ainda foram pouco explorados. Além disso, há também bastante interesse em metodologias inovadoras de quantificação de glúten, demonstradas pelos 26 documentos encontrados sob a taxonomia ‘caracterização’. O relativo baixo número de publicações envolvendo aspectos mercadológicos também faz sentido, uma vez que se trata de um processamento relativamente novo, ainda em fase inicial de estudo, e, portanto, uma fração da indústria que ainda não está muito bem consolidada. Poucos são os números disponíveis para se traçar previsões muito precisas, e os estudos encontrados se limitam muitas vezes a investigar a aceitação do público desse novo produto.

Tais resultados demonstram, na prática, o processo natural de investigação inicial de uma nova tecnologia. Primeiramente, os testes e estudos se concentram em ações mais simples, como a simples troca da matéria-prima sem glúten e a validação quantitativa de que esta alteração do processo está de fato cumprindo seu papel, neste caso, de remover glúten. Isso está refletido no maior número de publicações nas taxonomias “Matéria-prima”, “Caracterização” e “Produção”, que representam 84% dos artigos encontrados. Em seguida, passa-se a investigar rotas de remoção de glúten através do uso de enzimas, a fim de se tentar manter as características sensoriais da bebida e mantê-la segura para o público-alvo. O uso de enzimas endógenas dos cereais ou de preparos enzimáticos comerciais é uma alternativa de produção também bastante comum, fazendo uso de propriedades já intrínsecas ao processo para se alcançar o objetivo, e isso é refletido nos 19% de publicações que investigam este tipo de tratamento.

Mais recentemente se passou a investigar também alternativas que não fossem o uso de cereais sem glúten ou a remoção de glúten através de biomoléculas. Por serem tecnologias mais de ponta e inovadoras, como a cavitação hidrodinâmica e engenharia genética, o número de publicações baixo de artigos na taxonomia “Alternativas” condiz com o processo natural do conhecimento científico. Uma vez que já há algum conhecimento bem estabelecido sobre produção de cervejas sem glúten através do uso de cereais sem glúten e pseudocereais, além do uso de preparos enzimáticos para remoção de glúten em cervejas tradicionais, a próxima barreira de conhecimento a ser vencida é exatamente de alternativas a estes processos atualmente mais explorados, já que nenhum deles ainda traz resultados completamente satisfatórios. De fato, 100% dos artigos sob a taxonomia “Alternativas” foram publicados de

2015 em diante, corroborando o fato de que o estudo de técnicas de remoção de glúten menos convencionais está começando a ganhar tração no início desta nova década.

5.1.3. ANÁLISE NÍVEL MICRO

Na análise MICRO, os tópicos abordados foram aprofundados. Assim, identificou-se os principais temas abordados, de forma a classificar, para cada um dos *drivers*, as subcategorias. A Tabela 3 apresenta o número de artigos referentes a cada uma das subáreas (taxonomia MICRO).

Tabela 3: Divisão dos artigos científicos em subcategorias (taxonomia MICRO) criadas para cada taxonomia MESO. Base Scopus®, busca feita entre 2001 e 2021 das palavras-chave “gluten-free” e “beer”

Taxonomia Meso	Taxonomia Micro	Nº de documentos
Produção	Brassagem	5
	Fermentação	4
	Malteação	14
Alternativas	Tratamento por precipitação	4
	Engenharia genética	3
	Não-utilização de cereais	2
	Cavitação hidrodinâmica	1
Enzima	Enzimas comerciais para composição do mosto	15
	Enzimas produzidas por microrganismos	8
	Enzimas endógenas do cereal	2
Caracterização	Físico-química	1
	Perfil proteico	2
	HPLC/MS	7
	ELISA	14
	Espectroscopia de impedância eletroquímica	1
	Q-PCR	1
	MRM-MS	1
Mercado	Estudo de caso	3
	Análise sensorial	2
	Avaliação de potencial	3
	Influência do público-alvo	1
	Legislação	1
Matéria-prima	Trigo Sarraceno	8
	Sorgo	13
	Milho	5
	Arroz	7
	Quinoa	4
	Amaranto	3

Aveia	4
Castanha	1
Painço	6
Tefe	3

- **Brassagem:** documentos cuja inovação faz referência a etapa de brassagem do processo produtivo;
- **Fermentação:** documentos que analisam o comportamento de leveduras durante o processo fermentativo de cervejas sem glúten;
- **Malteação:** documentos que focam no processo de malteação de diferentes cereais e pseudocereais com objetivo de melhorar algum aspecto do produtivo final;
- **Tratamento por precipitação:** documentos cuja inovação foca na utilização de tratamentos por precipitação para remover o glúten durante o processo produtivo da cerveja;
- **Engenharia genética:** documentos cuja inovação foca no uso de engenharia genética para produção de grãos que irão produzir cervejas sem glúten;
- **Não-utilização de cereais:** documentos cuja inovação foca na utilização de alternativas aos cereais como matéria prima para produção de cervejas sem glúten;
- **Cavitação hidrodinâmica:** documentos cuja inovação foca na utilização da técnica de cavitação hidrodinâmica para remover o glúten durante o processo produtivo da cerveja;
- **Enzimas comerciais para composição do mosto:** documentos que fazem uso de preparos enzimáticos comerciais para degradação de proteínas que compõem o glúten;
- **Enzimas produzidas por microrganismos:** documentos que fazem uso de enzimas produzidas por microrganismos para degradação de proteínas que compõem o glúten;
- **Enzimas endógenas do cereal:** documentos que abordam as enzimas produzidas pelo próprio cereal durante a etapa de malteação para subsequente degradação de glúten;
- **Físico química:** documentos que focam na caracterização físico-química de cerveja sem glúten;
- **Perfil proteico:** documentos que focam em quantificar proteínas ao longo de cada etapa da cadeia produtiva de cerveja;
- **HPLC/MS** (do inglês, *high-performance liquid chromatography with mass spectrometry* significa cromatografia líquida de alta eficiência com espectrometria de

massa): documentos que fazem uso da metodologia de HPLC/MS para quantificação de glúten em cerveja sem glúten;

- **ELISA** (do inglês, *enzyme-linked immunosorbent assay*, significa ensaio de imunoabsorção enzimática): documentos que fazem uso da metodologia de ELISAs para quantificação de glúten em cerveja sem glúten;
- **Espectroscopia de impedância eletroquímica:** documentos que fazem uso da metodologia de espectroscopia de impedância eletroquímica para quantificação de glúten em cerveja sem glúten;
- **Q-PCR** (do inglês, *quantitative polymerase chain reaction* - teste quantitativo de reação em cadeia de polimerases): documentos que fazem uso da metodologia de Q-PCR para quantificação de glúten em cerveja sem glúten;
- **MRM-MS** (do inglês, *multi reaction monitoring*, significa monitoramento de múltiplas reações): documentos que fazem uso da metodologia de MRM-MS para quantificação de glúten em cerveja sem glúten;
- **Estudo de caso:** documentos que analisam profundamente, do ponto de vista do consumidor final, algum aspecto do mercado de cerveja sem glúten;
- **Análise sensorial:** documentos que fazem análise detalhada da aceitação do consumidor final de diversos aspectos sensoriais da cerveja sem glúten: aroma, gosto, teor alcoólico, etc;
- **Avaliação de potencial:** documento que avalia o potencial futuro da cerveja sem glúten de impactar o mercado cervejeiro como um todo;
- **Influência do público-alvo:** documentos que investigam como pessoas que possuem alguma indisposição a glúten influenciam o mercado cervejeiro;
- **Legislação:** documentos que focam no aspecto legislativo do mercado de cerveja sem glúten;
- **Trigo Sarraceno:** documentos que contemplam a utilização de trigo sarraceno na receita para produção de cerveja sem glúten;
- **Sorgo:** documentos que contemplam a utilização de sorgo na receita para produção de cerveja sem glúten;
- **Milho:** documentos que contemplam a utilização de milho na receita para produção de cerveja sem glúten;
- **Arroz:** documentos que contemplam a utilização de arroz na receita para produção de cerveja sem glúten;

- **Quinoa:** documentos que contemplam a utilização de quinoa na receita para produção de cerveja sem glúten;
- **Amaranto:** documentos que contemplam a utilização de amaranto na receita para produção de cerveja sem glúten;
- **Aveia:** documentos que contemplam a utilização de aveia na receita para produção de cerveja sem glúten;
- **Castanha:** documentos que contemplam a utilização de castanha na receita para produção de cerveja sem glúten;
- **Painço:** documentos que contemplam a utilização de painço na receita para produção de cerveja sem glúten;
- **Tefe:** documentos que contemplam a utilização de tefe na receita para produção de cerveja sem glúten;

Como pode-se perceber (Tabela 3), dentre os 35% dos artigos analisados que se encontram sob a taxonomia “Matéria-prima” alguns cereais se destacam, principalmente o sorgo, o trigo sarraceno e o arroz. Tal fato pode ser explicado pelo protagonismo do sorgo nas dietas sem glúten, que já dura décadas. Como a doença celíaca não tem cura e o único tratamento conhecido é uma dieta 100% restrita de glúten, muito já se evoluiu na exploração desse cereal em diferentes cozinhas, bebidas e formulações. Na África, por exemplo, muito antes de se falar em dietas sem glúten já existiam registros de uma bebida muito semelhante à cerveja fabricada a base de sorgo e milho chamada *Umqombothi* (ESPINOZA-RAMIRES, 2013). Dessa forma, a tradição cervejeira já existente em relação ao sorgo aliado ao crescimento da demanda por cervejas sem glúten faz com que esse cereal seja o mais investigado dentre os artigos pesquisados. Razões muito semelhantes também estão por trás da popularidade das pesquisas por outros cereais bastante consumidos e que sabidamente não contém glúten como arroz, milho e trigo sarraceno. Estes são cereais presentes na dieta de boa parte da população mundial, além de já possuírem uma produção e tecnologias bem consolidadas, se tornando altamente disponíveis e de fácil acesso para o estudo de seu potencial como matéria-prima para cervejas sem glúten.

Exemplos de utilização dessas matérias-primas.

Além disso, já em relação aos artigos de taxonomia “Caracterização” pode-se perceber ainda uma grande predominância do uso de ELISAs (do inglês, *enzyme-linked immunoassay*) na detecção e quantificação de glúten na cerveja acabada. Estes testes são de suma importância para garantir que a cerveja contém glúten abaixo do limite máximo de 20 ppm permitido pela

maioria dos órgãos legisladores mundiais. No entanto, este método possui algumas limitações, podendo subestimar o conteúdo de certas proteínas de glúten presentes em cerveja, especialmente. Alguns dos artigos encontrados nesta pesquisa, inclusive, investigam exatamente a eficácia da utilização de ELISAs como método de quantificação frente a outros métodos. Apesar de menos comum, há também uma clara tentativa da utilização de metodologias analíticas mais precisas, porém mais caras, como o HPLC/MS, tendo 7 artigos encontrados falando sobre esta metodologia.

Há também um esforço significativo na investigação de ajustes que precisam a ser feitos em etapas da produção para se alcançar uma cerveja sem glúten e que tenha as características sensoriais mais próximas possíveis das cervejas tradicionais, feitas com malte de cevada ou trigo. Para isso, a etapa de malteação é a mais estudada, exatamente por conter nela a sintetização da maioria das enzimas amilolíticas que irão fazer a quebra dos açúcares complexos presentes no mosto cervejeiro. Como o próprio cereal já produz essas enzimas, investigam-se condições de malteação a fim de ajustar a produção de enzimas amilolíticas bem como outros parâmetros que serão importantes no restante do processo, a fim de se ter uma cerveja sem glúten com as características sensoriais de uma cerveja feita com malte de cevada.

Esse esforço também é refletido nos artigos classificados segundo a taxonomia MESO “Enzima” e corroborados por artigos da taxonomia MESO “Mercado”. Todos os artigos classificados sob as subcategorias de “Enzima” têm como objetivo final usar biomoléculas para degradação de glúten em mosto cervejeiro. Como pode-se perceber, o uso de preparos enzimáticos comerciais para esse fim é a metodologia mais comumente empregada até então, com cerca da metade do número de artigos investigando a opção de extrair tais enzimas de microrganismos como o fungo *Aspergillus niger*. Isso é corroborado pelos esforços na produção de artigos de “Análise Sensorial”, “Estudos de Caso” e “Avaliação de Potencial”, que buscam levantar dados de aceitação do consumidor final sobre esses novos produtos, além de tentar projetar, em números, como esse produto será aceito no futuro próximo.

Dentre os artigos que avaliam o potencial de tratamentos alternativos, que não fazem uso de enzimas para degradação de glúten em cerveja comum ou de cereais sem glúten para a produção de cerveja, é possível perceber um equilíbrio entre o uso de engenharia genética e metodologias de precipitação de glúten. Apesar de usados para o mesmo objetivo, estas duas metodologias têm custos e eficiência bastante distintos. Tal fato, aliado à ainda recente investigação de metodologias de produção de cerveja sem glúten, fazem com que os estudos de técnicas alternativas de remoção de glúten fiquem em segundo plano atualmente.

5.2. ANÁLISE DAS PATENTES

Para a análise de patentes foram pesquisados os mesmos termos “gluten-free” e “beer” usando o booleano “AND” a fim de se retornar documentos patentários que fizessem alusão à processos inovadores de fabricação de cerveja sem glúten. As pesquisas foram feitas em mais de uma base, sendo consultadas *USPTO*, *Patent Inspiration*, *Espacenet* e *Patent Scope*, no intervalo de tempo entre 1990 e 2021.

Embora o intervalo de busca de 31 anos seja relativamente grande, e levando em consideração que a maioria das pesquisas acadêmicas acerca desse assunto só começaram a ganhar tração a partir dos anos 2010, esperava-se que o número de patentes encontradas fosse muito baixo. De fato, na *USPTO*, *Patent Inspiration*, *Espacenet* e *Patent Scope* foram encontradas 3, 16, 29 e 37 documentos dentre patentes depositadas e patentes concedidas. Tal resultado era de se esperar uma vez que o fluxo de conhecimento geralmente começa por testes em escalas laboratoriais e experimentações para que, gradualmente, um processo seja patenteado e escalado para produção industrial. Como o número de publicações acadêmicas acerca do assunto ainda é relativamente baixo, com a pesquisa retornando menos de 150 publicações, o número de patentes depositadas e concedidas sobre o mesmo assunto é ainda menor. Sendo assim, devido ao número de documentos patentários ser muito pequeno, acredita-se que seguir com a metodologia de prospecção tecnológica previamente descrita e a subsequente criação de um *roadmap* tecnológico não traria resultados suficientes capazes de se tirar conclusões confiáveis e proveitosas sobre o estado da arte da tecnologia de cerveja sem glúten.

Dessa forma, optou-se por explorar os desafios e oportunidades que essa indústria ainda encontra acerca da produção em escala industrial desse produto, que será descrito no Capítulo 6.

Ainda assim vale a pena uma rápida análise dos 37 documentos encontrados em maior quantidade, na base de patentes *Patent Scope*. De acordo com os resultados da pesquisa, há um domínio de patentes europeias, principalmente provenientes da Itália e da Alemanha, o que corrobora os resultados encontrados durante a análise de artigos. É também possível perceber um grande protagonismo da Heineken Italia, que detém 10 das 37 patentes encontradas nesta busca, o que representa 27% de toda a propriedade intelectual pesquisada (Figuras 7 e 8).

Figura 7: N° de patentes concedidas sobre cerveja sem glúten por requerente desde 1999 segunda a base Patent Scope

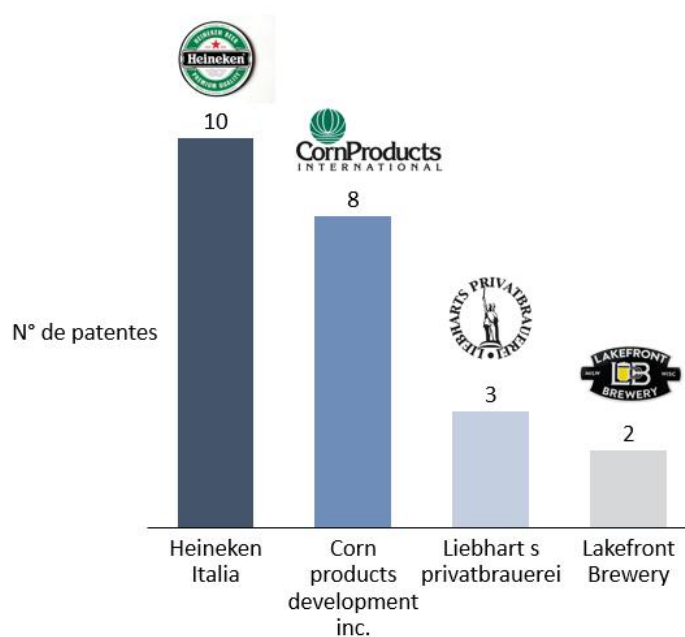
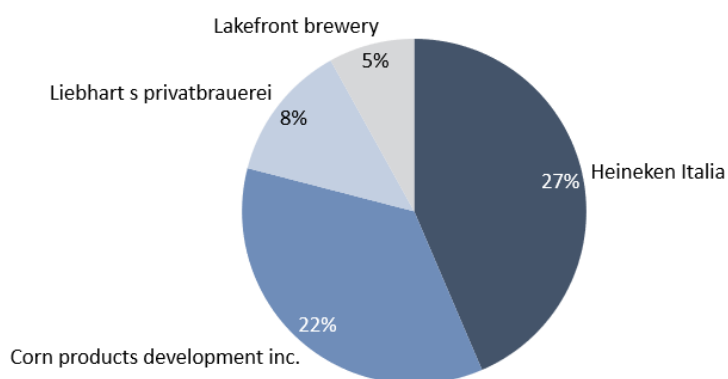


Figura 8: Porcentagem de patentes totais concedidas sobre cerveja sem glúten por requerente desde 1999 segunda a base Patent Scope



Além disso, há também forte representação de cervejarias menores e artesanais. Tal fato faz sentido uma vez que, antes da cerveja sem glúten se popularizar, eram apenas cervejarias menores que captavam o nicho de bebidas funcionais que além de cervejas sem glúten também incluem cervejas sem álcool e cervejas com baixo conteúdo calórico.

Mesmo tendo poucas patentes, sugiro explorar melhor os países e players detentores e onde essas patentes estão sendo depositadas. Os players dessas patentes são multinacionais, ou não? Sugiro também realizar a busca pela nomes dos players que citou no item 3.4 (aspectos mercadológicos) na revisão bibliográfica.

6 DESAFIOS E OPORTUNIDADES

Atualmente a demanda por bebidas funcionais como cervejas de baixo teor calórico, sem álcool e sem glúten está em alta (CELA et al, 2020). Há uma crescente preocupação da população mundial com o impacto que o alto processamento largamente utilizado na Indústria de Alimentos causa na saúde. Além disso, a simples percepção de valor de que bebidas funcionais ajudam no emagrecimento também impulsiona muito esse setor do mercado. No caso específico da produção de cerveja sem glúten, além da parcela da população mundial que passou a querer implementar em sua dieta opções mais saudáveis que exigem menos processamento metabólico existem as cerca de 70 milhões de pessoas que têm que conviver com a doença celíaca e não podem ter glúten dentro em sua dieta (CATASSI, 2008).

De forma geral, o custo de produção de uma cerveja sem glúten é maior do que de uma cerveja convencional por conta do maior preço de mercado dos grãos alternativos e das adaptações tecnológicas que precisam ser feitas. Ainda assim, de acordo com um relatório publicado pela Fior Markets (2021), o mercado global de cerveja sem glúten aumentará de US\$5,6 bilhões em 2017 para US\$ 18,7 bilhões até 2025, com uma taxa de crescimento anual de 16,3% durante o período de previsão para 2018–2025. Mulheres são um grupo-alvo especial porque a incidência de doença celíaca é maior entre pacientes do sexo feminino (60% dos pacientes adultos), e porque eles normalmente estão mais preocupados com a saúde e estilo de vida, incluindo nutrição saudável (KAWKA et al, 2014). Nesse contexto, portanto, configura-se uma grande oportunidade de melhorar o bem-estar dessa crescente parcela da população. No entanto, a produção de cervejas sem glúten traz consigo uma gama de desafios que devem ser enfrentados para que esse tipo de bebida seja tão comum na vida dessas pessoas como é o caso das cervejas convencionais.

Uma das opções mais exploradas para fabricação de cervejas sem glúten é o uso de cereais que são naturalmente sem glúten, como sorgo, milho e arroz e outros pseudocereais que incluem quinoa, amaranto e tefe, como matéria-prima. De acordo com o relatório da empresa *Fior Markets* (2021), o sorgo é o cereal mais utilizado atualmente na fabricação de cervejas sem glúten. Este é um cereal que resiste a variações nas condições climáticas para crescer, tem alto conteúdo de carboidratos e baixo custo, tornando-o um candidato ideal para a produção cervejeira. Apesar dessas vantagens, um problema central que acontece durante a etapa de infusão com malte de sorgo é o nível insuficiente de enzimas endógenas desse cereal, o que

dificulta a hidrólise dos glicídios mais complexos e afeta diretamente a capacidade da levedura de digerir esse mosto. Tal fato acaba gerando uma cerveja com baixo teor alcóolico e características sensoriais muito distantes da cerveja com malte de cevada, dificultando muito a aceitação desse produto no mercado (YEO; LIU, 2014).

Além disso, outro desafio bastante particular na produção de cervejas sem glúten, está diretamente correlacionado a problemas microbiológicos. O processo de fermentação reduz o valor do pH do mosto devido à atividade da levedura, com consequente desenvolvimento de compostos ácidos. A redução do pH promove a atividade proteolítica e assim também a proteólise do glúten. No entanto, alguns peptídeos de glúten tendem a permanecer na cerveja final. De fato, as leveduras usadas na fermentação convencional geralmente preferem maltose em vez de glicose. Desta forma, quando pseudocereais são usados no lugar da cevada, os subprodutos da fermentação são diferentes, o que confere à bebida final aroma e sabor bastante distinto do que o produzido quando se produz uma cerveja utilizando cevada (CELA et al, 2020). Sendo assim, o controle do progresso da fermentação é crucial para uma redução eficiente do glúten, incluindo o uso de cepas específicas de leveduras como uma ferramenta promissora para melhorar os atributos sensoriais, especialmente o sabor, de cervejas sem glúten (CELA et al, 2020).

A alternativa mais promissora, e talvez mais desafiadora, para a produção de cervejas sem glúten com características sensoriais adequadas é uso da modificação genética dos próprios grãos utilizados para fabricar a bebida. De acordo com Rubio-Flores e colaboradores (2016) é viável modificar geneticamente a cevada, trigo e outros cereais para que eles deixem de desencadear a doença celíaca e outras alergias. O uso da engenharia genética para diminuir a expressão do gene é uma oportunidade atraente para reduzir os componentes imunotóxicos do glúten e, portanto, a incidência de alergias relacionadas ao glúten pelo consumo da cerveja ou outros produtos de panificação. Recentemente, Tanner e colaboradores (2015) criaram a primeira cerveja com nível de glúten ultrabaixo em que o teor de hordeína foi reduzido para menos de 5 ppm. Isso foi conseguido por meio de estratégias de criação tradicionais para combinar três alelos recessivos, que agem independentemente uns aos outros para diminuir o conteúdo de hordeína a cada uma das gerações. No entanto, o grão da variedade inicial encolheu em comparação com os grãos selvagens, mas foram bem-sucedidos quando maltados e fermentados. Esta é uma alternativa ainda pouco explorada na literatura, mas com um potencial de crescimento expressiva.

7 CONCLUSÕES

Manter uma dieta estritamente sem glúten ao longo da vida é um desafio para pacientes com doença celíaca e outras formas de alergia a glúten. Por conta da disponibilidade restrita, custos são mais elevados e muitas vezes os produtos contêm propriedades sensoriais e textura desagradáveis por conta do uso de produtos feitos com materiais naturalmente sem glúten. No caso da cerveja, que é uma bebida consumida em todas as culturas do mundo em momentos de celebração, uma dieta estritamente sem glúten pode afetar bastante a qualidade de vida de uma pessoa.

Dentro desse contexto, foi possível analisar através de um estudo de prospecção os esforços que vêm sendo feitos mundialmente para a criação de cervejas que sejam seguras para celíacos e que mantenham as características sensoriais de cervejas comuns produzidas a partir de grãos que contêm glúten como cevada e trigo.

Falar antes das conclusões das análises macro (histórico, países e instituições). Teve similaridades e/ou divergências entre artigos e patentes?

Nesse sentido, os esforços podem ser categorizados em duas grandes classes: cervejas naturalmente sem glúten e cervejas com glúten removido. No primeiro tipo, que concentra 35% dos artigos mapeados, cervejas são feitas a partir de grãos que não contêm glúten, com destaque para o sorgo, milho e o arroz. Estes cereais são altamente populares ao redor do mundo, possuem baixo custo e um alto conteúdo de carboidratos, o que os torna excelente candidatos. Já o segundo tipo faz alusão às cervejas produzidas com grãos contendo glúten, que é removido posteriormente. Dentre esse tipo de cerveja, tratamentos enzimáticos são majoritários. As enzimas utilizadas neste tratamento são extraídas de diversas fontes microbiológicas como bactérias, fungos e plantas. Elas também podem ser extraídas dos próprios cereais através de modificações no processo de malteação, outra rota bastante investigada atualmente.

Por se tratar de um produto ainda muito recente e pouco explorado, o número de artigos e patentes encontradas foi relativamente baixo, com menos de 150 artigos científicos encontrados e menos de 40 patentes,. Todavia isso só evidencia que esta tecnologia ainda está em suas fases iniciais de desenvolvimento. Primeiramente, espera-se que o número de artigos científicos, resultados de experimentos feitos em escala laboratorial, seja mais alto que o número de patentes, que só são depositadas após uma certa tecnologia ter um nível maior de maturidade e que possa ser escalável. Espera-se, portanto, que em breve cada vez mais patentes

sejam depositadas, consequência do esforço das forças de mercado buscando uma fatia desse mercado emergente que deve chegar a quase US\$ 20 bilhões até 2025.

REFERÊNCIAS

- [1] AMPARO, K. K; RIBEIRO, M. C. O.; GUARIEIRO, L. L. N. **Estudo de caso utilizando mapeamento de prospecção tecnológica como principal ferramenta de busca científica. Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 17, n. 4, p. 195-209, 2012.
- [2] BORSCHIVER, S.; COELHO, K. M.; JESUS, A. O. C.; NUNES, S. B. **Roadmap Tecnológico SISAL**. In: 5th International Symposium on Technological Innovation, v. 2, p. 111-121, 2014.
- [3] BORSCHIVER, S.; SILVA, A.L.R. **Technology Roadmap – Planejamento Estratégico para alinhar Mercado-Produto-Tecnologia**. Ed. Interciencia, 2016.120p.
- [4] BRASIL, 2004. **LEI Nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004**. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências.
- [5] COELHO, G. M. **Prospecção tecnológica: metodologias e experiências nacionais e internacionais**. Rio de Janeiro: INT, 2003.
- [6] COIMBRA, D.D.; URIBE, N.C.; OLIVEIRA, B. S. **“Quadralização facial” no processo do envelhecimento** - Surg Cosmet Dermatol 2014; 6(1):6571.
- [7] ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA PROPRIEDADE INTELECTUAL (OMPI) SME Guides and Manuals. **Inventing the Future**, 2003
- [8] PHAAL, R.; FARRUKH, C.J.P.; PROBERT, D.R. **Characterisation of technology roadmaps: purpose and format, Management of Engineering and Technology**. PICMET, Portland, p. 367-374, 2001
- [9] SCOPUS®. **Scopus® Content Coverage Guide**. Disponível em <https://www.elsevier.com/__data/assets/pdf_file/0007/69451/Scopus®_content_coverage_guide.pdf>. Acesso em: 25 de agosto de 2021.
- [10] TEIXEIRA, L. P. **Prospecção Tecnológica: importância, métodos e experiências da Embrapa Cerrados**. p. 34, 2013.
- [11] UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE. **Manual of Patent Examining Procedure**, cap. 1100, seq. 1120, 2015. Disponível em:

<<http://www.uspto.gov/web/offices/pac/mpep/s1120.html>>. Acesso em: 25 de agosto de 2021.

- [12] CAMARCA, Alessandra; ANDERSON, Robert P.; MAMONE, Gianfranco; FIERRO, Olga; FACCHIANO, Angelo; COSTANTINI, Susan; ZANZI, Delia; SIDNEY, John; AURICCHIO, Salvatore; SETTE, Alessandro. **Intestinal T Cell Responses to Gluten Peptides Are Largely Heterogeneous: implications for a peptide-based therapy in celiac disease**. *The Journal Of Immunology*, [S.L.], v. 182, n. 7, p. 4158-4166, 19 mar. 2017.
- [13] GUMIENNA, Małgorzata; GÓRNA, Barbara. **Gluten hypersensitivities and their impact on the production of gluten-free beer**. *European Food Research And Technology*, [S.L.], v. 246, n. 11, p. 2147-2160, 6 ago. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00217-020-03579-9>.
- [14] BRZOZOWSKI B, BEDNARSKI W, ADAMCZAK M. **Biotechnological modification of biological properties of proteins in cereals**. *Food Sci Technol Quality* 4(45):17–26. 2005.
- [15] CHLEBICKA A, FAŁKOWSKI J, LICHOTA J. **From Macro to micro: the change of trendsetters in the Polish beer market**. In: Garavaglia C, Swinnen J (eds) *Economic perspectives on craft beer*. Palgrave Macmillan, Cham. 2018.
- [16] DEGEORGE KC, FRYE JW, STEIN JM, ROLLINS LK, MCCARTER DF. **Celiac disease and gluten sensitivity**. *Prim Care* 44:639–707. 2017.
- [17] MALAMUT, Georgia; CORDING, Sascha; CERF-BENSUSSAN, Nadine. **Recent advances in celiac disease and refractory celiac disease**. *F1000Research*, [S.L.], v. 8, p. 969, 26 jun. 2019. F1000 Research Ltd. <http://dx.doi.org/10.12688/f1000research.18701.1>.
- [18] MORENO ML, COMINO I, SOUSA C. **Alternative Grains as Potential Raw Material for Gluten-Free Food Development in The Diet of Celiac and Gluten-Sensitive Patients**. *Austin J Nutri Food Sci*.2(3): 1016. ISSN: 2381-8980. 2014.
- [19] SWORA-CWYNAR E, MARCINIAK M, MAŃKOWSKA-WIERZBICKA D, GULBICKA P, GRZYMISŁAWSKI M, DOBROWOLSKA A. **New aspects of celiac disease - epidemiology, diagnostics, symptoms**. *Forum Zaburzeń Metabolicznych* 10(1):29–36. 2019.
- [20] TANNER GJ, COLGRAVE ML, HOWITT CA. **Gluten, celiac disease, and gluten intolerance and the impact of gluten minimization treatments with**

- prolylendopeptidase on the measurement of gluten in beer.** J Am Soc Brew Chem 72(1):36–50. 2014.
- [21] LUDVIGSSON JF, LEFFLER DA, BAI JC, BIAGI F, ALESSIO FASANO PHR, GREEN HM, KAUKINEN K, KELLY CP, LEONARD JN, ASLAKSEN LUNDIN KE, MURRAY JA, SANDERS DS, WALKER MM, ZINGONE F, CIACCI C. **The Oslo definitions for coeliac disease and related terms.** Gut 62:43–52. 2013.
- [22] CELA, Nazarena; CONDELLI, Nicola; CARUSO, Marisa C.; PERRETTI, Giuseppe; CAIRANO, Maria di; TOLVE, Roberta; GALGANO, Fernanda. **Gluten-Free Brewing: issues and perspectives.** Fermentation, [S.L.], v. 6, n. 2, p. 53. MDPI AG. 2020.
- [23] HAGER, Anna-Sophie; TAYLOR, Josh P.; WATERS, Deborah M.; ARENDT, Elke K.. **Gluten free beer – A review.** Trends In Food Science & Technology, [S.L.], v. 36, n. 1, p. 44-54. Elsevier BV. 2014.
- [24] DELCOUR, JA; HOSENEY RC. **Principles of cereal science and technology.** AACC International press. 2010.
- [25] CEPPI, E. L. M.; BRENNNA, O. V.. **Brewing with Rice Malt - A Gluten-free Alternative.** Journal Of The Institute Of Brewing, [S.L.], v. 116, n. 3, p. 275-279, 2010.
- [26] NIC PHIARAIS BP; MAUCH A; SCHEHL BD; ZARNKOW M; GASTL M; HERRMANN M; ZANNINI E; ARENDT EK. **Processing of a top fermented beer brewed from 100% buckwheat maltwith sensory and analytical characterisation.** J Inst Brew 116(3):256–274. 2010.
- [27] DIAKABANA, P.; MVOULA-TSIERI, M.; DHELLOT, J.; KOBAWILA, S.C.; LOUEMBE, D.. **Physico-Chemical Characterization of Brew during the Brewing Corn Malt in the Production of Maize Beer in Congo.** Advance Journal Of Food Science And Technology, [S.L.], v. 5, n. 6, p. 671-677. 2013.
- [28] ESPINOSA-RAMÍREZ, Johanan; PÉREZ-CARRILLO, Esther; SERNA-SALDÍVAR, Sergio O.. **Production of Brewing Worts from Different Types of Sorghum Malts and Adjuncts Supplemented with β -Amylase or Amyloglucosidase.** Journal Of The American Society Of Brewing Chemists, [S.L.], v. 71, n. 1, p. 49-56. 2013.
- [29] AGU, R. C.; CHIBA, Y.; GOODFELLOW, V.; MACKINLAY, J.; BROSNAN, J. M.; BRINGHURST, T. A.; JACK, F. R.; HARRISON, B.; PEARSON, S. Y.; BRYCE, J. H.. **Effect of Germination Temperatures on Proteolysis of the Gluten-Free Grains Rice and Buckwheat during Malting and Mashing.** Journal Of Agricultural And Food Chemistry, [S.L.], v. 60, n. 40, p. 10147-10154. 2012.

- [30] FANARI, Mauro; FORTESCHI, Mauro; SANNA, Manuela; ZINELLU, Manuel; PORCU, Maria Cristina; PRETTI, Luca. **Comparison of enzymatic and precipitation treatments for gluten-free craft beers production.** Innovative Food Science & Emerging Technologies, [S.L.], v. 49, p. 76-81. 2018.
- [31] COMINO, Isabel; MORENO, María de Lourdes; REAL, Ana; RODRÍGUEZ-HERRERA, Alfonso; BARRO, Francisco; SOUSA, Carolina. **The Gluten-Free Diet: testing alternative cereals tolerated by celiac patients.** Nutrients, [S.L.], v. 5, n. 10, p. 4250-4268. 2013.
- [32] CAPOZZI, Vittorio; RUSSO, Pasquale; FRAGASSO, Mariagiovanna; VITA, Pasquale de; FIOCCO, Daniela; SPANO, Giuseppe. **Biotechnology and Pasta-Making: lactic acid bacteria as a new driver of innovation.** Frontiers In Microbiology, [S.L.], v. 3, n. 8, p. 327-337. 2012
- [33] SHETTY, Radhakrishna; VESTERGAARD, Mike; JESSEN, Flemming; HÄGGLUND, Per; KNORR, Verena; KOEHLER, Peter; PRAKASH, H.s.; HOBLEY, Timothy John. **Discovery, cloning and characterisation of proline specific prolyl endopeptidase, a gluten degrading thermo-stable enzyme from Sphaerobacter thermophiles.** Enzyme And Microbial Technology, [S.L.], v. 107, p. 57-63. 2017.
- [34] KERPEES, Roland; KNORR, Verena; PROCOPIO, Susanne; KOEHLER, Peter; BECKER, Thomas. **Gluten-specific peptidase activity of barley as affected by germination and its impact on gluten degradation.** Journal Of Cereal Science, [S.L.], v. 68, p. 93-99. 2016.
- [35] TAYLOR, Joshua P.; JACOB, Fritz; ARENDT, Elke K.. **Fundamental study on the impact of silica gel and tannic acid on hordein levels in beer.** Innovative Food Science & Emerging Technologies, [S.L.], v. 31, p. 177-184. 2015.
- [36] JOUANIN, Aurélie; SCHAART, Jan G.; BOYD, Lesley A.; COCKRAM, James; LEIGH, Fiona J.; BATES, Ruth; WALLINGTON, Emma J.; VISSER, Richard G. F.; SMULDERS, Marinus J. M.. **Outlook for coeliac disease patients: towards bread wheat with hypoimmunogenic gluten by gene editing of α - and γ -gliadin gene families.** BMC Plant Biology, [S.L.], v. 19, n. 1, p. 327-337. 2019.
- [37] ITALY: LAND OF PIZZA AND PASTA IS GLUTEN-FREE FRIENDLY. **National Public Radio**, 2015. Disponível em <<https://www.npr.org/sections/thesalt/2015/08/23/433430664/italy-land-of-pizza-and-pasta-is-gluten-free-friendly>> acesso em 14 de set. de 2021.

- [38] ALBANESE, Lorenzo; CIRIMINNA, Rosaria; MENEGUZZO, Francesco; PAGLIARO, Mario. **Gluten reduction in beer by hydrodynamic cavitation assisted brewing of barley malts**. *Lwt - Food Science And Technology*, [S.L.], v. 82, p. 342-353, set. 2017.
- [39] THE BEER INDUSTRY EMBRACES GROWING GLUTEN FREE MARKET, **European Beer Challenge**, 2019. Disponível em <https://europeanbeerchallenge.org/the-beer-industry-embraces-growing-gluten-free-market%E2%80%8B/> acesso em 5 de ago. de 2021.
- [40] GLOBAL GLUTEN-FREE BEER MARKET IS EXPECTED TO REACH USD 18.7 BILLION BY 2025: FIOR MARKETS, **Globe news wire**, 2019. Disponível em < <https://www.globenewswire.com/news-release/2019/11/05/1940816/0/en/Global-Gluten-Free-Beer-Market-is-Expected-to-Reach-USD-18-7-Billion-by-2025-Fior-Markets.html>> acesso em 8 de ago. de 2021.
- [41] GLUTEN FREE BEER MARKET FORECAST, **Market Research Future**, 2021. Disponível em <<https://www.globenewswire.com/news-release/2019/11/05/1940816/0/en/Global-Gluten-Free-Beer-Market-is-Expected-to-Reach-USD-18-7-Billion-by-2025-Fior-Markets.html>> acesso em 8 de ago. de 2021.
- [42] CATASSI, Carlo; FABIANI, Elisabetta; IACONO, Giuseppe; D'AGATE, Cinzia; FRANCAVILLA, Ruggiero; BIAGI, Federico; VOLTA, Umberto; ACCOMANDO, Salvatore; PICARELLI, Antonio; VITIS, Italo de. **A prospective, double-blind, placebo-controlled trial to establish a safe gluten threshold for patients with celiac disease**. *The American Journal Of Clinical Nutrition*, [S.L.], v. 85, n. 1, p. 160-166, 1 jan. 2007.
- [43] YEO, Hui Qi; LIU, Shao-Quan. **An overview of selected specialty beers: developments, challenges and prospects**. *International Journal Of Food Science & Technology*, [S.L.], v. 49, n. 7, p. 1607-1618, 21 jan. 2014.
- [44] RUBIO-FLORES M., SERNA-SALDIVAR S.O. **Technological and engineering trends for production of gluten-free beers**. *Food Eng Rev* 8:468–482. 2016.
- [45] TANNER G.J., COLGRAVE M.L., HOWITT C.A. **Gluten, celiac disease, and gluten intolerance and the impact of gluten minimization treatments with prolylendopeptidase on the measurement of gluten in beer**. *J Am Soc Brew Chem* 72(1):36–50. 2014.