



UnB - Universidade de Brasília
Instituto de Química



ANA LUÍSA PINHEIRO CAMARGO

**ESTUDO SOBRE VIABILIDADE DE USO DE CEVADA
CULTIVADA NA REGIÃO CENTRO-OESTE PARA
PRODUÇÃO DE CERVEJA**

BRASÍLIA – DF

2019



UnB - Universidade de Brasília
Instituto de Química



ANA LUÍSA PINHEIRO CAMARGO

**ESTUDO SOBRE VIABILIDADE DE USO DE CEVADA
CULTIVADA NA REGIÃO CENTRO-OESTE PARA
PRODUÇÃO DE CERVEJA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Química da Universidade de Brasília como parte do requisito para obtenção do título de bacharel em Química Tecnológica.

Orientadora: Prof. Dr^a. Grace Ferreira Ghesti

Brasília - DF

2019

ANA LUÍSA PINHEIRO CAMARGO

**ESTUDO SOBRE VIABILIDADE DE USO DE CEVADA
CULTIVADA NA REGIÃO CENTRO-OESTE PARA
PRODUÇÃO DE CERVEJA**

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Paulo Anselmo Ziani Suarez - IQ/UnB
Examinador interno – IQ/UnB

Prof.^a Dr.^a Adriana Linhares Drummond - IFB
Examinadora interna – IFB – Campus Gama

Prof.^a Dr.^a Grace Ferreira Ghesti- IQ/UnB
Presidente da banca – IQ/UnB

Brasília, 4 de Julho de 2019

CIP – Catalogação Internacional da Publicação

Camargo, Ana Luísa Pinheiro

Estudo sobre viabilidade de uso de cevada cultivada na região centro oeste para produção de cerveja, Ana Luísa Pinheiro Camargo, Brasília: UnB, 2019. 63 P.: Il.; 29,5 Cm.

Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília

Instituto de Química, Brasília, 2019. Orientação: Grace Ferreira Ghesti.

1. Malte. 2. Cerveja. 3. Centro-oeste

I. Ghesti, Grace. II. Estudo sobre viabilidade de uso de cevada cultivada na região centro oeste para produção de cerveja.

CDU Classificação

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente aos meus pais por todo apoio e carinho. Por sempre estarem do meu lado e tornarem possível a realização dos meus sonhos. Por me ensinarem a ser melhor a cada dia e a lutar pelo que quero. Obrigada por todo o suporte e amor que vocês me deram, não seria ninguém sem vocês.

Aos meus irmãos por todo companheirismo e por me ensinarem que sempre posso contar com vocês. À Luana pela ajuda com à Universidade e, mesmo longe, sei que sempre podemos contar uma com a outra e ao Diogo por todas as noites de conversa que me distraem e me acalmam. À minha família por todo amor e por me ensinarem o significado e união. Obrigada por tudo.

Às minhas amigas que estão do meu lado nos momentos mais difíceis, sempre me fazendo rir e nos divertindo. A todas as noites de muita conversa, carinho e risadas. Eu não teria conseguido realizar a graduação sem a amizade de vocês. Obrigada meninas.

Agradeço aos meus amigos do curso por todo suporte e ajuda com a vida universitária. Somente nós sabemos como é difícil concluir cada semestre e como atravessar cada obstáculo da graduação juntos. As tardes no ca e as viagens, lembranças que vão estar guardadas comigo por toda a vida.

Aos professores pela ajuda na minha formação profissional. Ao professor Alexandre Umpierre por me introduzir na área da pesquisa, me ensinar a trabalhar em um laboratório e ter a primeira experiência profissional. À professora Grace Ghesti por me guiar durante toda pesquisa e realização do TCC, por aumentar a minha paixão pela área e tornar possível o meu desenvolvimento na mesma. A senhora é um exemplo de pessoa e profissional.

Aos meus colegas do LaBCCERVa pela ajuda com os experimentos, pelos conselhos e por tantos ensinamentos. Muito obrigada. Agradeço em especial, a Isabella por toda a grande ajuda com o desenvolvimento do TCC, por estar sempre comigo no laboratório. E obrigada aos alunos de Técnica de Pesquisa pela ajuda.

Por fim, agradeço a Universidade de Brasília por tornar minha graduação possível e a todas as pessoas que passaram pela minha vida e me auxiliaram a chegar até aqui e ser a pessoa que sou hoje.

RESUMO

O mercado cervejeiro nacional vem aumentando no decorrer dos últimos anos. Em dez anos, o número de cervejarias no Brasil foi de 100 para 1000 unidades. Com o atual volume de produção, a demanda por insumos aumentou exponencialmente, principalmente de maltes e lúpulos especiais, os quais são majoritariamente importados. Sabe-se que o Brasil apresenta uma grande produção agrícola, logo, visando expandir a produção de cevada/malte nacional e suprir a demanda do mercado, pesquisa-se a viabilidade de cultivo da cevada na região centro oeste para fins cervejeiros. O trabalho tem como objetivo estudar uma cevada cultivada na região e avaliar suas análises físico-químicas e biológicas para seu uso no setor cervejeiro, assim como suas implicações nas etapas produtivas. A cevada foi analisada, submetida ao processo de malteação e, em seguida, caracterizada. De acordo com as análises de classificação e peso de mil grãos, a cevada produziu um malte de baixa qualidade, porém diante das demais análises observou-se que seus resultados se encontram dentro da faixa esperada para um malte de cevada comercial. Foi constatado que a qualidade do malte foi afetada pela secagem inadequada e que houve implicações ao longo da produção da cerveja. Conseqüentemente, houve impacto no rendimento e eficiência da produção causando prejuízos financeiros. Sendo assim, a cevada cultivada na região centro oeste pode ser inserida no mercado cervejeiro, porém não para a produção de malte tipo base, tais como: pilsen, vienna, munich, em função de seu alto teor de proteínas. Além de interferir diretamente na coloração do produto final, sabe-se que os maltes especiais são adicionados em pequenas quantidades (1-20%) na produção de cerveja e, a alta porcentagem de proteínas da cevada não irá impactar no rendimento e perdas financeiras. Desta forma, o emprego da cevada estudada é recomendado para a produção de maltes especiais, os quais apresentam alto valor agregado e menor rendimento produtivo na indústria cervejeira.

ABSTRACT

The national brewing market has been increasing over the last few years. In ten years, the number of breweries in Brasil was 100 and became 1000 units. With the current production volume, the demand for inputs increased exponentially, mainly of special malts and hops, which are mostly imported. It is known that Brazil has a large agricultural production so to expand the production of national barley/malt and supply the market demand, the viability of barley cultivation in the Midwest region for brewing purposes is research. The work aims to study a barley cultivated in the region and evaluate its physicochemical and biological analyses for its use in the brewing sector, as well as its implications in the productive stages. The barley was analyzed, subjected to the malteation process and then characterized. According to the analysis of the classification and weight of a thousand grains, the barley produced a low-quality malt, however, in view of the other analyses, it was observed that their results are within the expected range for a commercial barley malt. It was found that the quality of malt was affected by inadequate drying and that were implications throughout the production of beer. Consequently, there was an impact on yield and production efficiency causing financial losses. Thus, barley cultivated in the Midwest region can be inserted into the brewing market, but not for the production of malt base type, such as: pilsen, vienna, munich, due to its high protein content. In addition to interfering directly in the colouring of the final product, it is known that special malts are added in small amounts (1-20%) in the production of beer and, the high percentage of barley proteins will not impact on income and financial losses. Thus, the use of the barley studied is recommended for the production of special malts, which have high aggregate value and lower productive yield in the brewing industry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ranking dos produtores mundiais de cerveja (MARTINS, L. F. et al., 2017).....	17
Figura 2. Total de cervejarias registradas no Brasil (MÜLLER; MARCUSSO, 2018)	18
Figura 3. Porcentagem de cervejarias em cada região do Brasil (MARTINS, A. P., 2018) ...	19
Figura 4. Esquema do processo de malteação. (MARTINS, V. M. R.; RODRIGUES, 2015) 23	
Figura 5. Esquema do processo de fabricação de cerveja (EDUARDO et al., 2018).....	28
Figura 6. Fluxograma do processo de malteação	40
Figura 7. Fluxograma da produção da cerveja.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados das análises de cevada.....	47
Tabela 2. Dados de classificação, friabilidade e umidade da amostra.....	50
Tabela 3. Poder diastático e tempo de sacarificação do malte.....	51
Tabela 4. Valores de extrato, pH, cor do mosto e cor após a fervura do malte estudado.	52
Tabela 5. Viscosidade do mosto, teor de β glucano e turbidez do mosto.....	53
Tabela 6. Viscosidade do mosto, teor de β glucano e turbidez do mosto.....	55
Tabela 7. Dados da etapa de maceração.....	56
Tabela 8. Dados da etapa de germinação.	57
Tabela 9. Dados do processo de secagem do malte verde	57
Tabela 10. Massa inicial e final, perdas totais e eficiência da malteação.....	58
Tabela 11. Quantificação do processo de fabricação.....	59
Tabela 12. Perdas sólidas, líquidas, totais e rendimento da produção.	59

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES

L	Litros
Kg	Quilogramas
mL	Mililitros
g	Gramas
°C	Graus Celsius
h	Horas
Min	Minutos
Ha	Hectare
EBC	<i>European Brewery Convention</i>
PMG	Peso de 100 grãos
MEBAK	<i>Mitteleuropische Brautechnische Analysenkommission</i>
ASBC	<i>American Society of Brewing Chemists</i>

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS _____	6
RESUMO _____	8
ABSTRACT _____	9
LISTA DE FIGURAS _____	10
LISTA DE TABELAS _____	11
LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES _____	12
SUMÁRIO _____	13
1. INTRODUÇÃO _____	16
2. REVISÃO DA LITERATURA _____	17
2.1. Conjuntura Atual do Mercado Cervejeiro _____	17
2.2. Matérias Primas _____	20
2.2.1. Cevada _____	20
2.2.3. Malte _____	22
2.2.4. Outros insumos _____	26
2.3. Cerveja _____	27
3. OBJETIVOS _____	30
3.1. Gerais _____	30
3.2. Específicos _____	31
4. MATERIAIS E MÉTODOS _____	31
4.1. Caracterização da cevada _____	31
4.1.1. Classificação de cevada _____	32
4.1.2. Teor de Umidade _____	32

4.1.3. Peso de mil grãos	32
4.1.4. Pré germinados	32
4.1.5. Poder germinativo	32
4.1.6. Energia germinativa (BRF 4 mL)	32
4.1.7. Sensibilidade à água (BRF 8 mL)	33
4.1.8. Índice de germinação	33
4.1.9. Proteína	33
4.1.10. B-glucano	34
4.2. Caracterização do malte	34
4.2.1. Classificação de malte	35
4.2.2. Teor de Umidade	35
4.2.3. Friabilidade e grãos não modificados	35
4.2.4. Proteína	35
4.2.5. Poder Diastásico	35
4.2.6. Mosto Congresso	36
4.2.7. Tempo de sacarificação	36
4.2.8. Extrato de malte	36
4.2.9. pH	36
4.2.10. Viscosidade	36
4.2.11. β -glucanas	36
4.2.12. Nitrogênio solúvel	37
4.2.13. FAN	37
4.2.14. Nitrogênio Total	37
4.2.15. Índice de Kolbach	37
4.2.16. Turbidez do mosto	37
4.3. Balanço de massa da malteação	37
4.4. Produção da cerveja	40

4.4.1. Balanço de massa do processo de fabricação da cerveja	42
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1. Caracterização da cevada	45
5.1.1. Classificação da cevada	45
5.1.2. Teor de umidade	45
5.1.3. Peso de 1000 grãos	45
5.1.4. Pré germinados	46
5.1.5. Poder germinativo, energia germinativa, sensibilidade à água e índice de germinação	46
5.1.6. Proteína	46
5.1.7. B-glucano	47
5.1.8. Visão geral	47
5.2. Caracterização do malte	49
5.2.1. Classificação, friabilidade e umidade do malte	49
5.2.2. Poder diastático e tempo de sacarificação	50
5.2.3. Extrato, pH e cor do mosto	51
5.2.4. Viscosidade, β glucano, turbidez	52
5.2.5. Proteína, nitrogênio solúvel, nitrogênio total, índice de Kolbach e FAN	53
5.3. Balanço de massa da malteação	55
5.4. Balanço de massa do processo de produção da cerveja	58
6. CONCLUSÃO	60
7. REFERÊNCIAS	62

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor de cerveja do mundo. Sua produção anual é de 14 bilhões de litros. O mercado cervejeiro é responsável por 1,6% do PIB nacional, e tem crescido significativamente nos últimos anos devido ao surgimento de microcervejarias em todo o país. Em 2008, a quantidade de cervejarias no país não ultrapassava 100, porém em 2019 foram contabilizadas mais de 1000 cervejarias (CERVBRASIL, 2016; CERVEJA, 2019).

Tendo em vista o aumento deste segmento, a demanda por insumos necessários na produção de cerveja cresceu proporcionalmente. O mercado brasileiro já não era capaz de suprir a demanda nacional, uma vez que os insumos são importados e, na atual conjuntura, a maior procura por insumos aumenta o valor do produto final. Em 2015, a produção interna de malte abastecia apenas 43% das indústrias cervejeiras brasileiras, a qual realiza a importação para suprir a carência interna. Para solucionar este problema, vem sendo estudada a possibilidade de cultivar a cevada na região centro oeste, visto que a região possui uma agricultura mecanizada e, atualmente, apresenta a maior produtividade em campo na área de grãos (EMBRAPA, 2016; PINHEIRO, L. G. S.; BRASIL; GHESTI, 2017).

A cerveja é fabricada a partir de quatro ingredientes; água, malte, lúpulo e levedura. O malte é produzido a partir da cevada pelo processo de malteação. Este processo é dividido em três etapas; maceração, germinação e secagem. Os açúcares, as enzimas, as proteínas e outros compostos fundamentais em toda a fabricação e no produto final são obtidos do malte de cevada. O lúpulo é uma flor, que possui compostos que são responsáveis pelos aromas e amargor da cerveja. A levedura é utilizada para transformar o açúcar, proveniente do malte, em álcool pelo processo de fermentação além de contribuir com aromas e sabores para o produto final (GUIMARÃES, 2017; KUNZE, 2004).

A produção de cevada anual é de, aproximadamente, 140 milhões de toneladas e está concentrada na Europa, América do Norte e Ásia. Desse volume, 65,8% são

destinado para alimentação animal e 18,9% ao processamento industrial, podendo ser a malteação ou outros. No caso do Brasil, concentrado nas regiões sul e sudeste, 95% da colheita é destinada a fins cervejeiros (DE MORI; MINELLA, 2012).

O presente trabalho apresenta um estudo sobre uma cultivar de cevada cultivada na região centro oeste, com o intuito de torná-la apta a sua aplicação no processo cervejeiro. Para isso, a cevada foi analisada de acordo com a sua atividade cervejeira e, conseqüentemente, sua aplicabilidade na indústria. O malte desta cevada foi fabricado e caracterizado. Por fim, a malteação, em escala laboratorial, foi quantificada e realizado um balanço de massa do processo. Em seguida, a cerveja foi produzida tomando como base esse malte.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Conjuntura Atual do Mercado Cervejeiro

O mercado cervejeiro teve uma grande reviravolta nos últimos anos. Países que possuem mercados já consolidados, como Alemanha, Bélgica e Estados Unidos tiveram suas produções estagnadas ou diminuídas. Por outro lado, países em crescimento, como o Brasil e Rússia, possuem um mercado em crescimento e se tornaram potências cervejeiras mundiais. Esse aumento notório na produção de países em desenvolvimento foi impulsionado pelo aumento de renda e de consumo da bebida. A Figura 1 apresenta o *ranking* mundial dos países produtores de cerveja (COLEN; SWINNEN, 2016).

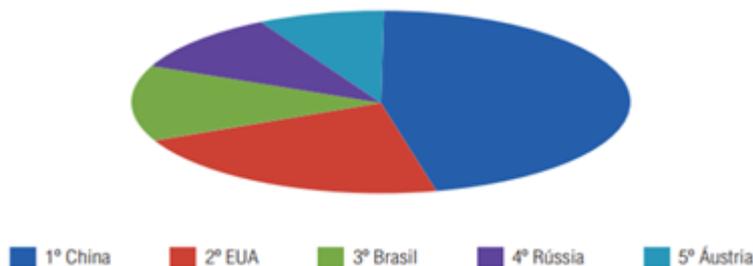


Figura 1. Ranking dos produtores mundiais de cerveja (MARTINS, L. F. et al., 2017)

A maior parte da cerveja produzida no mundo está concentrada em grandes multinacionais, como AB InBev, SABMiller, Heineken e mais 8 empresas, que juntas são responsáveis por 60,1% da produção global. Mesmo com o mercado dominado por grandes empresas, o número de pequenas cervejarias, conhecidas como microcervejarias, cresceu mundialmente nos anos passados. As microcervejarias atendem aos pequenos nichos e, atualmente, os consumidores estão optando por uma bebida mais autêntica, consolidando o mercado das mesmas (CABRAS; HIGGINS, 2016; FREITAS, 2015).

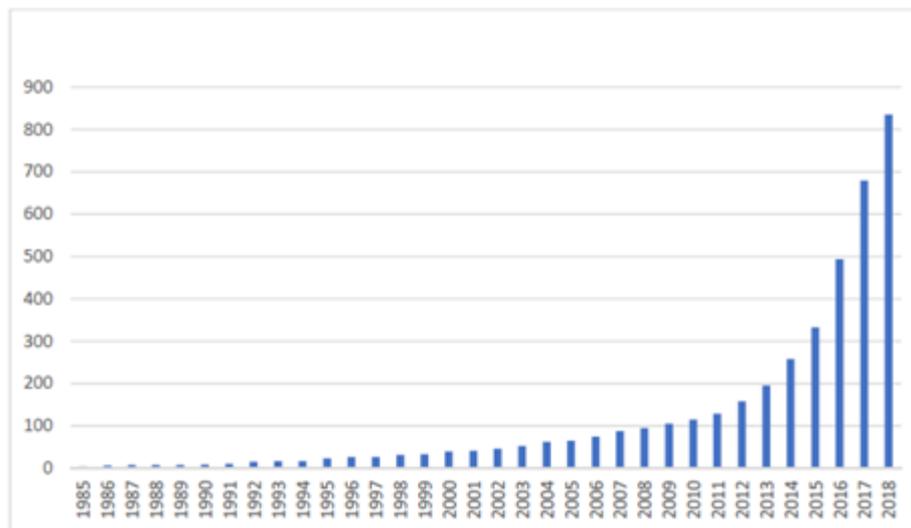


Figura 2.Total de cervejarias registradas no Brasil (MÜLLER; MARCUSSO, 2018)

A produção de cerveja no Brasil apresentou um crescimento significativo nos últimos 30 anos. A cada ano, o volume de cerveja produzido aumenta e reafirma a tendência do mercado nacional. Como dito anteriormente, esse segmento contribui com 1,6% do produto interno bruto(PIB) e gera R\$ 107 bilhões de faturamento anual (CERVBRASIL, 2016; MARCUSSO; MÜLLER, 2017).

O maior número dessas cervejarias está situado nas regiões sul, sudeste e nordeste do Brasil (Figura 3), mas a região centro oeste vem se destacando. A região de destaque emprega 2038 funcionários no setor cervejeiro, sendo eles diretos ou indiretos, ultrapassando os estados que detêm a maior produção. O estado de Goiás possui a maior quantidade de cervejarias da região seguido por Mato Grosso. No DF,

existem menos marcas e sua grande maioria são cervejarias ciganas, que utilizam outra fábrica para realizar suas produções, usualmente no estado de Goiás (LIMA *et al.*, 2017).

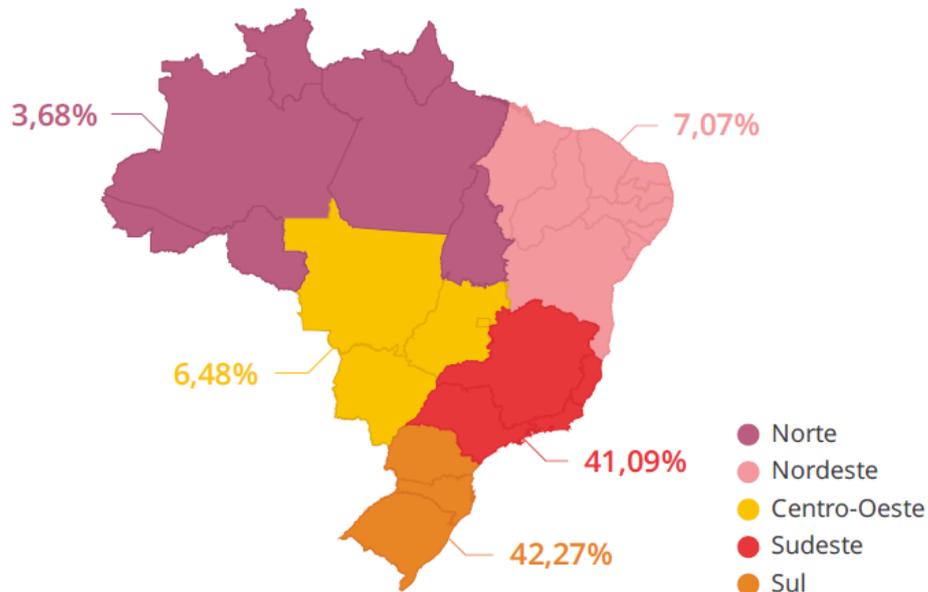


Figura 3. Porcentagem de cervejarias em cada região do Brasil (MARTINS, A. P., 2018)

O mercado cervejeiro brasileiro mesmo sendo destaque mundial e apresentando avanços, precisa atravessar barreiras. Um desafio é a alta carga tributária. Desde 2018, as microcervejarias podem optar pelo sistema de tributação Simples Nacional, que é um regime tributário onde alíquota de imposto incidente varia entre 4,5% e 30%. Existem outros dois regimes tributários nos quais as empresas podem escolher, o lucro real e lucro presumido. A tributação de uma cervejaria de pequeno porte e de grande porte é ditada pelo mesmo regime tributário, portanto os impostos pagos por uma microcervejaria são altos, apesar da adequação ao Simples Nacional ter diminuído os impostos em 32% (LIMA *et al.*, 2017; MARTINS, A. P., 2018).

A falta de matéria-prima é um problema a ser enfrentado por todas as cervejarias do país. Com o crescimento exponencial do mercado cervejeiro nos últimos anos, a demanda de insumos aumentou e o mercado interno não consegue suprir. O maior *déficit* de insumo é o de malte de cevada e lúpulo. O país produz apenas 43% do malte necessário para o mercado, o restante é importado de países

como Argentina, Europa e Canadá. O lúpulo usado nas cervejas brasileiras é importado, pois o país não detém nenhuma produção expressiva. Existem plantações de lúpulo em alguns estados, porém em pequena escala (LIMA *et al.*, 2017).

2.2. Matérias-Primas

Como já mencionado, a cerveja é composta por quatro ingredientes principais; água, lúpulo, levedura, malte. Na Alemanha, devido à lei de pureza, não se pode utilizar qualquer outro insumo para produzir esta bebida. No caso de outros países, a cerveja pode conter, além dos ingredientes fundamentais, adjuntos, estabilizantes, extratos, frutas, dentre outras matérias-primas (ROSA; AFONSO, 2015).

2.2.1. Cevada

A cevada é o quarto mais importante cereal do mundo levando em consideração produção e área cultivada. É uma gramínea da tribo *Triticeae* do gênero *Hordeum*. O cereal é usualmente empregado como ração, na forma de malte para cerveja, whisky e outros alimentos e além de farinhas na panificação. Pode ser classificada em cevada de duas e de seis fileiras e em cevada de inverno e de primavera, que são cultivadas em setembro e em março e abril, respectivamente (DE MORI; MINELLA, 2012; KUNZE, 2004; MINELLA, 1995; TRICASE *et al.*, 2016).

O mais desejável para a produção de cerveja é a cevada de duas fileiras e cultivada na primavera, pois os grãos são mais uniformes, com uma casca mais fina e um maior teor de compostos úteis para a bebida. Apesar de ser a melhor opção, a cevada de inverno é a mais cultivada devido ao tempo de crescimento mais curto, e por consequência, ao menor período entre o plantio e a colheita (KUNZE, 2004).

O grão de cevada possui três regiões no seu interior; embrião, endosperma e o envoltório. O envoltório protege o grão contra insetos e fungos e controla a absorção de água. O endosperma é formado pelos grânulos de amido envolvido em uma base proteica e está circundado pela camada de aleurona, responsável pela produção e secreção das enzimas necessárias na germinação do grão. O embrião é onde fica a parte viva da semente (CENCI, 2018; KUNZE, 2004).

A cevada deve ter umidade entre 14 e 15%. Se apresentar valores mais altos deve ser seca antes de armazenar para evitar proliferação de pragas e o rompimento da dormência do grão (CENCI, 2018; KUNZE, 2004).

Esse cereal possui muitos nutrientes e alguns deles são fundamentais para a cerveja, sendo eles; carboidratos (amido), proteínas, enzimas, β -glucanas, polifenóis, taninos, vitaminas e alguns sais inorgânicos.

Amido

O amido constitui até 65% do grão e se encontra em grânulos no endosperma. É a reserva energética da semente e é metabolizado durante o crescimento da planta até que a mesma possa realizar fotossíntese. O amido presente na cevada está na forma de amilose e amilopectina, sendo a glicose o monômero das duas. A amilose tem uma estrutura linear e a amilopectina ramificada. A amilopectina está presente em maior proporção, 75% (CENCI, 2018; KUNZE, 2004; PINHEIRO, L. DI G. S., 2016).

No caso da cerveja, o amido é crucial para a produção, pois fornece os açúcares fermentescíveis, o substrato para as leveduras, que serão convertidos em etanol na fermentação. Também é responsável pelo corpo da cerveja (PINHEIRO, L. DI G. S., 2016).

Proteínas

As proteínas são encontradas em todo o grão, no endosperma, na camada de aleurona, no embrião. São polímeros de aminoácidos com funções metabólicas e estruturais. Na produção de cerveja, as proteínas são encarregadas pela espuma; as de alto peso molecular, pela turbidez; as de baixo peso molecular, pela nutrição. Além disso, existem proteínas funcionais na forma de enzimas. Apenas um terço das proteínas se encontram na cerveja após todo o processo de fabricação (CENCI, 2018; KUNZE, 2004).

β -glucanas

As β -glucanas têm um papel estrutural na cevada, fazendo parte da parede que envolve os grânulos de amido junto com as pentosanas. As pentosanas não possuem grande relevância na cerveja. Contudo, as β -glucanas influenciam na viscosidade da bebida, causando alguns problemas como: dificuldade de filtração, inadequação do estilo desejado e aparência indesejável (CENCI, 2018; KUNZE, 2004).

Enzimas

A cerveja não é fabricada se não houver enzimas e também não ocorre a malteação da cevada. No grão (semente), são produzidas e ativadas durante o desenvolvimento da planta. As principais enzimas utilizadas no processo cervejeiro são, proteases, α e β amilases. São incumbidas de quebrar proteínas e amidos, respectivamente. As proteínas são quebradas para gerar moléculas com médio/baixo peso molecular, importantes no corpo da cerveja e na nutrição da levedura. Já as α e β amilases quebram o amido de forma diferente para gerar os açúcares consumidos na fermentação. As enzimas α amilases rompem o amido no meio da cadeia glicosídica e as enzimas β amilases quebram as pontas da molécula, gerando diferentes dímeros de glicose (PINHEIRO, L. DI G. S., 2016).

Polifenóis

Os polifenóis estão presentes na casca da cevada e na camada de aleurona. Essa molécula, em grande quantidade, pode causar um amargor indesejável para a cerveja e, quando associado com proteínas, pode causar turbidez e problemas relacionados a apresentação do produto final (KUNZE, 2004).

Sais inorgânicos

O mais importante sal encontrado na cevada para a cerveja é o fosfato. O fosfato é imprescindível na fermentação, estando presente em várias reações durante o processo. Além disso, alguns metais alcalinos terrosos e de transição também são encontrados e são fundamentais como co-fatores enzimáticos (KUNZE, 2004).

2.2.3. Malte

O malte é a principal matéria-prima para a cerveja e a que possui maior impacto no custo da produção. O Brasil é o segundo maior importador de malte do mundo, ficando atrás somente do Japão. A produção de malte no país está concentrada em poucas maltarias, que não são capazes de suprir a demanda interna, sendo assim, mais da metade do malte utilizado nas cervejarias é importado (EMBRAPA, 2016; PINHEIRO, L. DI G. S., 2016).

Para que a importação de malte diminua e, por consequência, seu valor, é necessário aumentar o cultivo de cevada no território brasileiro. Atualmente, a cevada é cultivada, principalmente, na região sudeste e sul. A produção de cevada vem crescendo na região centro-oeste devido à sua mecanização e ao estudo de linhagens que se adequam às condições edafoclimáticas. O centro-oeste é responsável por, aproximadamente, 40% da produção de grãos do país, tornando a região ainda mais atrativa para o cultivo de cevada (PINHEIRO, L. DI G. S., 2016).

O malte é feito a partir de um processo chamado malteação. A malteação consiste em germinar e secar o grão de forma controlada para a obtenção de enzimas e compostos importantes para a fabricação de cerveja. Outros cereais podem ser malteados além da cevada como, trigo, sorgo, milho. A malteação é dividida em três etapas; maceração, germinação e secagem. A figura 4 apresenta um esquema do processo de malteação (MARTINS, V. M. R.; RODRIGUES, 2015).

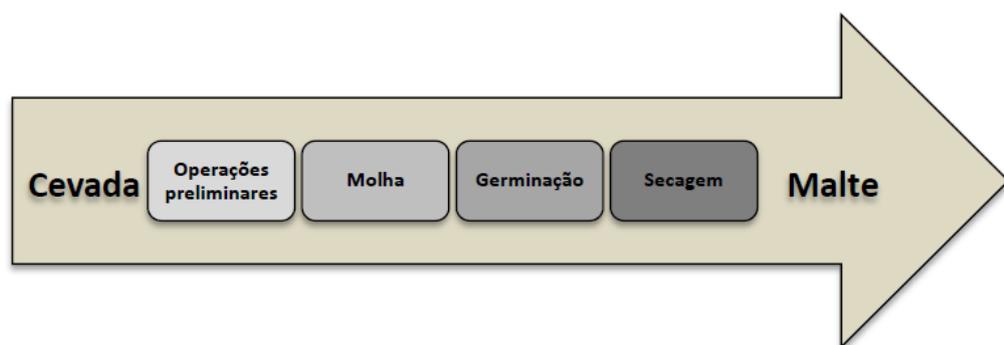


Figura 4. Esquema do processo de malteação (MARTINS, V. M. R.; RODRIGUES, 2015).

Primeiramente, o grão de cevada passa por uma etapa de limpeza e classificação. Na limpeza, a cevada é separada de outros grãos indesejados; além de pedras, galhos, metais. Os equipamentos utilizados para tal fim usam a diferença de

densidade, forma, peso para remover as impurezas. A classificação tem o intuito de garantir uma massa de grãos mais uniforme para ser malteada. Nesse processo, as cevadas são separadas por tamanho, garantindo uma malteação mais homogênea. Para que a cevada seja malteada, a mesma deve possuir uma umidade entre 11-12%, caso essa faixa não seja atingida, a cevada deve passar por uma etapa de secagem (MARTINS, V. M. R.; RODRIGUES, 2015).

Após as operações preliminares, limpeza e classificação, a cevada passa pelo processo de maceração. A maceração tem como objetivo aumentar a umidade do grão até 40-46%. O aumento da umidade dentro do grão é crucial para o começo da germinação, produzindo ácido giberélico que atuará na camada de aleurona, interrompendo o estado de dormência do mesmo (MARTINS, V. M. R.; RODRIGUES, 2015).

A molha ou maceração é feita alternando períodos onde o grão está submerso e períodos secos. Os períodos secos tem como função remover o dióxido de carbono, para que a respiração da cevada não seja prejudicada e para que a absorção de umidade seja uniforme em todo o grão. Geralmente, o processo de molha dura até 48h. A água começa a adentrar o grão a partir do embrião, indo para a camada de aleurona e, por último, o endosperma. A temperatura é controlada durante toda a maceração, situando-se entre 12-20 °C (MARTINS, V. M. R.; RODRIGUES, 2015).

Com o teor de umidade alcançado, a cevada passa para o processo de germinação. A germinação consiste no desenvolvimento da planta, no caso da malteação, essa etapa tem como função obter as enzimas de interesse para a cerveja perdendo o mínimo possível de extrato (MARTINS, V. M. R.; RODRIGUES, 2015).

Nos primeiros dias de germinação, a camada de aleurona começa a produção de enzimas. Essas enzimas são transportadas até o endosperma aonde degradam a matriz proteica, os grânulos de amido e as paredes celulares. As principais enzimas produzidas são proteases, amilases e β -glucanases (MARTINS, V. M. R.; RODRIGUES, 2015).

As amilases são responsáveis pela degradação do amido, sendo elas α -amilase e β -amilase. A α -amilase não está presente no grão, ela é produzida durante

o terceiro e o quarto dia de germinação. Ela quebra o amido pelos meios da molécula, gerando dextrinas. A β -amilase degrada o amido pelas pontas, originando maltose, em sua maioria. Essa enzima aumenta sua atuação a partir do terceiro dia de germinação (KUNZE, 2004; PINHEIRO, L. DI G. S., 2016).

As proteases são enzimas que atuam em proteínas, ou seja, na matriz proteica e começam a aumentar suas atividades a partir do terceiro dia de germinação. As *endo*-proteases geram polipeptídeos que são hidrolisados á aminoácidos pelas *exo*-proteases. Os aminoácidos são fundamentais para o metabolismo da levedura durante a fermentação (PINHEIRO, L. DI G. S., 2016).

As β -glucanases degradam o β -glucano em dextrinas. A ação dessa enzima é fundamental para a ação das demais, pois é ela que degrada a parede celular e permite o acesso das amilases e proteases ao seu substrato (KUNZE, 2004; MARTINS, V. M. R.; RODRIGUES, 2015).

A germinação deve ser controlada para que não haja *off-flavours*, que são substâncias que geram aroma e sabores indesejáveis na cerveja. A temperatura deve ser baixa (16-20 °C) para que o desenvolvimento do grão seja lento e assim, não haja muita degradação do endosperma. O endosperma após a ação das enzimas gera o extrato na produção de cerveja. Durante o processo, é necessário um fluxo de ar, aonde o dióxido de carbono seja liberado e o oxigênio incorporado, mantendo a respiração da cevada. Após a germinação a massa de grãos é chamado de malte verde (PINHEIRO, 2016).

A última etapa da malteação é a secagem, que tem como propósito a redução da umidade do grão e cessar a germinação. A secagem é responsável pela cor e aroma final do malte. O malte verde tem sua umidade reduzida de 40% para 5%. O baixo teor de umidade faz com que o malte possa ser armazenado por mais tempo que a cevada (KUNZE, 2004; MARTINS, V. M. R.; RODRIGUES, 2015; PINHEIRO, L. DI G. S., 2016).

No início da secagem, a temperatura deve ser em torno de 50 °C para reduzir a umidade do malte verde para 10-12%, sem que haja vitrificação do grão. Para que a umidade chegue a 5%, a temperatura é elevada, porém evitando a vitrificação. Ao

final da secagem, as reações de caramelização e reações de Maillard ocorrem no malte verde, provocadas por temperaturas acima de 90 °C. As reações de Maillard produzem melanoidinas a partir de aminoácidos e açúcares redutores. Essas reações configuram a cor e aroma ao malte (KUNZE, 2004; MARTINS, V. M. R.; RODRIGUES, 2015; PINHEIRO, L. DI G. S., 2016).

Durante a secagem, um composto chamado DMS (dimetilsulfeto) é gerado. Esse composto produz um cheiro e sabor de vegetais cozidos na cerveja, o que é indesejado. Para que esse composto não esteja na cerveja, a secagem deve ser realizada com um fluxo de ar, eliminando o DMS. Outros compostos formados são as nitrosaminas, que são moléculas cancerígenas formadas a partir de aminas e óxidos de nitrogênio em altas temperaturas. Essas moléculas são eliminadas por fluxo de ar durante a secagem (KUNZE, 2004; MARTINS, V. M. R.; RODRIGUES, 2015; PINHEIRO, L. DI G. S., 2016).

2.2.4.Outros insumos

O lúpulo confere o amargor e aroma característicos da cerveja. Além disso, o lúpulo ajuda na retenção de espuma e possui propriedades bacteriostáticas. O mesmo se encontra no mercado em forma de flor, pellets, extrato. Cada forma de comercialização possui suas vantagens e desvantagens, a escolha depende de como será utilizado e o tempo de armazenagem. Existem dois tipos de lúpulo: o de amargor e o de aroma. O lúpulo de amargor possui mais alfa-ácidos, substância que produz o isoalfa-ácidos, o amargo da cerveja. Já o lúpulo de aroma é rico em óleos essenciais que conferem o aroma da cerveja (MEGA; NEVES; DE ANDRADE, 2011; REBELLO, 2009; RODRIGUES; MORAIS; CASTRO, 2015; ROSA; AFONSO, 2015).

Algumas receitas utilizam cereais não maltados para complementar o malte. Os adjuntos são usados pois, possuem um menor custo com relação ao malte, aumentam a capacidade de produção e produzem cervejas mais claras. Os mais comuns são arroz, centeio, aveia, sorgo, milho e cevada não maltado. A legislação brasileira permite que apenas 45% do extrato primitivo seja proveniente de adjuntos (GUIMARÃES, 2017; REBELLO, 2009; ROSA; AFONSO, 2015).

As leveduras tem um papel muito importante na fabricação da cerveja, são elas que realizam a fermentação do mosto, solução líquida que origina a cerveja. Esses microorganismos transformam glicose em etanol e gás carbônico. São usados dois tipos de levedura: *Saccharomyces cerevisiea* e a *Saccharomyces uvarum*. Apesar de existirem somente esses dois tipos de leveduras para fermentação do mosto, várias cepas das mesmas são empregadas e cada cepa confere um sabor e aroma à cerveja (BORTOLI, D. A. S., SANTOS, F., STOCCO, N. M., ORELLI JR., A., TOM, A., NEME, F., NASCIMENTO, 2013; MEGA; NEVES; DE ANDRADE, 2011; REBELLO, 2009).

A cerveja é composta por 92 a 95% de água, portanto a água cervejeira deve ser de alta qualidade. A água cervejeira deve ser límpida, inodora, sem sabor e sem a presença de micro-organismos. Os sais e compostos orgânicos presentes na água precisam ser controlados, pois os mesmos podem interferir na atividade enzimática e nas reações químicas que ocorrem durante o processo de fabricação. O pH é outra característica da água que influencia na fabricação, se o pH for muito alto ou baixo pode alterar o pH do mosto e prejudicar o processo (BORTOLI, D. A. S., SANTOS, F., STOCCO, N. M., ORELLI JR., A., TOM, A., NEME, F., NASCIMENTO, 2013; ROSA; AFONSO, 2015).

2.3.Cerveja

A cerveja é produzida por um conjunto de seis etapas, basicamente, conforme Figura 5. Sendo elas; mosturação, filtração, fervura, fermentação, maturação e envase. O processo que contempla a mosturação, filtração e fervura é chamado de brassagem.

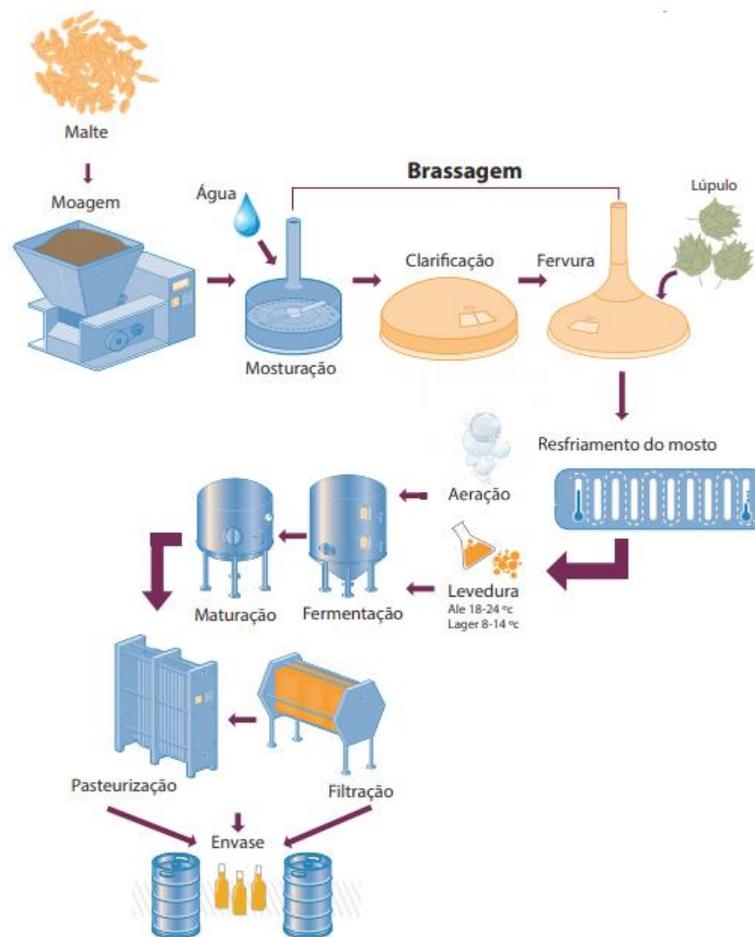


Figura 5. Esquema do processo de fabricação de cerveja (NEVES, 2018).

A primeira etapa da fabricação é a produção do mosto. O mosto é originado a partir da mistura de água e malte. O malte deve ser previamente moído para que a casca seja separada do corpo farinhoso. Assim que o malte é adicionado à água se inicia a mosturação. Na mosturação, substâncias insolúveis são transformadas em solúveis e, amido é convertido em açúcares fermentescíveis para serem consumidos na fermentação. O conjunto de substâncias solúveis é chamado de extrato (KUNZE, 2004; REIS, 2016; ROSA; AFONSO, 2015; SILVA; LEITE; DE PAULA, 2016).

A mosturação ocorre em diferentes faixas de temperatura para que a ação enzimática seja a melhor possível. A chamada rampa de mosturação é realizada de modo que, em cada temperatura haja um repouso para que a enzima possa trabalhar. O tempo de repouso dependem de cada tipo de receita e de qual a composição do malte (REIS, 2016).

O líquido resultante da mosturação é enviado para a clarificação. Essa etapa consiste em separar a casca e os compostos insolúveis (bagaço) do líquido (chamado a partir de agora de mosto) com alta concentração de açúcares e outros materiais solúveis. O meio filtrante utilizado é a própria casca do malte (tina de clarificação), mas em algumas cervejarias usa-se o filtro prensa (ROSA; AFONSO, 2015; SILVA; LEITE; DE PAULA, 2016).

Após a filtração, ocorre a fervura do mosto. Esse processo como objetivo a esterilização da cerveja, a isomerização dos α -ácidos do lúpulo, degradação enzimática, aumento da cor do mosto. O lúpulo é adicionado e o mosto concentrado, devido a evaporação de água. A dosagem de lúpulo e o tempo de fervura dependem da receita. Durante a fervura, ocorre a isomerização dos α -ácidos e solubilização dos óleos essenciais, conferindo amargor e aroma a bebida, respectivamente. O processo dura em média, uma 1,5 h (PINHEIRO, L. DI G. S., 2016; ROSA; AFONSO, 2015; SILVA; LEITE; DE PAULA, 2016).

O mosto é então resfriado, aerado e destinado a etapa de fermentação. Nessa etapa, a levedura (*Saccharomyces cerevisiae* ou *Saccharomyces calenbergensis*, dependendo do tipo cerveja), também conhecida como fermento, metaboliza os açúcares redutores, gerando etanol e água. O metabolismo também produz álcoois superiores, ésteres e ácidos, responsáveis pelas propriedades organolépticas da cerveja, como via secundária. Durante toda a fermentação, a temperatura deve ser controlada para garantir a sua eficiência. A fermentação ocorre em temperaturas de 10 °C a temperatura ambiente. Como a fermentação será conduzida depende do tipo de levedura e do estilo de cerveja (PINHEIRO, L. DI G. S., 2016; ROSA; AFONSO, 2015; SILVA; LEITE; DE PAULA, 2016).

Por fim, o mosto passa por uma etapa de maturação, a qual tem como objetivo estabilizar e acentuar o aroma e sabor da cerveja. A temperatura do líquido é mantida abaixo de 0°C e o fermento é separado (REBELLO, 2009; ROSA; AFONSO, 2015; SILVA; LEITE; DE PAULA, 2016).

As cervejas podem ser classificadas quanto ao tipo de fermentação, *lager* e *ale*.

Lager: são cervejas de baixa fermentação. A fermentação desse tipo de cerveja ocorre entre 3,3 e 13 °C. A duração da fermentação e maturação dura de 2 a 12 semanas. A levedura utilizada é a *Saccharomyces calshbergensis*. As cervejas tipo lager são mais suaves e leves devido a temperaturas mais baixas de fermentação (ARAÚJO; SILVA; MINIM, 2003; REBELLO, 2009).

Ale: são cervejas de alta fermentação. A levedura responsável pela fermentação é a *Saccharomyces cerevisiae*. É realizada em temperaturas próximas de 18°C e por 4 ou 5 dias. São cervejas mais encorpadas devido à alta temperatura de fermentação (ARAÚJO; SILVA; MINIM, 2003; MEGA; NEVES; DE ANDRADE, 2011; REBELLO, 2009; ROSA; AFONSO, 2015).

Outra classificação de cervejas é com relação à legislação brasileira. Logo, por definição, a cerveja é uma bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro originado do malte de cevada e água potável por ação de levedura e adição de lúpulo. A cerveja é classificada por 5 critérios seguindo legislação: fermentação (alta ou baixa), extrato primitivo (leve, comum, extra ou forte), cor (clara ou escura), teor alcóolico (sem álcool ou alcóolica) e teor de extrato (baixo, médio ou alto) (ROSA; AFONSO, 2015; SILVA; LEITE; DE PAULA, 2016).

3.OBJETIVOS

3.1.Gerais

O objetivo deste trabalho foi de avaliar a inclusão da cevada cultivada na região Centro-oeste na produção de cerveja. Desta forma, foram realizadas análises da cevada para avaliar sua qualidade cervejeira e submetê-la ao processo de malteação. O malte produzido a partir dessa cevada foi analisado e produziu-se uma cerveja do tipo ale.

3.2. Específicos

- Analisar a cevada quanto a sua qualidade cervejeira e submetê-la ao processo de malteação.
- Realizar análises da cevada quanto a sua classificação, peso de mil grãos, teor de umidade, pré-germinados, poder germinativo, energia germinativa, sensibilidade à água, proteína e β -glucano;
- Produzir o malte a partir dessa cevada e analisá-lo conforme classificação, teor de umidade, proteína, poder diastático, tempo de sacarificação, extrato, pH, viscosidade, β -glucanas, nitrogênio solúvel, FAN, nitrogênio total, índice de Kolbach e turbidez;
- Com o malte produzido, fabricar a cerveja;
- Realizar o balanço de massa da malteação;
- Realizar o balanço de massa do processo de produção da cerveja;
- Recomendar o uso da cevada para algum fim comercial.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Caracterização da cevada

A cevada estudada foi fornecida por um produtor local. O grão é da cultivar BRS Cauê, produzida pela Embrapa. Essa cevada é ideal para o plantio na região sul e seu malte apresenta qualidade satisfatória para a indústria cervejeira. Atualmente, a região centro-oeste não possui uma cevada adequada para suas condições edafoclimáticas. Já existem pesquisas para o desenvolvimento de cultivares para a região. Todas as análises referentes a cevada foram realizadas em triplicata, com exceção da análise de β glucano. (EMBRAPA TRIGO, [S.d.]

4.1.1. Classificação de cevada

A classificação da cevada foi realizada de acordo com o método 3.11.1 do manual do EBC (2002).

4.1.2. Teor de Umidade

O teor de umidade da cevada foi determinado tendo como base o método 3.2 do manual da EBC (1997), com adaptações.

4.1.3. Peso de mil grãos

A análise de peso de mil grãos foi efetuada seguindo o método 3.4 do manual EBC (1997).

4.1.4. Pré germinados

A análise de pré germinados foi realizada com base no método 1.4.5.1 do manual da MEBAK (2016), com adaptações.

4.1.5. Poder germinativo

O poder germinativo da cevada foi determinado pelo método 1.4.1.1 do manual da MEBAK (2016), com adaptações.

4.1.6. Energia germinativa (BRF 4 mL)

A energia germinativa da cevada foi determinada utilizando o método 3.6.2 do manual da EBC (1997).

4.1.7. Sensibilidade à água (BRF 8 mL)

A análise de sensibilidade à água foi realizada de acordo com o método 3.6.2 do manual da EBC (1997).

4.1.8. Índice de germinação

O índice de germinação (IG) é determinado usando os resultados da análise de energia germinativa e o tempo médio de germinação (MGT) pelas equações 1 e 2, respectivamente.

$$\text{MGT} = \frac{(n_{24} + 2n_{48} + 3n_{72})}{(n_{24} + n_{48} + n_{72})} \quad (\text{Equação 1})$$

$$\text{IG} = \frac{10}{\text{MGT}} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

n_{24} = número de grãos removidos após 24 horas;

n_{48} = número de grãos removidos após 48 horas;

n_{72} = número de grãos removidos após 72 horas

4.1.9. Proteína

O percentual de proteína foi definido a partir da fração, em peso, de nitrogênio na cevada. A fração de nitrogênio foi determinada pelo equipamento Perkin Elmer Series 2400 II CHN. Para calcular o teor de proteína, a fração de nitrogênio foi multiplicada por 6,25.

4.1.10. *Beta-glucano*

A análise de β -glucanas das amostras das cultivares de cevada foi realizada de acordo com o método da AACC 32-23 da American Association of Cereal Chemists (AACC, 2000) utilizando o kit enzimático da Megazyme International Ireland Ltda, realizando leituras através de espectrofotômetro a 510 nm.

4.2. **Caracterização do malte**

A malteação foi feita no Instituto de Química no LaBCCERva e com base no método de micromalteação 1.5.3 do manual MEBAK (2011), com adaptações tendo em vista os resultados das análises da cevada. As amostras foram submetidas a limpeza manual com auxílio de uma peneira de furação oblonga com largura de 2,2 mm. Pesou-se 3 kg de cevada para cada recipiente de maceração. A cevada foi imersa 10 L de água a 13 ± 1 °C, visando atingir um teor de umidade de no mínimo 40%. A maceração intercalou períodos úmidos e secos, – plano em horas, 8/12/6/10/6 – totalizando 42 h.

Com o teor de umidade atingido, os grãos foram transferidos para a etapa de germinação, cuja temperatura foi mantida em 13 ± 1 °C. A cada dia, a massa de grãos foi molhada com um aspersor de água e revolvida. No final do quinto dia de germinação, o malte verde foi transferido para secagem.

A secagem foi conduzida da seguinte forma; iniciou-se em 50 ± 1 °C por 16 h, posteriormente elevou-se a temperatura para 60 ± 1 °C durante 60 min, depois para 70 ± 1 °C por 60 min e para finalizar, a 80 ± 1 °C por 150 min, realizado na estufa. Para a retirada das radículas realizou-se fricção e peneiramento manual durante três minutos.

Após a produção de malte, as amostras foram enviadas para o laboratório central da Cooperativa Agrária Agroindustrial. As análises de malte foram realizadas de acordo com o manual de métodos da Convenção Europeia de Cervejaria (Analytica

EBC – 2013) ou com a coleção de métodos de análise de fabricação de cerveja (MEBAK – 2011), que são encontradas na seção de análises químicas e físicas.

4.2.1. Classificação de malte

A classificação do malte foi realizada de acordo com o método 3.22 do manual da EBC (2005), com adaptações.

4.2.2. Teor de Umidade

O teor de umidade foi determinado utilizando o método 4.2 do manual da EBC (2000), com adaptações.

4.2.3. Friabilidade e grãos não modificados

A friabilidade e o teor de grãos não modificados foram determinados utilizando um friabilímetro (PFEUFFER) como descrito no método 4.15 do manual da EBC (2015).

4.2.4. Proteína

O teor de proteína do malte foi quantificado por combustão de acordo com o método 4.3.2 do manual da EBC (2004).

4.2.5. Poder Diastásico

O poder diastásico foi determinado com base no método 4.12.1 do manual EBC (2006).

4.2.6. *Mosto Congresso*

O mosto congresso foi realizado segundo a metodologia 4.5.2 do manual da EBC (2004).

4.2.7. *Tempo de sacarificação*

O teste de tempo de sacarificação foi realizado conforma o método 3.1.4.2.4 do manual MEBAK (2011).

4.2.8. *Extrato de malte*

O extrato de malte foi determinado segundo os métodos 8.2.2 e 8.3 do manual do EBC (2004).

4.2.9. *pH*

O pH do mosto foi medido utilizando um pHmetro (DENVER) como retratado pela metodologia 8.17 do manual EBC.

4.2.10. *Viscosidade*

A análise de viscosidade do mosto foi realizada conforme o método 3.1.4.4.1 do manual MEBAK, utilizando um viscosímetro de queda de bola – Höppler (QUANTOTEC).

4.2.11. *β -glucanos*

Utilizou-se o kit de determinação de β - glucanos da NovaBiotec® que contém a solução A (complexo de cor) e cinco soluções padrão. O teor de β -glucanos foi quantificado de acordo com o método 4.16.3 do manual do EBC.

4.2.12. Nitrogênio solúvel

O teor de nitrogênio solúvel foi determinado de acordo com o manual do EBC, método 4.9.2.

4.2.13. FAN

O FAN (teor de aminoácidos livres) foi quantificado segundo a metodologia 8.10.1 do manual do EBC.

4.2.14. Nitrogênio Total

O nitrogênio total do malte foi obtido conforme o método 4.3.2 do manual do EBC.

4.2.15. Índice de Kolbach

O índice de Kolbach foi calculado de acordo com a metodologia 3.1.4.5.3 do manual do MEBAK.

4.2.16. Turbidez do mosto

A análise foi realizada por um turbidímetro em temperatura ambiente.

4.3. Balanço de massa da malteação

Maceração

O processo de malteação é exemplificado pela figura 6. Foi contabilizado as perdas sólidas dessa etapa e sua umidade em cada de molha. Além disso, a quantidade de água absorvida foi contabilizada. As perdas sólidas foram de cevadas sobrenadantes. Essas cevadas foram pesadas e retiradas. As perdas foram determinadas pelas equações 3 e 4.

$$M_a = M_t - M_i \quad (\text{Equação 3})$$

$$U = (M_a \times 100) / M_t \quad (\text{Equação 4})$$

Onde;

M_a = massa de água absorvida (kg)

M_t = massa total após a maceração (kg)

M_i = massa inicial de cevada (kg)

U = umidade (%)

Secagem

Após a secagem, foi contabilizado as perdas líquidas desta etapa de acordo com a equação 5. Ou seja, o quanto de água no grão foi perdida devido ao aumento de temperatura. E, por consequência, a umidade final do malte determinada pela equação 6.

$$M_{ap} = M_{as} - M_{ps} \quad (\text{Equação 5})$$

$$U_f = (M_{ps} \times 100) / M_{as} \quad (\text{Equação 6})$$

Onde;

M_{ap} = massa de água perdida (kg)

M_{as} = massa de grãos antes da secagem (kg)

M_{ps} = massa de grãos após a secagem (kg)

U_f = umidade final do malte (%)

Eficiência e perdas totais

A eficiência do processo foi determinado a partir do volume inicial de cevada e do volume final de malte e pela equação 7. As perdas totais do processo se deu pelo somatório de todas as perdas e de acordo com a equação 8.

$$E = \frac{M_f \times 100}{M_i} \quad \text{(Equação 7)}$$

Onde;

E = eficiência (%)

M_i = a massa final de malte (kg)

M_f = a massa inicial de cevada (kg)

$$P_t = P_s + P_l \quad \text{(Equação 8)}$$

Onde;

P_t = as perdas totais

P_s = as perdas sólidas

P_l = as perdas líquidas

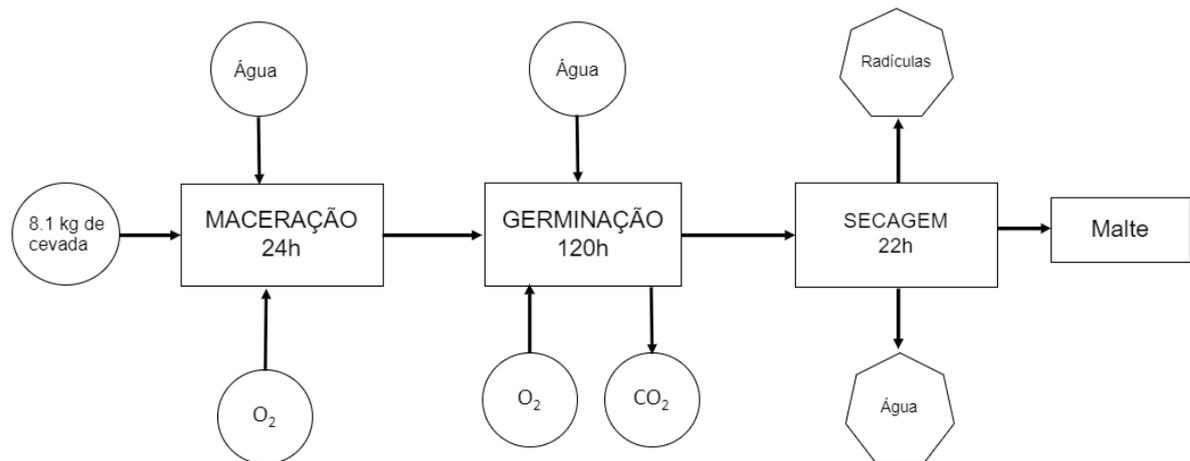


Figura 6. Fluxograma do processo de malteação

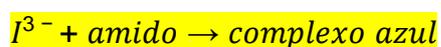
4.4. Produção da cerveja

A produção das cervejas foi realizada em escala laboratorial, com produções em reatores de 30 L em batelada.

Mosturação

A mosturação utilizada consistiu na infusão do malte pilsen a 47 °C por 10 min e a 50 °C por 5 min, para atuação das proteases existentes no malte. Essa etapa tem por função o aumento da quantidade de FAN, pela degradação de proteínas. Em seguida, elevou-se a temperatura até 65 °C por 30 min, temperatura de atuação das enzimas β -amilase. Logo após, elevou-se a temperatura a 72 °C durante 20 min, temperatura de atuação da enzima α -amilase. Por fim, a temperatura foi aumentada para 76 °C, onde ocorreu o chamado *mash out* e todas as enzimas foram desnaturadas.

Durante esta etapa, realizou-se o teste de iodo (solução 2%). A coloração da reação é devido à interação do íon triiodeto com a hélice do polissacarídeo.



Logo em seguida, o mosto foi transferido para a tina de clarificação. A clarificação foi realizada com a recirculação de 8 L de água, para garantir a quantidade mínima de partículas sólidas e a formação da cama de filtração, o mosto foi filtrado. O bagaço foi lavado com 12,5 L de água a 78 °C, seguido de recirculação de 8 L para clarificação. Então, o mosto foi transferido para a panela de fervura, na qual se ferveu por 60 min com adição de 20 g de lúpulo de amargor com 10 min de fervura e 30 g nos 10 min finais da fervura. Depois, resfriou-se o mosto e transferiu-o para um fermentador. A figura 7 apresenta o fluxograma da produção da cerveja.

Fermentação

O mosto foi fermentado com adição de 11,5 g de levedura DryLagerYeast por 240 horas a 15 °C . Então foi envasado em garrafas âmbar de 600 mL com priming, ou seja, adicionou-se 12 mL de uma solução 110 g/L de açúcar cristal (98% sacarose) para que ocorresse a carbonatação da cerveja dentro da garrafa.

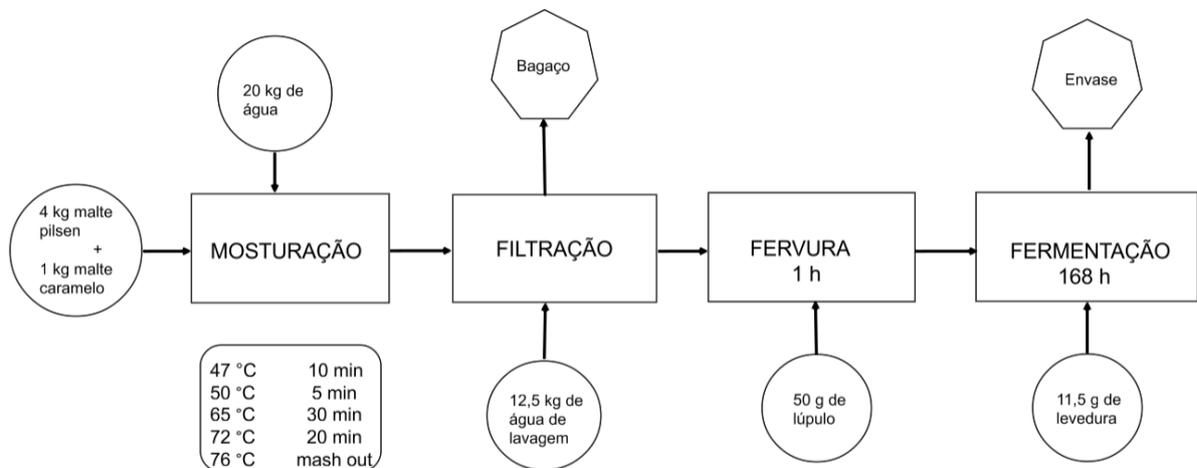


Figura 7. Fluxograma da produção da cerveja.

4.4.1. Balanço de massa do processo de fabricação da cerveja

Realizou-se o balanço de massa da produção, identificando a transferência de massa entre reatores ou fermentadores. Para calcular as perdas durante os processos, são necessários os valores de umidade do bagaço.

Perdas na Filtração:

Como nem todo o sólido é solubilizado, há uma perda sólida. Essa perda é esperada e desejada, pois ela é o meio filtrante do processo. A perda sólida foi determinada pela equação 9.

Perdas Sólidas:

$$P_s = \frac{B \times S \times 100}{m_{\text{cereais}}} = \frac{B \times (1 - U_{\text{bagaço}}) \times 100}{m_{\text{cereais}}(1 - U_{\text{cereais}})} \quad (\text{Equação 9})$$

Onde;

P_s é a perda sólida (%),

B é a massa de bagaço úmido (kg);

S é a massa de cereais seca do bagaço (%);

$U_{\text{bagaço}}$ é o teor de umidade do bagaço (%);

M_{cereais} é a massa de cereais (kg)

U_{cereais} é a umidade dos grãos secos (%)

Perdas Líquidas:

O bagaço absorve água durante o processo de mosturação, ocasionando em uma perda líquida. A equação 10 mostra o cálculo de perda líquida.

$$P_l = \frac{[B \times (U_{\text{bagaço}} - U_{\text{cereais secos}})] \times 100}{V_e} \quad (\text{Equação 10})$$

Onde;

PL = a perda líquida (%)

B = massa de bagaço (kg)

Ve = massa de água de entrada (kg)

U_{bagaço} = umidade do bagaço (%)

U_{cereais secos} = umidade dos cereais secos (%)

Perdas na Fervura

Durante a fervura há a perda de líquida por evaporação e pelo espaço morto da panela, onde concentram-se os complexos proteína-polifenóis e outras substâncias removidas pelo whirlpool. A perda líquida foi calculada de acordo com a equação 11.

Perdas Líquidas:

$$P_l = \frac{100 \times (T + E)}{V_e} \quad (\text{Equação 11})$$

Onde;

PL = a perda sólida (%)

T = a massa de trub quente (kg)

E = massa de água evaporada (kg)

V_e = massa de água de entrada (kg)

Rendimento final da produção

Os rendimentos e perdas totais foram calculados a partir do volume de entrada e saída do processo, sendo consideradas as perdas em cada etapa devido aos resíduos, assim com as perdas decorrentes do próprio processo de produção, conforme equações 12 e 13.

$$R = \frac{V_s \times 100}{V_e} \quad \text{(Equação 12)}$$

Onde

R= Rendimento total (%)

V_s = Volume de saída (kg)

V_e = Volume de entrada (kg)

Perdas totais

$$P_t = \frac{(V_e - V_s) \times 100}{V_e} \quad \text{(Equação 13)}$$

Onde

P_t = Perdas totais (%)

V_s = Volume de saída (kg)

V_e = Volume de entrada (kg)

5.RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1.Caracterização da cevada

5.1.1.Classificação da cevada

A análise de classificação tem como objetivo garantir a homogeneidade do lote de cevada e, conseqüentemente, do malte que será produzido. Grãos de tamanho menores, geralmente, possuem mais proteína e um menor teor de amido, prejudicando a modificação do endosperma durante a malteação (CENCI, 2018).

De acordo com o EBC, a porcentagem de cevada retida nas peneiras de 2,8 mm e 2,5 mm, ou seja, de primeiro sortimento, deve estar entre 75 a 97%. A cevada é de segundo sortimento, visto que somente $60,73 \pm 2,03\%$ do lote ficou retida nas maiores peneiras (EBC, 2002; KUNZE, 2004).

5.1.2.Teor de umidade

O teor de umidade indica a quantidade de água presente no grão. Cevadas com umidade alta dificultam o seu armazenamento, pois pode ocorrer a proliferação de fungos e pragas e invalidar todo o lote da cevada. O teor de umidade ideal para armazenar a cevada é de no máximo 12%. A legislação brasileira afirma que a cevada deve apresentar uma umidade de não mais de 13%. A cevada possui uma umidade de $10,13 \pm 0,22\%$, abaixo do limite exigido pela legislação (CRUZ, 2015; MAPA (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO), 1996; WAURECK, 2015).

5.1.3.Peso de 1000 grãos

O peso de 1000 grãos (PMG) é uma análise que complementa as informações fornecidas pela classificação. Essa análise indica o tamanho dos grãos e sua densidade. Cevadas com altos valores de peso de 1000 grãos possuem um maior teor

de amido, o que é ideal para a malteação e para a cerveja. Segundo o EBC, a faixa limite para o PMG é de 33 a 40 g, desta forma, a cevada está dentro do exigido para ser malteada, pois seu PMG foi de $34,47 \pm 0,57$ g (EBC, 1997c; MAPA (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO), 2009; PIACENTINI, 2015; SEBRAE, 2014).

5.1.4. Pré germinados

Grãos pré-germinados prejudicam o armazenamento do lote de cevada e atraem pragas e fungos. É recomendado que para que a cevada seja malteada, apenas, no máximo, 3% do lote pode ser de cevada pré-germinada. No lote de cevada estudado $0,33 \pm 0,58\%$ dos grãos já tinham sinais de germinação, em média (BRIGGS, 1998; CENCI, 2018; MEBAK, 2011).

5.1.5. Poder germinativo, energia germinativa, sensibilidade à água e índice de germinação

O poder germinativo indica a porcentagem de grãos que estão vivos e pré germinados, ou seja, a capacidade de germinação do lote. A energia germinativa aponta a porcentagem de grãos que germinam nas condições normais de malteação, que já passaram pelo período de dormência. A sensibilidade à água mede a capacidade de germinação do grão quando exposto ao excesso de água, simulando a etapa de maceração da malteação (KUNZE, 2004; PORTO, 2011).

A legislação brasileira determina que o poder germinativo deve ser, no mínimo, de 95% para que a cevada seja considerada cervejeira. No caso da energia germinativa, o valor mínimo aceito é de 95% dos grãos germinados. Segundo MEBAK, valores de sensibilidade abaixo de 10% são considerados pouco sensíveis e acima de 45% são muito sensíveis. A cevada analisada está dentro dos parâmetros citados acima, pois a energia e poder germinativo possuem valores maiores que 95%, $98 \pm 0,5\%$ e $97 \pm 1\%$, respectivamente. A cevada possui uma sensibilidade baixa à água de $23 \pm 5\%$ (EBC, 1997a; MAPA (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO), 1996; MEBAK, 2011).

5.1.6. Proteína

A proteína da cevada é fundamental para o processo de malteação e de fabricação de cerveja. Essa macromolécula está diretamente ligada à nutrição da levedura, a formação de espuma e a estabilidade da cerveja. A quantidade de proteínas da cevada influencia na razão proteína/amido e, por consequência, no extrato do malte. De acordo com MEBAK, a porcentagem máxima de proteínas na cevada é de 13%. O teor de proteína na cevada foi de $13,28 \pm 0,21\%$, o valor está dentro do limite, mas no extremo dele (BRIGGS, 1998; MEBAK, 2011).

5.1.7. *B-glucano*

Altos teores de β -glucano na cevada retardam o processo de malteação visto que é necessário que as β -glucanases degradem a parede celular que envolve o amido para que possa ser convertido em açúcares fermentáveis. A porcentagem de β -glucano da cevada é de 3,19%. Esse teor é alto, visto que o valor ideal é menor que 2% (BRASIL, 2016).

5.1.8. *Visão geral*

Tabela 1. Dados das análises de cevada.

	Valor Obtido	Valor Recomendado
Classificação (%)	$60,73 \pm 2,03$	75 - 97
Peso de mil grãos (g)	$34,47 \pm 0,57$	33 - 40
Umidade (%)	$10,13 \pm 0,22$	Máx. 13
Pré-germinados (%)	$0,33 \pm 0,58$	Máx. 3
Poder germinativo (%)	97 ± 1	Mín. 95
Energia germinativa (%)	$98 \pm 0,5$	Mín. 95
Sensibilidade à água (%)	23 ± 5	≤ 10 (pouco sensível) ≥ 45 (muito sensível)

Proteína (%)	13,28 ± 0,21	Máx. 13
β-glucano (%)	3,19 ± 0,01	Máx. 2

Segundo a tabela 1, a cevada foi classificada como de segundo sortimento e pela análise de peso de mil grãos, os grãos desse lote de cevada são pequenas e pouco densos. Segundo Kunze, para a produção de maltes de alta qualidade, 85% da cevada deve ser de classe 1 e seu PMG esteja entre 38 e 40. Dito isso, espera-se que o malte produzido a partir dessa matéria-prima não produza um malte de qualidade, mesmo podendo ser malteada (KUNZE, 2004).

A porcentagem de proteínas da cevada está dentro da faixa, porém está no extremo da mesma. Um teor de proteína mais alto diminui o teor de amido da cevada gerando um malte com baixo extrato. Além disso, cevadas com um maior teor de proteína causam problemas na filtração, na espuma e na turbidez do produto final, da cerveja.

Para tentar minimizar o impacto da proteína no processo produtivo cervejeiro, recomenda-se o emprego de *whirfloc*, um aglomerante comercial, durante a fervura. Ele é extensivamente utilizado em microcervejarias com o intuito de deixar a cerveja mais límpida, mesmo que o malte não apresente problemas com o teor de proteínas. Tem por finalidade promover a coagulação proteica na etapa de fervura, para assim não enviar para as próximas etapas produtivas proteínas de alto peso molecular que poderiam contribuir com a turvação, instabilidade de espuma, alteração de paladar, dentre outros fatores. Outra opção é o emprego de sílica em gel durante a etapa de maturação para diminuir a quantidade de proteínas que possam danificar o produto final.

A alta porcentagem de β-glucano é responsável pela alta viscosidade do mosto e por dificuldades durante a clarificação e filtração da cerveja. Como apresentado na tabela 1, o teor de β-glucano da cevada está acima do da faixa recomendada, porém não viabiliza o seu uso. O β-glucano é degradado durante a malteação. Logo, após constatado o valor superior no malte, recomenda-se o emprego de enzimas exógenas

beta-glucanases para solucionar o problema. Atualmente, são comerciais e são amplamente utilizadas pelas indústrias cervejeiras.

De acordo com as análises da tabela 1, a cevada possui atividade cervejeira, pode ser malteada e utilizado na indústria. Tendo como base a porcentagem de proteína e a classificação da cevada, a razão amido/proteína da mesma não é a ideal para maltes base. A cevada não produzirá um malte com extrato esperado dentro da faixa e, por isso, recomenda-se seu emprego para a produção de maltes especiais. Esse tipo de malte é usado em pequenas quantidades na produção de cerveja. Logo, o extrato do malte e a porcentagem de proteína não influenciaram, significamente, o processo de produção.

5.2.Caracterização do malte

5.2.1.Classificação, friabilidade e umidade do malte

Assim como a análise de classificação da cevada, a classificação do malte garante a uniformidade do lote. Nessa análise os grãos menores e quebrados são descartados, pois não são de interesse para a indústria. Grãos mais finos, retidos nas peneiras menores, possuem uma maior quantidade de proteína, diminuindo a porcentagem de amido. Altos teores de proteína são indesejáveis durante a produção de cerveja. As proteínas do malte são responsáveis pela espuma, corpo, porém, quando em excesso, causam problemas na clarificação do mosto e turbidez da cerveja (BRIGGS, 1998; EBC, 2005).

A friabilidade indica se o grão foi bem modificado durante a malteação. O malte com baixa friabilidade possui um alto teor de betaglucanos, que gera um problema de viscosidade na cerveja, baixa quantidade de enzimas (essencial para o processo cervejeiro), um baixo extrato, além de baixa produtividade (tempos maiores de produção e baixo rendimento), pois infere problemas durante toda a produção; na moagem, filtração, fermentação. Para a análise de classificação, recomenda-se que no mínimo 84% da amostra de malte esteja retida nas peneiras de 2,5 e 2,8 mm. A

friabilidade do malte deve ser maior que 80% (ASBC, 2009b; BRIGGS, 1998; MEBAK, 2011).

Assim como a cevada, o malte deve possuir uma baixa umidade para que o mesmo seja armazenado da melhor forma possível. No caso da umidade, para maltes claros, o valor desejado fica entre 3 e 5% (KUNZE, 2004).

A partir da tabela 2, pode ser observado que a classificação está dentro do esperado. A friabilidade do malte foi abaixo do esperado, o que possibilita o surgimento de problemas durante o processo de fabricação da cerveja. O valor da umidade do malte está maior que a faixa definida, porém com o uso próximo (1-2 meses) não haverá problemas de proliferação. Porém, pode haver impacto no rendimento da produção, uma vez que o valor do conteúdo de água no grão é superior ao que era esperado (KUNZE, 2004; MEBAK, 2011).

Tabela 2. Dados de classificação, friabilidade e umidade da amostra.

	Valor Obtido	Valor Recomendado
Classificação (%)	88,7	Mín. 84
Friabilidade (%)	71,1	Mín. 80
Umidade (%)	5,2	3 - 5

5.2.2. Poder diastático e tempo de sacarificação

O poder diastático avalia a atividade enzimática das enzimas α -amilase e β -amilase em conjunto. É definido pela capacidade dessas enzimas de quebrar o amido em moléculas menores, o qual pode ser mensurado pelo tempo de sacarificação do processo cervejeiro. As duas análises estão diretamente relacionadas a atividade enzimática do malte e de como será o comportamento das enzimas durante a brasagem, primeira etapa produtiva da cerveja (KUNZE, 2004; RODRÍGUEZ; AGUILAR; E SILVA, 2018).

Os maltes base possuem poder diastático entre 240 e 260 WK e o tempo de sacarificação é de, aproximadamente, 15 min. A tabela 3 mostra que o malte produzido possui um poder diastático satisfatório. Sabe-se que o conteúdo de proteína está diretamente relacionado ao conteúdo de enzimas, logo uma cevada/malte com maior conteúdo de proteína, indicará um alto conteúdo de enzimas. Assim, grãos pequenos, geralmente, geram maltes com maior poder diastático. O tempo de sacarificação foi de 10 minutos e está dentro do esperado (BRIGGS, 1998; KUNZE, 2004; MEBAK, 2011).

Tabela 3. Poder diastático e tempo de sacarificação do malte.

	Valor Obtido	Valor Recomendado
Poder diastático (WK)	407	240 - 260
Tempo de sacarificação (min)	10	Aprox. 15

5.2.3. Extrato, pH e cor do mosto

O extrato de malte representa o potencial do malte de produzir as substâncias solúveis do mosto, sendo elas, açúcares fermentescíveis e compostos nitrogenados. Isto posto, quanto maior o extrato do malte melhor para a fabricação de cerveja e indica que o malte foi bem modificado. O valor de extrato é usado para calcular a eficiência da sala de brassagem, que é crucial no processo de produção por mensurar o rendimento produtivo, além de contribuir para a definição do estilo de cerveja. Para maltes do tipo ale, o valor de extrato isento de água é de 79 a 82% (ASBC, 2011; KUNZE, 2004; MEBAK, 2011; PORTO, 2011).

Além de influenciar a atividade das enzimas no mosto, o pH também interfere na solubilização das proteínas, das substâncias amargas do lúpulo e aumenta a cor do mosto durante a fervura. Cervejas com valores de pH alto possuem uma turbidez alta, devido a alta solubilização das proteínas. Durante toda a produção, o valor de pH é acompanhado e sua correção pode ser feita com ácidos alimentícios, como o ácido láctico. O valor de pH do mosto esperado está entre 5,6 e 6,0 (MEBAK, 2011).

A cor do mosto é um parâmetro que remete ao tipo de malte que se utilizou na produção. Com a análise da cor do mosto após a fervura, é possível caracterizar a cor final da cerveja. A cor após a fervura, ou também conhecida cor de cocção, está relacionada as etapas de germinação e de secagem do processo de malteação. Maltes do tipo ale possuem uma cor do mosto de até 4 EBC e cor após a fervura de 4 a 6 EBC (MEBAK, 2011).

Na tabela 4, os valores de extrato e de cor do mosto ficaram diferentes dos valores esperados. O extrato do malte se encontra abaixo da faixa definida e, por consequência, a eficiência da sala de brassagem será impactada negativamente, o que interfere em toda as etapas de fabricação de cerveja, podendo até afetar o estilo de cerveja a ser produzido se não for realizado os cálculos corretamente. No caso da cor do mosto, o valor obtido está próximo do esperado e como essa análise somente indica o tipo de malte utilizado, o valor de cor do mosto continua apontando para a classificação de maltes do tipo ale. Os restantes das análises estão dentro das faixas para malte tipo ale ou malte base.

Tabela 4. Valores de extrato, pH, cor do mosto e cor após a fervura do malte estudado.

	Valor Obtido	Valor Recomendado
Extrato isento de água (%)	77,1	79 - 82
PH do mosto	5,88	5,6 - 6
Cor do mosto (EBC)	4,1	Máx. 4
Cor do mosto após a fervura (EBC)	6	4 - 6

5.2.4. Viscosidade, β glucano, turbidez

O teor de β glucano no malte é diretamente proporcional a viscosidade do mosto. Sendo assim, uma grande quantidade de β glucano no malte gera uma viscosidade alta do mosto, que aponta uma má modificação do malte. Mosto com uma

alta viscosidade aumenta o tempo de filtração da cerveja, podendo aumentar a quantidade de substâncias indesejáveis na cerveja que ficam retidas no bagaço. Com o aumento dessas substâncias no mosto, observa-se um aumento da turbidez na cerveja, o que é indesejado para cervejas comerciais. A grande maioria do β glucanos do grão é degradado durante a malteação. Devido a isso, espera-se que a quantidade dessa molécula no malte seja baixa (BAEK; KWON; HONG, 2016; BRIGGS, 1998; MEBAK, 2011).

A viscosidade do mosto deve estar entre 1,45 e 1,9 m Pa s e os valores de β glucano, geralmente, se encontram abaixo de 200 mg/L. No caso da análise de turbidez, os valores são de, aproximadamente, 2 – 2,5 EBC. A partir da tabela 5, infere-se que o teor de β glucano e a viscosidade no malte estão abaixo do esperado (EBC, 2004; PORTO, 2011).

Tabela 5. Viscosidade do mosto, teor de β glucano e turbidez do mosto.

	Valor Obtido	Valor Recomendado
Viscosidade do mosto (m Pa s)	1,44	1,45 – 1,9
Teor de β glucano (mg/L)	39	Máx. 200
Turbidez do mosto (EBC)	2	2 – 2,5

5.2.5. Proteína, nitrogênio solúvel, nitrogênio total, índice de Kolbach e FAN

Como dito anteriormente, as proteínas presentes no malte são cruciais para a cerveja e para o seu processo de fabricação. A partir de sua se origina os aminoácidos para a nutrição da levedura durante a fermentação além de proteínas de médio e alto peso molecular, as quais são responsáveis pela espuma. O excesso de proteínas gera problemas de turbidez na cerveja, estabilidade coloidal e de espuma. Os valores de proteína variam de 11 a 14,5% (ASBC (AMERICAN SOCIETY OF BREWING CHEMISTS), 2009; KUNZE, 2004).

A análise de nitrogênio solúvel aponta a quantidade de compostos nitrogenados que foram solubilizados durante o processo de mosturação. Altos valores de nitrogênio solúvel podem gerar instabilidade coloidal, rendimento de produção baixo. Valores inferiores podem acarretar em problemas na nutrição da levedura. O FAN (*Free Amino Nitrogen* ou *Análise de Nitrogênio livre*) é a parte nitrogenada que é assimilada pelas leveduras, ou seja, os aminoácidos que nutrem a levedura e auxiliam na sua reprodução durante a fermentação (PORTO, 2011).

O índice de Kolbach representa o percentual de substâncias nitrogenadas que foram solubilizadas durante a produção do mosto kongress e o percentual de proteínas que foram hidrolizadas pelas enzimas proteolíticas. Por fim, a análise de nitrogênio total indica o percentual de compostos nitrogenados presentes no malte. Todas as análises referentes as substâncias nitrogenadas estão diretamente ligadas ao teor de proteínas do malte (KUNZE, 2004; MEBAK, 2011; PORTO, 2011).

Para nitrogênio solúvel e FAN, os dados de referência se encontram na faixa de 600 a 850 mg/L e 110 a 180 mg/L, respectivamente. O índice de Kolbach ideal está entre 35 e 45% e o nitrogênio total esperado está entre 1,23 e 1,86 (EBC, 1997b; MEBAK, 2011).

De acordo com a tabela 6, os resultados de todas as análises apontam que o teor de proteínas e, conseqüentemente, de compostos nitrogenados no malte se encontram acima do esperado. O índice de Kolbach é o único parâmetro que está dentro da faixa. Logo, as substâncias proteicas serão solubilizadas e hidrolizadas durante a mosturação, processo de produção de cerveja.

Os problemas relacionados a alta concentração de proteínas podem ser solucionados utilizando *whirlfloc* ou sílica em gel, que forma ligações de hidrogênio com as proteínas, retirando-as. Ambas são utilizadas na indústria cervejeira e de baixo custo, porém não podem ser reutilizados (CARR, 2016; SENAI, 2014).

O *whirlfloc* consiste um clarificador que contém carragenina, uma alga com propriedades de gelficação. A carragenina quando aquecida forma uma hélice e permite que seus grupos sulfato carregados negativamente e se liguem as proteínas carregadas positivamente, precipitando-as e também pode ser utilizado para a

remoção de beta-glucanos. O *whirlfloc* é encontrado na forma de comprimidos e é dosado 15 min antes do fim da fervura. Assim como a carragenina, a sílica em gel é carregada negativamente e, por absorção, as proteínas aderem aos seus poros. A sílica em gel não afeta a espuma e sabor da cerveja, age em poucos minutos (CARR, 2016; SENAI, 2014).

Tabela 6. Viscosidade do mosto, teor de β glucano e turbidez do mosto.

	Valor Obtido	Valor Recomendado
Proteínas (%)	14,8	11 – 14,5
Nitrogênio Solúvel (mg/L)	1049	600 - 850
FAN (mg/L)	259	110 - 180
Índice de Kolbach (%)	40	35 - 45
Nitrogênio Total (%)	2,4	1,23 – 1,86

5.3. Balanço de massa da malteação

Com o intuito de realizar o balanço de massa da malteação, todas as matérias-primas foram pesadas: a massa inicial de cevada, a massa final de malte e as perdas durante todo o processo. Na etapa de maceração, houve um aumento de umidade no grão e isso acarretou em um aumento na massa da cevada. Além disso, os grãos sobrenadantes foram descartados. A massa de cevada se manteve constante durante a etapa de germinação.

As perdas associadas a malteação ocorrem na separação de sobrenadantes, na germinação quando o grão respira e na secagem do malte verde, onde os grãos perdem água e a massa diminui. Após a secagem são retiradas as radículas do malte, acarretando em perda mássica.

De acordo com a tabela 7, o peso de cevada inicial para malteação foi de 8,1 kg. Durante a maceração, foram descartados 0,310 kg de cevada sobrenadante e absorvidos 4,855 kg de água, totalizando 12,645 kg. A cevada possui uma umidade de 10,13% e no fim da maceração estava com 42,30%. Em escala comercial, a massa de sobrenadante corresponde a, no máximo, 0,2% do lote. No caso da malteação realizada, o percentual de sobrenadantes foi de 3,83%, um valor alto (KUNZE, 2004).

Tabela 7. Dados da etapa de maceração

	Início	1ºdreno	2ºdreno
Massa (kg)	8,1	12,375	14,100
Umidade (%)	10,13	39,26	42,30
Massa de água absorvida (kg)	-	4,275	6,00
Sobrenadante (kg)	-	0,290	0,20

Na germinação, não houve perdas consideráveis. A massa de grãos se manteve, assim como a umidade, como apresentado na tabela 8. O esperado era que a umidade da cevada no final da germinação seja 1% menor que a umidade inicial, no máximo, o que não ocorreu. Para alcançar o 1% de diferença é necessário uma maior aspersão de água. Uma parte do malte verde foi separado para a produção de malte caramelo, aproximadamente, 1,0 kg (foi submetido a uma etapa mais longa e com maiores temperaturas). No decorrer da secagem, houve perdas líquidas. Seguindo a tabela 9, foram perdidos 4,77 kg de água que evaporou ou foi drenada. A umidade final do malte foi de, em média, 22,79%. Em seguida a secagem, foram retiradas as acrospiras e radículas do malte, ocasionando uma perda de 0,665 kg. As radículas e acrospiras correspondem a até 4% do malte já seco, no caso do malte produzido, a massa de acrospiras e radículas foi de 10,43%, uma perda maior do que esperado. A secagem do malte caramelo gerou a evaporação de 0,205 kg de água. Foram produzidos 0,795 kg de malte caramelo. As radículas e acrospiras correspondem a até 4% do malte já seco, no caso do malte produzido, a massa de acrospiras e radículas

foi de A massa de malte base produzida foi de 5,58 kg, totalizando 6,375 kg de malte (KUNZE, 2004).

O processo de secagem não apresentou uma eficiência significativa, visto que, a umidade do malte final foi muito alta. Recomenda-se que a umidade varie de 3 a 5%, como dito anteriormente. As temperaturas não estavam estabilizadas durante toda a secagem, que podem ter gerado problemas na evaporação de água, tornando-a insuficiente. A falta de controle de temperatura concebeu uma falta de homogeneidade no lote, pois uma parcela apresentou valores de umidade conforme previsto e a outra estava com valores superiores. O equipamento utilizado na secagem não possui capacidade de secar o volume de malte empregado, por isso, a mesma foi ineficaz. Para melhorá-la, é necessário o uso de uma estufa de dimensionamento maior e com rotação ou agitação da massa, a fim de homogenizar por todo lote produtivo a coloração e o teor de umidade.

Tabela 8. Dados da etapa de germinação.

	1° dia	2° dia	3° dia	4° dia	5° dia
Massa (kg)	12,645	12,645	12,695	12,715	12,015
Umidade (%)	42,30	42,30	42,47	42,53	40,19

Tabela 9. Dados do processo de secagem do malte verde

Massa de malte base (kg)	5,58
Massa de água evaporada (kg)	4,77
Massa retirada de radículas (kg)	0,665
Umidade (%)	22,79
Massa de malte caramelo (kg)	0,795
Massa final de malte (kg)	6,375

A partir dos dados de cada etapa foi possível determinar as perdas totais e a com os valores de massa inicial de cevada e massa final de malte, a eficiência do processo, conforme a tabela 10.

Para malte do tipo Pilsen, as perdas totais equivalem a 20% da massa inicial. A eficiência da fabricação é de 80%. Com base no processo de produção de malte tipo Pilsen, a eficiência do processo foi alta, levando em conta a secagem inapropriada. As perdas totais do processo equivalem a 21,3% da massa inicial de cevada. Isto posto, a malteação teve uma perda próximo do recomendado. A perda seria maior se a secagem fosse eficiente, pois a umidade do malte seria mais baixa e, por consequência, a evaporação de água seria maior, aumentando as perdas do processo (KUNZE, 2004).

Tabela 10. Massa inicial e final, perdas totais e eficiência da malteação.

Massa inicial (kg)	8,1
Massa final (kg)	6,375
Perdas totais (kg)	1,725
Eficiência (%)	78,70

5.4. Balanço de massa do processo de produção da cerveja

Cada etapa da fabricação da cerveja foi estudada e as perdas líquidas e sólidas do processo contabilizadas. A cerveja foi fabricada com o malte tipo pilsen e o malte tipo caramelo produzidos no laboratório. Na brassagem, ocorreram perdas durante a clarificação/filtração e durante a fervura. As perdas sólidas na filtração foram devido ao bagaço e a água retida, o que já era esperado. A evaporação de água que acontece durante a fervura, configura-se uma perda líquida. A tabela 11 apresenta as condições na qual a produção foi realizada.

Tabela 11. Quantificação do processo de fabricação.

Massa de malte (kg)	5,00
Umidade do malte (kg)	22,79
Mosto inicial (kg)	25,00
Bagaço (kg)	6,625
Umidade do bagaço (%)	75,47
Água secundária (kg)	12,5
Trub (kg)	2,11
Mosto após a fervura (kg)	18,38

De acordo com a tabela 12, as perdas sólidas e líquidas, ou seja, a perda total do processo foi alta, com relação a produção de cervejas em escala industrial. As perdas que ocorrem no processo em escala comercial estão na faixa de 8 a 10%. A eficiência do processo foi satisfatório, mesmo a perda ter sido alta (KUNZE, 2004).

Na etapa de fermentação ocorre perdas sólidas, a remoção de leveduras adicionadas ao processo. A massa de leveduras aumenta com o avanço da fermentação, por conta da multiplicação celular. Como a levedura não foi reutilizada, a massa foi descartada e com ela um percentual da produção, originando uma perda sólida. Essa perda não foi contabilizada, porém o volume descartado foi estimado em, aproximadamente, 2,78 kg. O volume foi determinado a partir do volume final do mosto após a fervura.

Tabela 12. Perdas sólidas, líquidas, totais e rendimento da produção.

Filtração	
Perdas sólidas (%)	42,10

Perdas líquidas (%)	17,45
Fervura	
Perdas líquidas (%)	27,85
Fermentação	
Volume de mosto após a fervura (kg)	18,38
Volume final da produção (kg)	15,60
Volume perdido (kg)	2,78
Volume final da produção (kg)	15,6
Perdas totais (%)	22
Rendimento (%)	78

6.CONCLUSÃO

A cevada estudada foi cultivada na região centro-oeste. As análises realizadas apontam que nem todos os parâmetros de uma cevada cervejeira são atendidos. Os grãos não atendem os ideais de classificação e de peso de 1000 grãos. Tendo por base essas análises, o lote desse grão não produziu um malte de alta qualidade e homogêneo. Nas condições que os experimentos foram conduzidos e tendo por base as outras análises, a cevada está apta para malteação, sendo necessário algumas modificações ao longo do processo.

O malte produzido, em escala laboratorial, a partir da cevada possuiu uma qualidade regular. Alguns problemas podem ocorrer com a utilização desse malte na indústria cervejeira. O malte é pouco friável, podendo originar transtornos na moagem e na brassagem. A brassagem terá um rendimento baixo, pois o extrato do malte está

abaixo do esperado. A filtração não será eficiente devido ao alto teor de proteínas do malte e, por consequência, uma alta turbidez do produto final. Sendo assim, a aplicação da cevada na indústria cervejeira é viável, porém com algumas recomendações. O malte pode ser aplicado na produção de cerveja como malte especial, visto que o seu uso é restrito até 10% da receita, a alta porcentagem de proteínas não interferirá na brassagem. Como malte tipo base, a cevada estudada não possui qualidade ideal para a produção de malte amplamente produzido para o setor (malte base).

Caso o malte seja utilizado como malte base, sugere-se a aplicação de métodos que reduzam o teor de proteínas como: enzimas exógenas, *whirfloc* e sílica em gel. Outra possibilidade é utilizá-lo na indústria junto com adjuntos. Os adjuntos são grãos que possuem um alto teor de amido e baixo teor de proteína, o que gera alguns problemas no produto final. Como o malte estudado possui um alto teor de proteínas, as desvantagens associadas ao uso de adjuntos seriam resolvidas e o uso do malte como malte base não geraria problemas, pois os dois se complementariam.

De acordo com Pinheiro, o malte oriundo de cevada cultivada na região centro-oeste não possui qualidade para ser comercializado como malte base, devido a sua alta porcentagem de proteínas. Sua melhor utilização seria como maltes especiais. No presente trabalho, a cevada estudada obteve resultados semelhantes (PINHEIRO, L. DI G. S., 2016).

Com a finalidade de compreender melhor o processo de malteação, foi realizado o balanço de massa. No decorrer da malteação, houveram perdas sólidas na maceração e líquidas na secagem. A secagem foi insatisfatória, ocasionando em um malte disforme. Os transtornos na secagem diminuíram a eficiência do processo. O malte foi utilizado para produzir uma cerveja, a qual apresentou perdas consideráveis, porém com bom desempenho no processo cervejeiro.

Para melhorar o processo de malteação e, por consequência, a produção da cerveja é necessário um melhor dimensionamento do equipamento de secagem.

7.REFERÊNCIAS

ARAÚJO, F. B.; SILVA, P. H. A.; MINIM, V. P. R. Perfil sensorial e composição físico-química de cervejas provenientes de dois segmentos do mercado brasileiro. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 23, n. 2, p. 121–128, 2003.

ASBC. Malt-4 Extract. *ASBC Methods of Analysis*, p. 9–11, 2011.

ASBC. Malt-8 Protein (n x 6.25). *ASBC Methods of Analysis*, v. 8, p. 8–9, 2009a.

ASBC. MALT MODIFICATION BY FRIABILITY (International Method). *ASBC Methods of Analysis*, p. 2009, 2009b.

BAEK, E. J.; KWON, Y. A.; HONG, K. W. Adding enzymes to improve the properties of the Korean barley Gwangmaek wort during mashing. *Food Science and Biotechnology*, v. 25, n. 5, p. 1387–1391, 2016.

BORTOLI, D. A. S., SANTOS, F., STOCCO, N. M., ORELLI JR., A., TOM, A., NEME, F., NASCIMENTO, D. Leveduras e produção de cervejas-Revisão. *Bioenergia em revista: diálogos*, ano 3, v. 1, p. 45–58, 2013. Disponível em: <<http://www.fatecpiracicaba.edu.br/revista/index.php/bioenergiaemrevista/article/view/77>>.

BRASIL, V. C. B. ESTUDO DO USO DE TRIGO SARRACENO CULTIVADO NA REGIÃO CENTRO-OESTE PARA PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL. p. 60, 2016.

BRIGGS, D. E. *Malts and Malting*. [S.l: s.n.], 1998.

CABRAS, I.; HIGGINS, D. M. Beer, brewing, and business history. *Business History*, v. 58, n. 5, p. 609–624, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/00076791.2015.1122713>>.

CARR, N. *Beer Clarification: How to Brew Crystal Clear Beer*. Disponível em: <<https://learn.kegerator.com/brewing-clear-beer/>>.

CENCI, I. DE O. *Caracterização e qualificação de cevada cultivada no cerrado para produção de malte cervejeiro*. 2018. 2018.

CERVBRASIL. Anuário 2016 1. 2016.

CERVEJA, R. DA. Brasil bate o número de mil cervejarias registradas. 2019.

COLEN, L.; SWINNEN, J. Economic Growth, Globalisation and Beer Consumption. *Journal of Agricultural Economics*, v. 67, n. 1, p. 186–207, 2016.

CRUZ, M. R. ESTUDO DA INFLUÊNCIA DE CULTIVARES DA CEVADA CERVEJEIRA NA DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DE EQUILÍBRIO. v. 3, n. 2, p. 54–67, 2015.

DE MORI, C.; MINELLA, E. Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da cevada. *Documentos Online* 139, p. 28, 2012. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do139.htm>.

EBC. Germinative Energy of Barley: BRF Method. p. 17–18, 1997a.

EBC. Sieving Test for Barley. p. 11–12, 2002.

EBC. Sieving Test for Malt. p. 4–5, 2005.

EBC. Soluble Nitrogen of Malt : Kjeldahl Method. p. 17–19, 1997b.

EBC. Thousand Corn Weight of Barley. p. 1–2, 1997c.

EBC. Viscosity of Laboratory Wort from Malt. v. 95, p. 2017, 2004.

EMBRAPA. *Mais de 90% da cevada plantada no Brasil é resultado da pesquisa nacional*.

EMBRAPA TRIGO. *brs caue.pdf*. . [S.l: s.n.]. , [S.d.]

FREITAS, A. G. DE. RELEVÂNCIA DO MERCADO CERVEJEIRO BRASILEIRO : avaliação e perspectivas e a busca de uma Agenda de Regulação 1 Revista Pensamento e Realidade. *Revista Pensamento e Realidade*, v. 30, p. 22–33, 2015.

GUIMARÃES, B. P. Influências do uso de flocos de milho e arroz como adjuntos no

processo cervejeiro. 2017.

KUNZE, W. *Technology brewing and malting*. [S.l: s.n.], 2004.

LIMA, L. A. *et al.* Sinopse Do Cenário Cervejeiro: O Advento Da Produção E O Mercado Na Região Centro Oeste. *Cadernos de Prospecção*, v. 10, n. 4, p. 650, 2017.

MAPA (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO). PORTARIA N° 691 DE 22 DE NOVEMBRO DE 1996. v. 30, n. D, 1996.

MAPA (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO). *Regras para Análise de Sementes*. [S.l: s.n.], 2009.

MARCUSSO, E. F.; MÜLLER, C. V. A CERVEJA NO BRASIL: O ministério da agricultura informando e esclarecendo. *Revista MAPA*, v. Online, p. 1–5, 2017. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/pasta-publicacoes-DIPOV/a-cerveja-no-brasil-28-08.pdf/@_@download/file/A_CERVEJA_NO_BRASIL-28.08.pdf>.

MARTINS, A. P. O mercado de cervejas artesanais. 2018.

MARTINS, L. F. *et al.* ANÁLISE DOS INDICADORES DO MERCADO CERVEJEIRO BRASILEIRO. p. 1–13, 2017.

MARTINS, V. M. R.; RODRIGUES, M. Â. Produção e tecnologia de cereais: processo de maltagem da cevada. p. 13–14, 2015.

MEBAK. *Raw Materials*. . [S.l: s.n.], 2011

MEGA, J. F.; NEVES, E.; DE ANDRADE, C. J. A produção da cerveja no brasil. *Proceedings - The International Conference on Emerging Security Information, Systems, and Technologies, SECURWARE 2007*, v. 1, n. 1, p. 1–6, 2011.

MINELLA, E. Melhoramento da cevada. 1995.

NEVES, L. E. P. Identificação de Compostos Voláteis Associados à Maturação de Cerveja em Madeira Identificação de Compostos Voláteis Associados à Maturação

de Cerveja em Madeira. 2018.

PIACENTINI, K. C. FUNGOS E MICOTOXINAS EM GRÃOS DE CEVADA (*Hordeum vulgare* L.) CERVEJEIRA, DESCONTAMINAÇÃO PELO GÁS OZÔNIO E SEGURANÇA DE CERVEJAS ARTESANAIS. p. 1–152, 2015.

PINHEIRO, L. DI G. S. *CARACTERIZAÇÃO E PROCESSAMENTO DE CEVADA CULTIVADA NO CERRADO BRASILEIRO*. 2016. 2016.

PINHEIRO, L. G. S.; BRASIL, V. C. B.; GHESTI, G. F. Caracterização do malte produzido com cevada do cerrado brasiliense. *Revista Latino Americana de Cerveja*, v. 1, n. 1, p. 63–72, 2017.

PORTO, P. D. Tecnologia De Fabricação De Malte : Uma Revisão. *Monografia*, 56 p. *Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre*, p. 58, 2011.

REBELLO, F. D. F. P. PRODUÇÃO DE CERVEJA. *Revista Agrogeoambiental*, p. 145–155, 2009.

REIS, E. F. L. DOS. *PRODUÇÃO E ANÁLISE DE CERVEJA ARTESANAL UTILIZANDO ADJUNTO DE MILHO CULTIVADO NA REGIÃO CENTRO-OESTE BRASILEIRA*. 2016. 2016.

RODRIGUES, M. Â.; MORAIS, J. S.; CASTRO, J. P. *O lúpulo: da cultura ao extrato. Técnica cultural tradicional*. [S.l: s.n.], 2015.

RODRÍGUEZ, Y. B.; AGUILAR, I. G.; E SILVA, J. B. DE A. Utilização do malte de sorgo na produção de cerveja: revisão bibliográfica. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 21, n. 0, 2018.

ROSA, N. A.; AFONSO, J. C. A Química da Cerveja. v. 37, p. 98–105, 2015.

SEBRAE. Potencial De Consumo De Cerveja No Brasil. p. 1–6, 2014.

SENAI. Tecnologia Cervejeira. 2014.

SILVA, H. A.; LEITE, M. A.; DE PAULA, A. R. V. Cerveja e sociedade. *Revista de Comportamento, Cultura e Sociedade*, v. 4, n. 2, p. 85–91, 2016.

TRICASE, C. *et al.* Economic Analysis of the Barley Market and Related Uses. *Intech*, v. i, n. tourism, p. 13, 2016.

WAURECK, A. INTERFERÊNCIA DA CLASSIFICAÇÃO E DO ARMAZENAMENTO NA QUALIDADE DE SEMENTES DE CEVADA. 2015.