

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

ELOIZA MUZZOLON

**OTIMIZAÇÃO DO TEMPO E DA QUANTIDADE DE ÁGUA NO PROCESSO DE
PRODUÇÃO DO MALTE**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

LONDRINA

2020

ELOIZA MUZZOLON

**OTIMIZAÇÃO DO TEMPO E DA QUANTIDADE DE ÁGUA NO PROCESSO DE
PRODUÇÃO DO MALTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR Campus Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos – Área de concentração: Tecnologia de produtos de origem vegetal.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Ivane Benedetti Tonial
Co-orientador: Prof. Dr. Luciano Lucchetta

LONDRINA
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca UTFPR - Câmpus Londrina

M994o Muzzolon, Eloiza

Otimização do tempo e da quantidade de água no processo de produção do malte / Eloiza Muzzolon.- Londrina, 2020.

62 f. : il.; 30 cm.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ivane Benedetti Tonial.

Coorientador: Prof. Dr. Luciano Lucchetta.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. Londrina, 2020.

Bibliografia: 58-62.

1.Cevada. 2. Malte. 3. Maceração. 4. Germinação. I. Tonial, Ivane Benedetti, orient. II. Lucchetta, Luciano, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. IV. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. V. Título.

CDD:664

Ficha catalográfica elaborada por Cristina Benedeti Guilhem - CRB: 9/911

FOLHA DE APROVAÇÃO
Título da dissertação N° ____

**OTIMIZAÇÃO DO TEMPO E DA QUANTIDADE DE ÁGUA NO
PROCESSO DE PRODUÇÃO DO MALTE**

por

ELOIZA MUZZOLON

Esta dissertação foi apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de MESTRE EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS – Área de Concentração: Tecnologia de produtos de origem vegetal, pelo Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos – PPGTAL – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Campus Francisco Beltrão, às 14:00h do dia 24 de abril de 2020. O trabalho foi aprovado pela Banca Examinadora, composta por:

Prof.^a Dr^a. Ivane Benedetti Tonial
Prof.(a) Orientador (a)

Prof^o D.r Alexandre da Trindade Alfaro
Membro titular

MSc.^a Crislane Brazil
Membro titular

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Programa de Pós Graduação em Tecnologia de Alimentos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que sem ele nada seria possível.

A Cooperativa Agrária Agroindustrial pelo apoio destinado a esta pesquisa.

A minha orientadora Prof.^a D.ra Ivane Benedetti Tonial pela dedicação e paciência destinadas a esta pesquisa e ao meu co-orientador Prof. D.r Luciano Lucchetta pelas considerações valiosas.

A minha família e amigos pelo apoio e incentivo.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

MUZZOLON, Eloiza. **Otimização do Tempo e da Quantidade de Água no Processo de Produção do Malte**. 2020. 65 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos (Área de Concentração: Tecnologia de produtos de origem vegetal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Londrina, 2020.

O processo de produção do malte, utilizado para elaboração de cervejas, se dá em três etapas distintas: a maceração, a germinação e a secagem. O presente estudo foi planejado considerando as duas primeiras etapas do processo, a maceração e germinação. Na primeira fase do estudo, avaliou-se a variação do tempo no processo de maceração, procurando obter o tempo ideal para esta fase, avaliando-se as respostas dos parâmetros que determinam a qualidade do malte final para a cevada BRS Cauê. A segunda fase variou-se o tempo e quantidade de água na etapa de germinação empregando-se o delineamento Composto Central com esquema fatorial 2^2 em que um fator é o tempo (h) e o outro foi a quantidade de água (%). Nesta etapa foram utilizadas duas variedades de cevada, uma nacional (BRS Cauê) e uma importada (Andrea) para comparação da qualidade de seus maltes. Para ambas etapas de estudo, executou-se, primeiramente a avaliação da qualidade da cevada para sequencialmente avaliar a hidratação dos grãos com as análises de *steeping index* e grau de maceração, sendo posteriormente avaliado a qualidade do malte de ambas as cevadas. Os resultados referentes à primeira etapa do estudo, onde variou-se o tempo de maceração, os maltes não apresentaram diferenças significativas nos parâmetros de qualidade avaliados. Na segunda etapa do estudo onde variou-se o tempo e a quantidade de água no processo de germinação foi possível verificar diferença significativa nos valores de FAN para a cevada BRS Cauê, enquanto que para a cevada Andrea a diferença foi percebida para o poder diastásico. Finalmente, constatou-se que, para melhorar a qualidade o malte na etapa de germinação, torna-se necessário o aumento do tempo de germinação e menor quantidade de água neste processo.

Palavras-chave: Cevada. Malteação. Maceração. Germinação. Malte.

ABSTRACT

MUZZOLON, Eloiza. **Optimization of Time and Amount of Water in the Malt Production Process. 2020.** 65 f, Dissertation (Masters in Food Technology) – Graduate Program in Food Technology (Concentration Area: Technology of products of plant origin), Federal University of Technology – Paraná (UTFPR). Londrina, 2020.

The malt production process, used for brewing beers, takes place in three distinct stages: maceration, germination and drying. The present study was planned considering the first two stages of the process, maceration and germination. In the first phase of the study, the time variation in the maceration process was evaluated, trying to get the ideal time for this phase, evaluating the responses of the parameters that determine the quality of the final malt for “BRS Cauê” barley. The second phase varied the time and amount of water in the germination stage using the Central Compound design with a 2² factorial scheme in which one factor is time (t) and the other was the amount of water (%). In this stage, two varieties of barley were used, one national (BRS Cauê) and one imported (Andrea) to compare their characteristics and quality. For both stages of the study, the quality of the barley was first assessed to sequentially assess the hydration of the grains with the analysis of the steeping index and degree of maceration, the quality of the malt of each barley is subsequently assessed. The results for the first stage of the study, where the maceration time was varied, showed no significant differences in the quality of the obtained malt. In the second stage of the study, which varied the time and the amount of water in the germination process, it was possible to verify a significant difference in the values of FAN for the BRS Cauê barley, whereas for Andrea barley the difference was perceived for diastatic power. Finally, it was found that, to improve the quality of the malt in the germination stage, it is necessary to increase the germination time and less water in this process.

Keywords: Barley. Malting. Steeping. Germination. Malt.

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1: Cevada antes de iniciar a maceração | 17 |
| Figura 2: Maceração úmida - Fase 1..... | 18 |
| Figura 3: Maceração seca – Fase 2 | 18 |

Lista de tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Etapas para realização da malteação utilizado cevada BRS Cauê..... | 23 |
| Tabela 2 - Delineamento composto central com esquema fatorial 2 ² com dois fatores temperatura e quantidade de água no processo de germinação das variedades Andrea e BRS Cauê..... | 26 |
| Tabela 3 - Caracterização física e físico-química da cevada BRS Cauê. | 34 |
| Tabela 4 - Grau de maceração da cevada BRS Cauê nos tempos de 14, 16 e 18 horas de maceração..... | 35 |
| Tabela 5 - Percentual de umidade do malte elaborado a partir da cevada BRS Cauê nos tempos de 14, 16 e 18 horas de maceração. | 37 |
| Tabela 6 - Caracterização do mosto de malte derivado da cevada BRS Cauê, produzido considerando o planejamento apresentado no experimento 1. | 38 |
| Tabela 7 - Caracterização física e físico-química das cevadas BRS Cauê e Andrea | 41 |
| Tabela 8 - Caracterização do malte obtido da cevada BRS Cauê | 43 |
| Tabela 9 - Valor p e efeito para o malte de cevada BRS Cauê | 46 |
| Tabela 10 - Resultados da caracterização do malte produzido a partir da cevada Andrea..... | 51 |
| Tabela 11 - Valor p e efeito para o malte produzido a partir da cevada Andrea | 54 |
| Tabela 12 - Comparação entre os maltes de cevada BRS Cauê e Andrea, média dos valores do ponto central. | 57 |

Sumário

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 OBJETIVOS | 13 |
| 2.1 OBJETIVO GERAL | 13 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 13 |
| 3 REFERENCIAL TEÓRICO | 13 |
| 3.1 CEVADA..... | 13 |
| 3.1.1 Cultivares de cevada BRS Cauê e Andrea..... | 15 |
| 3.1.2 Grão de Cevada | 16 |
| 3.2 PROCESSO DE MALTEAÇÃO | 16 |
| 3.3 MACERAÇÃO | 17 |
| 3.4 GERMINAÇÃO..... | 19 |
| 3.5 SECAGEM | 20 |
| 3.6 QUALIDADE DE MALTE..... | 20 |
| 3.7 STEEPING INDEX (IS)..... | 21 |
| 4 MATERIAIS E MÉTODOS | 22 |
| 4.1 MATERIAIS | 22 |
| 4.2 MÉTODOS | 23 |
| 4.2.1 Planejamento do Experimento 1: | 23 |
| 4.2.2 Planejamento do Experimento 2 | 25 |
| 4.2.3 Caracterização das Cevadas BRS Cauê e Andrea | 26 |
| 4.2.4 Caracterização do malte produzido a partir das cevadas BRS Cauê e Andrea..... | 28 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSÃO | 33 |
| 5.1 RESULTADOS OBTIDOS NO EXPERIMENTO 1..... | 33 |
| 5.1.1 Qualidade da cevada BRS Cauê utilizada no Experimento 1..... | 33 |

| | |
|--|-----------|
| 5.1.2 Qualidade do malte produzido a partir da cevada BRS Cauê produzido no Experimento 1 | 35 |
| 5.2 RESULTADOS OBTIDOS NO EXPERIMENTO 2..... | 41 |
| 5.2.1 Qualidade das Cevadas BRS Cauê e Andrea utilizadas no Experimento 2 | 41 |
| 5.2.2 Caracterização do malte obtido das cevadas BRS Cauê E Andrea produzidas no Experimento 2 | 43 |
| 5.2.3 Avaliação dos Resultados de Superfície de Resposta para Cevada Andrea ... | 50 |
| 5.2.4 Resultados da Comparação Entre os Maltes das Cevadas BRS Cauê e Andrea | 56 |
| 6 CONCLUSÃO | 58 |
| 7 REFERENCIAS..... | 58 |

1 INTRODUÇÃO

Mundialmente, a cevada é o quinto cereal em nível de importância econômica, e tem seu principal uso na indústria cervejeira (MINELLA; MORI, 2012). O mercado Brasileiro não consegue suprir a demanda interna de cevada, implicando na necessidade de importação, geralmente da Argentina e do Uruguai (EMBRAPA, 2012).

As cevadas, para que possam ser consideradas padrão cervejeiro, devem atender o estabelecido Portaria nº 691 de 22 de novembro de 1996 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil (MAPA), apresentando os seguintes requisitos de qualidade: umidade máxima de 13,0%, proteína máxima 12,0%, poder germinativo mínimo de 95,0%, matérias estranhas e impurezas máximo de 3,0% e grãos avariados máximo de 5,0%.

Das cevadas cultivadas no Brasil, a BRS Cauê, tem ampla adaptação e desempenho competitivo, principalmente nas regiões Sul do Brasil. Devido as suas características apresentam perfil de qualidade de malte que atende satisfatoriamente as necessidades da indústria cervejeira (MINELLA; LUNARDI; KURTZ, 2009).

Das cultivares de cevadas importadas para o Brasil destaca-se a variedade Andrea (KLEIN, 2019). Esta cultivar tem como principais características a resistência a pragas e doenças foliares, possui alto potencial de rendimento, excelente tamanho de grãos e estabilidade em diferentes condições climáticas e apresenta boas características de qualidade cervejeira (CHARLA, 2015).

O destino principal da cevada no Brasil é a produção de malte, que atualmente conta com 400.415 toneladas produzidas na safra de 2019 (IBGE, 2019). A produção industrial de malte se dá pelo processo de malteação que ocorre em três etapas, a maceração, a germinação e a secagem. A primeira etapa, maceração, tem como objetivo a umidificação dos grãos que posteriormente passarão para a etapa de germinação. A maceração consiste em imergir a cevada em água com objetivo de fornecer água ao embrião para que sua umidade seja aumentada de 35,0 a 45,0% para iniciar a germinação (IFBM, 2014).

A etapa de germinação inicia-se após a maceração, onde, o embrião utiliza amido como fonte de alimento. Para utilizar o amido como fonte de energia, se faz necessário à atuação de algumas enzimas específicas (amiolíticas) (KUNZE, 2006;

IFBM, 2014). Neste processo, as enzimas darão origem as alterações na camada do endosperma. Assim, a hidratação do grão, na etapa de maceração, é importante, para fornecer água para a síntese destas enzimas (SANTOS; SANTOS; SILVA, 2010).

Na sequência as enzimas agem para solubilizar e desagregar o tecido multicelular do endosperma, destruindo a matriz proteica e dos grânulos de amido, tornando-se menos duro e mais solúvel, e no interior do grão, irá se formar enzimas que são fundamentais para o processo de fabricação de cerveja (IFBM, 2014).

Posteriormente a estas duas etapas, ocorrem à secagem, que é responsável por encerrar os processos químicos e biológicos, formando aroma, sabor e cor característica do malte (SANTOS; SANTOS; SILVA, 2010; PORTO, 2011).

Os parâmetros geralmente avaliados na qualidade do malte cervejeiro são: determinação dos tamanhos dos grãos; a friabilidade ou a quantidade de grãos que sofreram modificações; umidade; quantidade de proteína; extrato que determina o potencial de malte que fornece açúcares fermentescíveis e alguns compostos nitrogenados; *free amino nitrogen* (FAN); betas glucanas e o poder diastásico sendo este o parâmetro que mede a atividade de α -amilase e β -amilases (KUNZE, 2006). A avaliação e acompanhamento do *steeping index* e do grau de maceração são importantes para a qualidade do malte, pois com as análises destes parâmetros é possível identificar falhas no processamento (ZSCHOERPER, 2009).

O tempo de germinação é de grande importância, pois é nesta etapa que ocorrem as transformações enzimáticas dos grãos, ou seja, algumas enzimas que já estão presentes na cevada como a β -amilase terão um aumento a partir do segundo dia até o terceiro dia de germinação e outras enzimas citolíticas, proteolíticas começaram a ser formadas a partir do terceiro dia (KUNZE, 2006).

A quantidade de água utilizada na malteação para hidratar os grãos é importante para fornecer suprimento de água para o aleurona (a camada do aleurona reveste o endosperma, constituído por células ricas em proteínas, e trata-se do ponto mais importante para a produção de enzimas durante a maltagem) e assim ele possa sintetizar as enzimas necessárias e migrar para o complexo multicelular do endosperma, melhorando as características de transformação da cevada em malte (SANTOS; SANTOS; SILVA, 2010).

Frente ao exposto buscou-se neste estudo, a otimização do tempo e quantidade de água no processo de malteação das cultivares de cevada BRS Cauê e Andrea.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Otimizar as variáveis tempo e a quantidade de água nas etapas de maceração e germinação do processo de produção de malte, visando atender requisitos de padrão cervejeiro.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a qualidade da cevada BRS Cauê e Andrea, por meio de análises físicas e químicas;
- Testar diferentes tempos no processo de maceração do grão da cevada BRS Cauê e avaliar a qualidade do malte obtido;
- Avaliar o comportamento do *Steeping index* da cevada BRS Cauê;
- Aplicar diferentes tempos e quantidade de água na etapa de germinação das cevadas BRS Cauê e Andrea;
- Verificar a condição ideal de malteação para as cevadas BRS Cauê e Andrea;
- Avaliar a qualidade do malte produzido com as cevadas BRS Cauê e Andrea, por meio de análises físicas e químicas.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CEVADA

A cevada tem origem no Oriente Médio, e trata-se do quinto grão em ordem de importância mundial após arroz, milho, trigo e soja. A produção deste cereal está concentrada nas regiões temperadas da Europa, Ásia e América do Norte. A cevada pode ser empregada na alimentação humana, na forma de malte sendo utilizado na

fabricação de bebidas como cervejas e destilados, de alimentos e medicamentos; de farinhas ou flocos destinados à composição de produtos de alimentação infantil, de panificação, e na alimentação animal (MINELLA; MORI, 2012).

As cevadas cultivadas pertencem ao gênero *Hordeum vulgare* as quais apresentam duas principais subespécies as chamadas de cevadas de seis fileiras e duas fileiras (BOROWSKI, 2012). No Brasil a cevada *Hordeum vulgare* é produzida desde 1930 em escala comercial como uma cultura de inverno. De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2019 foram produzidas 400,415 toneladas de cevada. (IBGE, 2020).

Mundialmente, o comércio internacional de cevada é de aproximadamente 16,0 milhões de toneladas e sendo os principais países exportadores a Ucrânia com 26,3% do mercado, Austrália com 22,0%, União Europeia com 17,7%, Rússia com 11,1% e Argentina com 7,1%, e estes detêm aproximadamente 70,0% do mercado mundial de cevada. Mas os maiores importadores mundiais são Arábia Saudita com 42,6%, China com 9,9%, Japão com 8,0%, Irã com 4,7% e Síria com 3,4% (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2012).

Segundo o que descreve as pesquisas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, (2012), o Brasil não consegue fornecer toda cevada consumida no país e, isso indica a necessidade de importação para produção de malte, sendo que os principais exportadores destes grãos para o Brasil são a Argentina e o Uruguai.

A cevada que se destina a produção de malte é chamada de cevada cervejeira, e seu plantio é favorecido em regiões com alta luminosidade, baixa umidade relativa do ar e temperaturas amenas durante as fases de formação, enchimento e maturação dos grãos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2012).

Segundo a Portaria nº 691 de 22 de novembro de 1996 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil (MAPA), a cevada cervejeira deve atender aos seguintes requisitos de qualidade: umidade máxima de 13,0%, proteína máxima 12,0%, poder germinativo mínimo de 95,0%, matérias estranhas e impurezas máximo de 3,0% e grãos avariados máximo 5,0%.

3.1.1 Cultivares de cevada BRS Cauê e Andrea

A cevada BRS Cauê foi desenvolvida pelo programa de melhoramento genético da Embrapa Trigo com parceria com a Ambev e Cooperativa Agrária Agroindustrial. Trata-se de uma cultivar desenvolvida para possuir uma ampla adaptação e desempenho competitivo principalmente nas regiões do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, por serem os principais produtores de cevada no Brasil. Ainda apresenta um perfil de qualidade de malte que atende satisfatoriamente as necessidades da indústria cervejeira (MINELLA; LUNARDI; KURTZ, 2009).

Por ter sido uma cultivar desenvolvida para ser cultivada na região sul, ela apresenta porte anão, não ultrapassando a altura de 80 cm, ainda é caracterizada por apresentar ciclo precoce, com média de 87 dias de até o espigamento e chegando a 128 até a maturação. E ainda, apresenta boa resistência a certas doenças da cultura como a mancha reticular. Em geral é semeada no Brasil nos meses de março a maio podendo chegar até junho e é colhida de agosto a setembro, chegando a uma produtividade de até 1500 kg/ha fator importante para aumentar a produção de malte de origem nacional e de boa qualidade (MINELLA, 2017).

A cevada Andrea foi desenvolvida pela Ambev e lançada no ano de 2011 na Argentina (KLEIN, 2019). É caracterizada por ser uma cevada que possui boa resistência a pragas e manchas foliares, mas é suscetível a queimaduras, mas ainda possui alto potencial de rendimento, excelente tamanho de grãos, estabilidade em diferentes condições climáticas e possui boa resistência a acamamento (CHARLA, 2015).

Ainda segundo Charla (2015) a data de semeadura recomendada para a variedade é em meados do mês de junho, é uma cevada que tem a necessidade de garantir a quantidade de 120 kg N/ha. Com isso se tem a possibilidade de corrigir um parâmetro de extrema importância para a indústria que seria a proteína dos grãos com a utilização da fertilização foliar e desta forma se obter bons resultados de qualidade do malte produzido a partir desta variedade.

3.1.2 Grão de Cevada

A cevada é composta de uma única semente constituída por casca, pericarpo, endosperma e gérmen. A casca é formada essencialmente por celulose e tem a função de proteger o grão e regular a absorção de água durante a germinação. Abaixo da casca há o pericarpo composto por fibras, minerais e vitaminas do complexo B, logo abaixo do pericarpo encontra-se a testa, camada semipermeável que protege o gérmen de micro-organismos (ZSCHOERPER, 2009).

Após a malteação da cevada, a casca permanece no grão de malte e serve como meio filtrante do mosto cervejeiro (TROMMER, 2014). Das partes do grão de cevada, o endosperma é a principal reserva de nutrientes e é formado por células que contém os grânulos de amido. A riqueza de polissacarídeos do endosperma da cevada disponível através do malte é a fonte de substrato necessário para a conversão de açúcares em álcool no processo de fermentação da cerveja (BRENNAN; CLEARY, 2005).

A camada de aleurona que rodeia o endosperma é formada por células ricas em proteínas, nesta camada ocorrem à formação e a liberação das enzimas responsáveis pela degradação do endosperma durante a malteação, o grão de cevada é composto pelas seguintes: a acróspora, o escutelo, as radículas e o epitélio formado por células que nutrem o embrião com o endosperma (KUNZE, 2006).

3.2 PROCESSO DE MALTEAÇÃO

A cevada é considerada um grão de grande importância para a indústria cervejeira, mas para que possa ser utilizado para este fim, este grão precisa ser processado, pois seu sistema enzimático não está preparado para transformar o amido, em açúcares fermentáveis, os quais são necessários para a produção da cerveja. Portanto é necessário submeter à cevada ao processo de malteação que é dividido em três etapas: maceração, germinação e secagem (KUNZE, 2006).

Na etapa de maceração, o grão obtém teor de água necessário para dar início à ativação do metabolismo; na germinação, ocorre o enriquecimento enzimático, aliado às transformações das substâncias de reserva; já no processo de secagem

todos os processos químico-biológicos encerram-se e, então, produz-se o sabor, o aroma e a cor característica do malte (KUNZE, 2006). E assim ocorrem as transformações bioquímicas de modificação do grão na etapa de germinação, pois, nesta etapa acontece a absorção de água, com indução do metabolismo do grão de cevada para formar enzimas como as glucanases, amilases, parte das hemicelulases e proteases (KUNTZ; BAMFORTH, 2007).

3.3 MACERAÇÃO

O processo de malteação de cevada inicia-se com a maceração que tem por objetivo iniciar o processo de umidificação dos grãos que posteriormente irão germinar. Esta etapa é realizada em um curto espaço de tempo, e ocorre em ambientes criados artificialmente. A maceração ou ainda conhecida como etapa de molhamento consiste em imergir a cevada em água. O objetivo desta técnica é de fornecer água ao embrião para que sua umidade seja aumentada de 35,0 a 45,0% para iniciar a germinação (IFBM, 2014).

Em geral a etapa de maceração é realizada intercalando-se períodos onde os grãos de cevada (Figura 1) ficam totalmente imergidos em água (Fase 1 - Figura 2) e outros em que o grão fica em períodos secos (Fase 2 - Figura 3). A realização destas duas fases (úmida e seca) é realizada baseada em estudos que comprovam que a absorção pelos grãos será maior do que se fosse realizada apenas em fase úmida (KUNZE, 2006; IFBM, 2014).

Figura 1: Cevada antes de iniciar a maceração



Fonte: AUTOR, (2019).

Figura 2: Maceração úmida - Fase 1



Fonte: AUTOR, (2019).

Figura 3: Maceração seca – Fase 2



Fonte: AUTOR, (2019).

Ao encerrar a etapa de maceração é possível realizar a medida do grau de maceração, ou seja, a quantidade de água que foi absorvida pelo grão, sendo determinada pela pesagem de uma determinada quantidade de cevada antes e depois do processo de maceração, onde o valor do grão de maceração deve estar

entre 38,0 e 42,0%, que significa que o grão recebeu uma boa hidratação na maceração, esta análise é importante para o desenvolvimento do grão nas etapas seguintes de malteação (KUNZE, 2006).

3.4 GERMINAÇÃO

Após a maceração inicia-se o período de germinação, onde, inicialmente o embrião vai utilizar suas reservas como o amido presente como fonte de alimento, pois o grão não possui clorofila, e para que consiga utilizar como fonte energética e com isto se faz necessário à atuação enzimática para que certas substâncias atuem no grão. As caixas onde ocorre a germinação devem possuir um sistema de respiração, sendo seu fundo construído com entradas de ar, e para que a respiração dos grãos seja uniforme faz-se o uso de revolvedoras que consistem de hélices que rotam em direções opostas fazendo com que os grãos se movimentem dentro da caixa (KUNZE, 2006; IFBM, 2014).

O processo de germinação ocorre quando as enzimas amilolíticas, que são secretadas pela camada do aleuroma originam as alterações na camada do endosperma. Ou seja, a hidratação do grão, na etapa de maceração, é importante, para fornecer suprimento de água para a aleurona para que ela possa sintetizar as enzimas necessárias e para que possam migrar através do complexo multicelular do endosperma (SANTOS; SANTOS; SILVA, 2010).

Na sequência o complexo enzimático vai agir para solubilizar e desagregar o tecido multicelular do endosperma, destruindo a matriz proteica e dos grânulos de amido. Nesta fase, que o amido do grão vai se apresentar em cadeias menores que na cevada, tornando-se menos duro e mais solúvel, e conseqüentemente no interior do grão, formam-se enzimas que são fundamentais para o processo de fabricação de cerveja (IFBM, 2014).

No processo de germinação aplica-se o ácido giberélico que é um fitohormônio, pertencente ao grupo das giberilinas. Estes fitohormônios estão presentes naturalmente nos grãos e provocam feitos de crescimento (KUNZE, 2006).

O grão de cevada em contato com a solução de ácido giberélico aumenta a produção de enzimas hidrolíticas aumentando, conseqüentemente, a velocidade de

germinação e também a atividade da alfa amilases, reduzindo, com isso, o tempo de germinação (KUNZE, 2006; O'BRIEN, 2010).

3.5 SECAGEM

A secagem é a última etapa do processo de malteação que é utilizada com o objetivo de conservar a atividade enzimática do grão, reduzir e evitar contaminações microbiológicas. Para que a secagem ocorra deve-se realizar a passagem de ar quente entre a massa de grãos, com aumento gradativo de temperatura de secagem, até que o grão fique seco (BIAZUS, *et al.*, 2006).

Para se obter um malte com umidade adequada e com formação de compostos desejáveis é necessário utilizar uma rampa de secagem, esta rampa ocorre em três etapas:

- 1) Primeira Etapa - temperatura de 60 °C por determinado período de tempo;
- 2) Segunda Etapa - temperatura maior que 65 °C até que o grão atinja uma umidade de 12,0%.

- 3) Terceira Etapa - redução da umidade até aproximadamente 4 a 5%. Nesta etapa, a umidade relativa do ar reduz e com isto o ar pode ser recirculado. Esta etapa apresenta temperatura de 80,0 °C ou mais, com foco no tipo de malte que se deseja obter. Nesta etapa, ainda, compostos como cor, aroma e sabor característico do malte são formados (SANTOS; COUTO; ANDRADE, 2001).

3.6 QUALIDADE DE MALTE

A qualidade do malte é determinada por uma série de parâmetros que fornecem informações a respeito às ocorrências da malteação, cujo impacto está na qualidade da produção cervejeira. A avaliação da qualidade do malte é realizada utilizando métodos analíticos oficiais como o EBC (*European Brewery Convention*), ASBC (*American Society of Brewery Chemists*), MEBAK (*Middle European Brewery Analysis Commission*) (ZSCHOEPER, 2009; KUNZE, 2006).

As principais análises realizadas no malte são:

Classificação que é uma análise física - Determina a forma e o tamanho dos grãos que compõem o lote. É realizada com utilização de peneiras vibratórias com furos de

2,8 mm, 2,5 mm e 2,2 mm. Os grãos que ficam retidos nas duas primeiras peneiras (2,8 mm + 2,5 mm) são denominados de primeira qualidade e a que fica retida na terceira são chamados de grãos de segunda qualidade (KUNZE, 2006).

A Friabilidade trata-se da quantidade de grãos que sofreram modificações com o processo de malteação, ou seja, se tornarem friável ou quebradiços. Os grãos que durante o processo de malteação não sofreram alteração, tornam-se duros, sendo denominados de grãos vidrosos (KUNZE, 2006). A quantidade de proteína, também é considerada um fator importante para a produção de malte, cujo valor deve estar entre 9,0 a 13,0% (KUNZE, 2006).

Algumas análises de malte são realizadas a partir de um mosto, cujo objetivo é simular em escala laboratorial um mosto semelhante ao da cervejaria, sendo possível realizar as análises de extrato, que determina o potencial de malte que fornece açúcares fermentáveis e alguns compostos nitrogenados.

Esta simulação, também possibilita a realização da análise de cor, que contribuirá com a cor da cerveja. Da parcela nitrogenada de baixo peso molecular, ou seja, os aminoácidos presentes no mosto que serão assimilados pelas leveduras no processo de fermentação definem o *Free Amino Nitrogen* (FAN).

Ainda, o valor de beta glucanas também são parâmetros importantes, pois estão diretamente relacionadas com a viscosidade do mosto cervejeiro o qual pode acarretar em problemas de filtração da cerveja (KUNZE, 2006). O poder diastásico, por sua vez, é o parâmetro que mede a atividade de α -amilase e β -amilases com valores mínimos de 220 WK. Valor abaixo do mínimo indica problemas na etapa de brasagem da cervejaria, assim como valores acima do mínimo, podem influenciar o grau de fermentação (KUNZE, 2006).

3.7 STEEPING INDEX (IS)

O *steeping index* pode influenciar, nos parâmetros de qualidade do malte, definidos pelo FAN e Beta glucanas. Um malte cervejeiro de boa qualidade de acordo com Zschoerper, (2009) apresenta a formação de FAN com concentração em torno de 160 mg/L e de Beta glucanas com valores abaixo de 200 ppm, A etapa de maceração, consiste em umidificar o grão, de maneira uniforme. Para comprovar

a eficiência desta etapa, podem-se realizar análises no grão durante a etapa de germinação comparando os valores de grau de maceração e *steeping index*.

Os testes podem ser realizados em certas variações de condições de germinação, com tempos, temperaturas e quantidade de água aplicada no processo (IFBM, 2014), sendo que para se conseguir um bom índice de maceração o grão deve receber a umidade adequada. O Quadro 1 mostram a porcentagem de umidade com relação ao tempo de exposição à água em cada parte do grão.

Quadro 1: Valores de umidificação nas partes do grão de cevada

| Parte do grão | Umidade % | | |
|---------------------|-----------|---------|---------|
| | 1 hora | 2 horas | 3 horas |
| Embrião | 25,2 | 32,7 | 36,7 |
| No meio | 16,1 | 18,3 | 20,1 |
| Ponta Distal | 17,8 | 19,8 | 20,9 |
| Dorsal | 16,0 | 17,6 | 19,5 |
| Ventral | 16,1 | 19,2 | 21,6 |

Fonte: Adaptado de IFBM, (2014).

As etapas de malteação são importantes para a caracterização do malte, sendo assim alteração de fatores como tempo e quantidade de água utilizado no processo de malteio podem ter grande influência nos parâmetros de qualidade do malte produzido, pelo fato da cevada ser rica em enzimas que são importantes pra a produção de alimentos, como no caso da cerveja (IFBM, 2014).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

Para a realização deste estudo foram utilizadas amostras de cevada das cultivares BRS Cauê, obtida de diferentes produtores da região centro sul do estado do Paraná e Andrea (importada da Argentina). Ambas as cevadas foram amostradas na Cooperativa Agrária Agroindustrial, onde a pesquisa foi desenvolvida.

4.2 MÉTODOS

O presente estudo foi executado na forma de dois experimentos envolvendo as etapas de maceração e germinação: No primeiro experimento (Experimento 1) avaliou-se a interferência do tempo de maceração na qualidade do malte produzido a partir da cevada BRS Cauê. O segundo experimento (Experimento 2) buscou-se realizar a otimização do tempo e da quantidade de água no processo de germinação, (segunda malteação) para produção de malte a partir das cevadas BRS Cauê e Andrea. Neste experimento, avaliaram-se, também, as diferenças entre as cevadas em consideração as diferentes nacionalidades, bem como a qualidade do malte produzido com cada cultivar.

4.2.1 Planejamento do Experimento 1:

Para realização do processo de malteação, utilizando a cultivar BRS Cauê e avaliação da variação do tempo no processo de maceração, empregou-se o planejamento experimental apresentado na Tabela 1. Neste experimento, realizaram-se três testes, onde se mantiveram constantes as condições das etapas de germinação e de secagem, variando-se o tempo na etapa de maceração.

Tabela 1 - Etapas para realização da malteação utilizado cevada BRS Cauê.

| Etapas | 1° Teste | 2° Teste | 3° Teste |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Maceração | 14 horas | 16 horas | 18 horas |
| Germinação | 72 horas | 72 horas | 72 horas |
| Secagem do Malte | 20:30 horas | 20:30 horas | 20:30 horas |

Considerando as três etapas do processo de malteação (Maceração, germinação e secagem), o delineamento proposto foi estruturando conforme descrito abaixo:

1) Etapa de maceração - foram aplicados os tempos de 14, 16 e 18 horas (realizada por múltipla imersão) sendo, em cada tempo final foi coletado uma amostra para análise de grau de maceração;

2) Etapa de Germinação – forneceu-se água para os grãos nos tempos de 12 e 24 horas. Nos tempos 0, 16, 24, 40, 48, 64 e 72 horas foram coletados 100 grãos de cada amostra para realização da análise do *Steeping index*;

3) Etapa de secagem do malte foi conduzida variando a temperatura no decorrer do tempo 20:30 horas, na forma de rampa de secagem.

4) Após a secagem o malte obtido foi analisado quanto à sua qualidade.

O processo de malteação da cevada BRS Cauê foi conduzido na forma de ensaio piloto utilizando-se 1 Kg de cavada. A cevada, após avaliação, foi então submetida ao processo de malteação (Tabela 1). Neste experimento, durante a malteação, realizaram-se algumas análises que são determinantes para definir o grau de maceração e *Steeping index*.

4.2.1.1 Grau de maceração

O grau de maceração (GM) leva em consideração a massa da amostra que está sendo analisada, ou seja, basicamente o GM é obtido a partir da diferença entre a massa inicial e massa após receber umidade, sendo assim seu valor foi obtido com aplicação da Equação 1.

$$Mt_i \left[\frac{(100 - X_i)}{(100 - X_f)} \right] \quad [Eq. 1]$$

Mt_f = Massa total final;

Mt_i = Massa total inicial;

X_i = Teor de água inicial;

X_f = Teor de água final.

4.2.1.2 Steeping index

A análise do *Steeping index* foi realizada no final da maceração e durante a etapa de germinação. Foi comparado o *steeping index* (SI) e o grau de maceração (GM), com determinação dos parâmetros a cada 12 horas.

A análise de *steeping index* (SI) foi realizada com a coleta de uma amostra de 100 grãos, que foi imersa em 200 mL de água fervente por 30 segundos, sendo posteriormente cortados ao meio, e separados em quatro grupos: A = Completamente translúcido; B = $\frac{3}{4}$ translucido; C = $\frac{1}{2}$ translucido; e D = $\frac{1}{4}$ translucido. Com estes valores foi calculado o índice de maceração (SI) (Equação 2).

$$SI = A + 2B + 3C + 4D \quad [Eq. 2]$$

4.2.2 Planejamento do Experimento 2

Para este experimento utilizou-se um delineamento Composto Central com esquema fatorial 2^2 , com três repetições no ponto central (Tratamentos 5, 6, 7) em que os fatores foram: Fator 1: tempo de germinação (horas) e Fator 2: Quantidade de água (QA %), conforme mostra a Tabela 2.

O processo de malteação foi executado considerando três etapas distintas, as quais são descritas abaixo:

Etapa de maceração – para todos os tratamentos foi utilizado o tempo de 14 horas (realizada por múltipla imersão);

Etapa de Germinação – Conforme delineamento Composto Central com fatorial 2^2 (Tabela 2);

Etapa de secagem do malte foi conduzida variando a temperatura no decorrer do tempo 20:30 horas.

Considerando o delineamento apresentado, o processo de malteação, em escala piloto, foi conduzido utilizando-se 1 Kg de cavada BRS Cauê e de Andrea para cada tratamento.

Tabela 2 - Delineamento composto central com esquema fatorial 2² com dois fatores temperatura e quantidade de água no processo de germinação das variedades Andrea e BRS Cauê

| Tratamentos | Tempo (h) | QA (%) | Tempo (h) | QA (%) |
|-------------|-----------|--------|-----------|--------|
| 1 | +1 | +1 | 96 | 48 |
| 2 | +1 | -1 | 96 | 40 |
| 3 | -1 | -1 | 48 | 40 |
| 4 | -1 | +1 | 48 | 48 |
| 5 | 0 | 0 | 72 | 44 |
| 6 | 0 | 0 | 72 | 44 |
| 7 | 0 | 0 | 72 | 44 |

QA: Quantidade de água.

4.2.3 Caracterização das Cevadas BRS Cauê e Andrea

Para determinar a qualidade das cevadas BRS Cauê e Andrea foram realizadas análises do percentual de umidade, energia germinativa, nitrogênio total, proteína e classificação da cevada quanto ao tamanho dos grãos, conforme métodos descritos abaixo.

4.2.3.1 Umidade

A umidade das amostras de cevada foi determinada pelo método gravimétrico. Cerca de 5,0 g de cevada (moída em moinho de discos marca Buhler Miag DisC Mill, modelo DLFU 23050), acondicionadas em cápsulas de alumínio e pesadas em balança analítica (marca Precisa modelo XB 220A), sendo, então, mantidas em estufa a 130 - 133 °C por duas horas. Decorrido o tempo, as amostras foram resfriadas em dessecador de vidro por 30 minutos. Após o resfriamento, as amostras foram pesadas, repetindo-se o processo até massa constante (EBC 3.3). Para obtenção do percentual de umidade aplicou-se a Equação 3.

$$Umidade\% \left(\frac{m}{m} \right) = \frac{W_1 - W_2}{W_1} * 100 \quad [Eq. 3]$$

W_1 = massa em g antes da secagem

W_2 = massa em g após a secagem

4.2.3.2 Energia Germinativa

A energia germinativa da cevada foi determinada pela metodologia EBC 3.6.2 que utiliza o método BRF o qual indica a percentagem de grãos que podem ser germinados totalmente. O método consiste em separar 100 grãos em placa de petri com papel filtro no fundo em 4 mL de água. O resultado é obtido pela contagem dos grãos germinados durante 72 horas.

4.2.3.3 Nitrogênio total

O valor de nitrogênio total foi obtido pelo método de Dumas onde se utiliza cerca de 0,2 g de amostra de cevada são inseridas no determinador de nitrogênio total, (marca Leco, modelo FP528). O percentual de nitrogênio total é automaticamente informado pelo visor do equipamento.

Com o resultado do percentual de nitrogênio total das amostras de cevada, obtidas automaticamente pelo determinador de Dumas, calculou-se, então o percentual de proteínas multiplicando o percentual de nitrogênio total pelo fator de conversão 5,83, indicado para determinação de proteínas em cevada. A Equação 4 apresenta o cálculo aplicado para quantificar este componente.

$$\textit{Proteína da cevada} = \textit{Teor de Nitrogênio Total} * \textit{Fator de 5,83} \quad [\textit{Eq. 4}]$$

4.2.3.4 Tamanho do grão

A Classificação da cevada de tamanho do grão foi obtida com cem gramas de cevada de cada amostra que foram dispensadas sobre a peneira (2,8 mm) da máquina classificadora (marca Tecnomá). Após 5 minutos de agitação a máquina foi desligada e o conteúdo das peneiras 2,8 e 2,5 mm foram quantificados através de pesagem para a determinação da primeira qualidade (soma do conteúdo das peneiras 2,8 e 2,5 mm) (EBC 3.11.1).

4.2.4 Caracterização do malte produzido a partir das cevadas BRS Cauê e Andrea

As análises do malte foram realizadas em duas etapas: a primeira realizada a partir dos grãos de malte inteiros, considerando os parâmetros de umidade, friabilidade e classificação do tamanho dos grãos de malte. A segunda etapa foi realizada a partir dos grãos de malte moído (mosto congresso), onde foram determinados a quantidade de beta glucanas, extrato do malte isento de água, poder diastásico, *free amino nitrogen* (FAN), proteína e nitrogênio solúvel. As análises foram realizadas em duplicata e conduzidas no laboratório central da Cooperativa Agrária Agroindustrial utilizando as metodologias da EBC (1998), mebak (2011) e McCleary e Shameer, (1987) e são descritas abaixo.

4.2.4.1 Umidade do malte

A umidade do malte foi determinada pelo método gravimétrico. Foram pesadas 5,0 g de malte (moído em moinho de discos marca *Buhler Miag DisC Mill*, modelo DLFU 23050) acondicionadas em cápsula de alumínio e pesadas em balança analítica (marca Precisa modelo XB 220A), foram levados à estufa a 105 °C por três horas. Decorrido o tempo às amostras foram resfriadas em dessecador de vidro com sílica gel por 30 minutos. Após o resfriamento, as amostras foram novamente pesadas, repetindo-se o processo até o peso constante (EBC 4.2). Os cálculos do percentual de umidade foram realizados de acordo com a Equação 1.

4.2.4.2 Friabilidade do malte

A friabilidade foi analisada utilizando 50 g de malte que foram adicionados ao friabilímetro (marca *Pfeuffer GmbH Kitzingen*) e durante 8 minutos a amostra foi pressionada pelo cilindro emborrachado contra a tela da peneira do tambor rotativo do equipamento, ao término da moagem o conteúdo da peneira foi pesado em balança analítica (marca Precisa modelo XB 220A). O valor da friabilidade foi obtido através do cálculo conforme a Equação 5 (EBC 4.15).

$$F = (P * 2) - 100 \quad [Eq. 5]$$

Onde:

F = Friabilidade

P = Peso do conteúdo retido na peneira do friabilímetro

4.2.4.3 Classificação do tamanho do grão de malte

A classificação do malte foi realizada utilizando cem gramas de malte de cada amostra foram depositados sobre a peneira (2,8 mm) da máquina classificadora (marca Tecnoma). Após 5 minutos de agitação a máquina foi desligada e o conteúdo das peneiras 2,8 e 2,5 mm foram quantificados através de pesagem para a determinação da primeira qualidade (soma do conteúdo das peneiras 2,8 e 2,5 mm) (EBC 4.22).

4.2.4.4 Preparo do mosto de malte

Para a obtenção do mosto as amostras de malte foram moídas em moinho de discos (marca *Buhler Miag DisC Mill*, modelo DLFU 23050) seguindo a metodologia analítica EBC 1.1. Pesou-se 55 g de farinha grossa (granulometria 0,7 mm) e de farinha fina (granulometria 0,2 mm), obtidas pela moagem no moinho de discos. No recipiente contendo a farinha foram adicionados 200 mL de água deionizada a 46 °C. A mistura foi homogeneizada com bastão de vidro. Os recipientes com as amostras foram inseridos no mosturador (marca Fluxo Tecnologia, modelo FT2072) que foi programado para a obtenção do mosto congresso, com agitação de 100 rpm com hastes agitadoras.

Após 55 minutos adicionou-se 100 mL de água deionizada a 70 °C em cada recipiente. Quando foi atingida a temperatura ambiente no banho do mosturador removeram-se as hastes recolhendo o conteúdo do mosto por meio do enxague com água deionizada das hastes. Ao final da amostra retiraram-se os recipientes do banho do mosturador e ajustou-se o peso das amostras com água deionizada. Em seguida as amostras foram filtradas em papel filtro (MN 614 320 mm) e recolhidas em erlenmeyers.

4.2.4.5 Extrato do malte

O Extrato do mosto de malte foi determinado a partir do mosto que foi injetado com o uma seringa no densímetro (ANTON PAAR, modelo DMA 4500) 20 mL de mosto. O equipamento foi então, ajustado a temperatura do mosto para 20 °C o qual informou os dados de grau platô (°P) que foram utilizados no cálculo do extrato (EBC 4.5.1) (Equação 6).

$$R_{fss} = \left(\frac{P_{fs} * (UM + 800) * 100}{((100 - P_{fs}) * (100 - UM))} \right) \quad [Eq. 6]$$

Onde:

R_{fss} = Extrato moagem fina isento de água (%);

P_{fs} = Valor do grau plato para farinha final;

$(P_{fs} = Pf + S)Pf$ = Leitura do grau plato no sacarômetro;

UM = Valor da umidade (%);

S = Constante do sacarômetro.

4.2.4.6 β -glucanas do malte

As β -glucanas no mosto foram determinadas por meio de espectrofotômetro (marca *Hewlett Packard*, modelo 8453). As amostras, após a adição do reagente (*Gluga Test Solution A Enzytec*) foram levadas ao equipamento para a leitura a 510 nm segundo metodologia EBC 4.16.3.

4.2.4.7 Poder diastásico do malte

O poder diastásico foi obtido a partir do fator de correção para obter o resultado por 100 g de malte utilizado para a extração da farinha fina (granulometria 0,2 mm) mosturada no programa próprio para a análise no mosturador (marca Fluxo Tecnologia, modelo FT2072). As enzimas (α e β -amilase) foram extraídas com solução tampão a 40 °C e adicionadas a uma solução de amido para a realização da

hidrólise. Este parâmetro é expresso em unidades WK⁰ (*Windisch-Kolbach units*). Ao término foi quantificado o total de açúcares redutores formados (EBC 4.12.1). O Cálculo do poder diastásico foi realizado com base na Equação 7.

$$DP_2 = \frac{DP_1 * 100}{100 - M} \quad [Eq. 7]$$

Onde:

DP_1 = Poder Diastásico da amostra, na unidade Windisch – Kolbach (WK);

DP_2 = Poder Diastásico da amostraseca, na unidade Windisch – Kolbach (WK);

V_B = Valor de titulação do iodo não reagido no teste em branco, em mL;

V_T = Valor de titulação do iodo não reagido na porção testada, em mL;

F = Fator de correção para obter o resultado por 100g de malte utilizado na extração; $F_{10g} = 68,4$; $F_{20g} = 34,2$; $F_{40g} = 17,1$

M = Teor de umidade do malte, em % m/m

4.2.4.8 Free amino nitrogen (FAN) do malte

O *Free amino nitrogen* (FAN) foi determinado por espectrofotômetro (marca *Hewlett Packard*, modelo 8453). Uma amostra obtida a partir da farinha fina foi adicionada a uma cubeta para realizar a análise no espectrofotômetro (EBC 8.10), onde se lê a absorbância a 570 nm e realiza-se o cálculo para obter os resultados de acordo com a Equação 8.

$$FAN \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{A_1 * 2 * d}{A_2} \quad [Eq. 8]$$

Onde:

A_2 = Absorbância da solução de teste a 570nm em célula de 10mm;

A_1 = Absorbância média da solução padrão a 570nm em célula de 10mm;

d = Fator de diluição (por exemplo, 100 se a diluição fosse de 1mL para 100mL).

4.2.4.9 Proteína do malte

A proteína foi determinada por combustão pelo método dumas, cerca de 0,2 g de amostra de malte serão inseridas no determinador (marca Leco, modelo FP528). Para o cálculo do teor proteico foi utilizado o fator de 6,25 este fator é utilizado devido à composição no malte possuir valores de nitrogênio que varia de 15-18% (NARCIZISS, 1999) para conversão dos resultados de nitrogênio em proteína (EBC 3.3.2). O cálculo da quantidade de proteínas no malte foi determinado aplicando-se a Equação 9.

$$\text{Proteína do malte} = \text{Teor de Nitrogênio Total} * \text{Fator de 6,25} \quad [\text{Eq. 9}]$$

4.2.4.10 Nitrogênio solúvel do malte

A determinação do Nitrogênio solúvel do malte foi realizada através da metodologia por espectrofotometria determinada pelo método EBC 4.9.2. Onde é preparado uma solução de cloreto de sódio 0,5% em um balão volumétrico de 100 mL com 2 cm abaixo do menisco e adicionado 1 mL de amostra do mosto conforme item 4.2.6.3 para obtenção do mosto congresso e posteriormente completar o volume do balão com solução de cloreto de sódio 0,5%, tampar o balão e agitar por 5 segundos com leitura em espectrofotômetro (marca Hewlett Packard, modelo 8453) com comprimento de onda de 215 nm e 225 nm para construção da curva de calibração $Y=1,071428571*x + (-0,334514282)$ e obtenção do grau platô.

4.2.4.11 Tratamento dos dados do experimento 1

Os dados foram reportados em tabelas mediante apresentação dos valores médios de cada análise acompanhadas do respectivo desvio padrão. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para determinar diferenças significativas com 95 % de significância ($p<0,05$). A comparação de médias foi realizada usando o Teste de Tukey. As diferenças foram consideradas significativas quando $p<0,05$. Os resultados foram analisados usando o software Minitab.

4.2.4.12 Tratamento dos dados do experimento 2

Como variável resposta (dependentes) para delineamento Composto Central com esquema fatorial 2^2 com repetição em triplicata no ponto central considerou-se, a Friabilidade, o Extrato de moagem fina isento de água, FAN, o Poder Diastásico e Beta glucanas.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para determinar diferenças significativas com 95 % de significância. As diferenças foram consideradas significativas quando $p < 0,05$. Utilizou-se da análise multivariada pela metodologia de superfície de resposta e para visualizar o efeito das variáveis independentes nas respostas avaliadas foram construídos gráficos de superfície de resposta. Foram submetidas ao teste T as respostas da cevada e do ponto central do malte. Toda análise estatística foi feita com o auxílio do programa computacional STATISTICA 7.0 (Stat-Soft, Tulsa, OK, USA- versão para teste).

5 RESULTADOS E DISCUSÃO

Considerando a realização de dois experimentos neste estudo, os resultados serão apresentados por experimento, sendo primeiramente apresentados os resultados do Experimento 1 e posteriormente os resultados do Experimento 2.

5.1 RESULTADOS OBTIDOS NO EXPERIMENTO 1

5.1.1 Qualidade da cevada BRS Cauê utilizada no Experimento 1

Os parâmetros físico-químicos de umidade, proteína e nitrogênio total e parâmetros físicos de classificação do tamanho do grão e energia germinativa foram avaliados para conhecer a qualidade de cevadas. Os resultados para a cevada da cultivar BRS Cauê, são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Caracterização física e físico-química da cevada BRS Cauê.

| Parâmetros Físico-químicos | Unidade | Resultado |
|---|----------------|------------------|
| Umidade da cevada | % | 10,10 ± 0,28 |
| Proteína da cevada | % | 11,02 ± 0,17 |
| Nitrogênio total | % | 1,89 ± 0,04 |
| Parâmetros Físicos | Unidade | Resultado |
| Classificação de tamanho de grão (%>2.5 mm) | % | 85,10 ± 0,42 |
| Peneira 2,2 mm | % | 12,10 ± 0,57 |
| Energia germinativa (método BRF 72h) | % | 99,00 ± 0,14 |

Resultados são expressos como média ± desvio padrão (n = 2). n = número de repetições. Letras diferentes na mesma coluna representam resultados diferentes pelo teste de Tukey (p < 0,05)

Os percentuais de umidade assim como o percentual de proteína encontram-se de acordo com o recomendado para padrão cervejeiro. Gouvêa e Maia (2014) obtiveram valores de proteína semelhantes aos observados no presente estudo, sendo de 11,76% para a cultivar BRS Cauê, e 11,44% e 10,16% para as cevadas BRS Brau e Elis respectivamente. Da mesma forma, Brazil (2015) encontrou em cevada BRS Cauê valores de 11,20% de proteína.

O valor encontrado para nitrogênio total na cevada BRS Cauê, também se enquadra dentro dos padrões estabelecidos pela portaria n° 691 de 22 de novembro de 1996. Valores próximos foram apresentados por Gouvêa e Maia (2014) ao avaliarem nitrogênio total em diferentes variedades de cevada com percentuais de 2,04% para BRS Cauê; 1,96% para BRS Brau e 1,74% para a variedade Elis.

Outro parâmetro importante para a qualidade da cevada cervejeira é a classificação obtida através da peneiração a qual especifica o tamanho dos grãos, sendo considerado também de grande importância pois quanto maior o grão mais extrato estará disponibilizando para se transformar em cerveja, que representa também mais amido disponível (STOETZER, 2013).

No presente estudo esta classificação foi de 85,10%, sendo próximo (80,0%) ao percentual apresentado por Minella *et al.* (2009) em cevada BRS Cauê e por Minella *et al.* (2016) que encontrou valores que variaram entre 81,5% a 88,2% na cevada BRS Cauê. Brazil (2015), por sua vez, encontrou valores de classificação de 92,27% para a mesma cevada. Stoetzer (2013) verificou valores de classificação que para a cevada BRS Cauê no ano de 2011 de 96,6% e quanto que em 2012 os valores encontrados foram de 92,1%.

De modo geral as variações observadas na classificação do tamanho dos grãos de cevada de uma mesma cultivar podem estar relacionadas, a variações climáticas, e também ao tipo de solo onde ocorreu o plantio, bem como as diferentes safras. (SZEUCZUK, 2017; KUNZE, 2006)

O valor de energia germinativa (BRF 72 h) para a cevada BRS Cauê foi de 99,0%, indicando que a cevada possui um bom poder de germinação. Gouvêa e Maia (2014) observaram valores médios de 95,25% para um teste realizado com a cevada BRS Cauê, e Brazil (2015) encontrou valores de 97,0%, estando todos estes valores conforme o preconizado pela portaria nº 691 de 22 de novembro de 1996 para uma cevada cervejeira.

5.1.2 Qualidade do malte produzido a partir da cevada BRS Cauê produzido no Experimento 1

O processo de malteação, referente ao planejamento experimental do experimento 1, foi avaliado quanto aos valores de grau de maceração (Tabela 4) e *steeping index* (Gráfico 1).

O grau de maceração é um parâmetro importante no que se refere à qualidade da cevada, pois representa a quantidade de água absorvida pelo grão durante a maceração e seu valor deve ser de aproximadamente 40,00% (PORTO, 2011).

Tabela 4 - Grau de maceração da cevada BRS Cauê nos tempos de 14, 16 e 18 horas de maceração.

| Tempo de maceração (horas) | Grau de maceração (%) |
|----------------------------|---------------------------|
| 14 | 40,20 ± 0,42 ^b |
| 16 | 40,30 ± 0,16 ^b |
| 18 | 42,00 ± 0,14 ^a |

Resultados são expressos como média ± desvio padrão (n = 2). n = número de repetições.

Letras diferentes na mesma coluna representam resultados diferentes pelo teste de Tukey (p < 0,05)

Os valores do grau de maceração encontrados para os diferentes tempos de maceração variaram de 42,00% (18 minutos) a 40,20% (14 minutos) sem diferença significativa (p>0,05) para os tempos de 14 e 16 horas. O percentual do grau de maceração no tempo de 18 horas demonstra que durante a maceração, a cevada

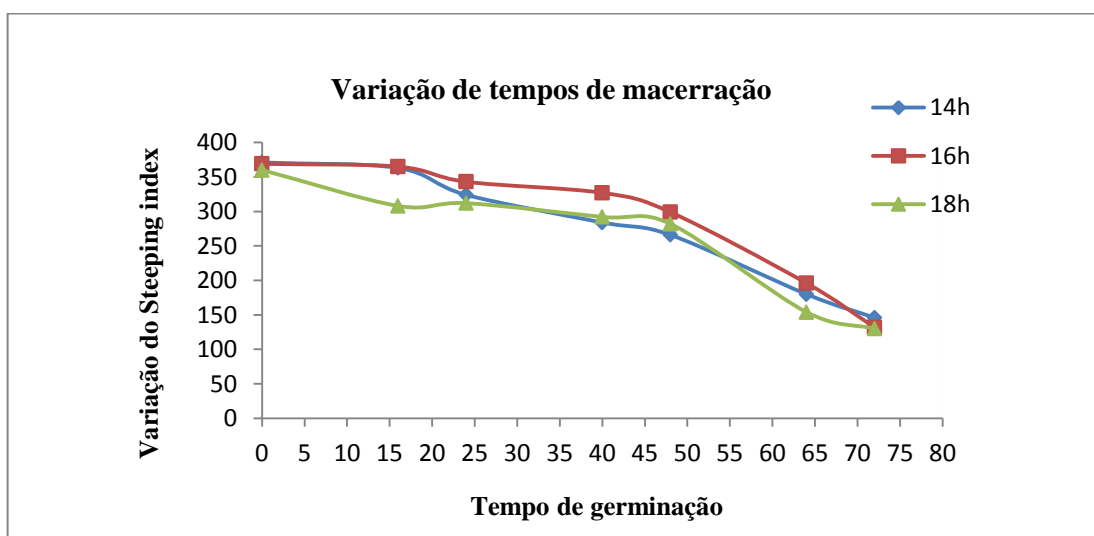
BRS Cauê sofreu maior hidratação. Santos, Santos e Silva, (2010) testaram métodos de maceração com umidade contínua (submerso em água) e descontínua, encontrando valores de grau de maceração semelhantes (41,20% - 42,40%) aos apresentados neste estudo.

A análise de *steeping index* tem papel fundamental de avaliar a umidificação do grão durante o processo de malteio, onde os valores encontrados devem reduzir com o tempo. Com a obtenção do *steeping index* foi definido como excelente hidratação os valores que somarem aproximadamente 100 pontos; e Hidratação fraca os valores que somarem próximos de 400 pontos (IFBM, 2014).

O Gráfico 1 apresenta os valores do *steeping index* para a cevada BRS Cauê. É possível verificar, que o melhor desempenho para o *steeping index* foi à maceração de 16 e 18 horas, como valor final de 132 e 130, indicando menor hidratação do grão, pois, seus valores estão próximo a 100 e facilitam a próxima etapa do processo, a secagem.

O comportamento observado é semelhante nos três tratamentos com diferentes tempos de maceração, porém, no tempo de 18 horas de maceração nota-se queda nos valores do *steeping index*, sendo estabilizada na sequência. Este fato é considerado uma característica importante, pois a umidificação deve ser mantida para fornecer condições de germinação para o grão, e ao final da germinação deve ocorrer à redução dos valores visando facilitar sua secagem (IFBM, 2014).

Gráfico 1: Variação do *steeping index* com a variação do tempo (horas) de maceração



Fonte: O Autor (2019)

Na curva que representa os valores de *Steeping index* no tempo de 14 horas de maceração, mostra um comportamento estável, com redução dos valores gradual, mantendo-se um comportamento na variação da hidratação do grão. Com isso, assume-se que o grão atingiu 100% de hidratação o qual ocorreu de forma crescente durante a germinação, sendo considerado o valor ótimo de hidratação segundo IFBM (2014).

Para a secagem do malte, se deu mediante aplicação de uma rampa de secagem empregando-se inicialmente baixas temperaturas (50 °C) por aproximadamente 16:00 horas, sendo posteriormente elevada à temperatura 10°C a cada 30 minutos , até atingir 80 °C, mantendo-se então esta temperatura até atingir 20:30 horas de secagem. Neste tempo a secagem é interrompida até apresentar temperatura ambiente. Esta rampa é necessária para que se consiga atingir valores baixos de umidade. A umidade dos grãos de malte, bem como a friabilidade e classificação do tamanho dos grãos são apresentados na Tabela 5.

Os resultados de umidade do malte proveniente da cevada BRS Cauê, não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tempos de 16 e 18 horas. Ferreira e Costa (2017) observaram valores de umidade na produção de malte de 4,00%, sendo este próximo aos encontrados no presente estudo

Tabela 5 - Percentual de umidade do malte elaborado a partir da cevada BRS Cauê nos tempos de 14, 16 e 18 horas de maceração.

| Tempo de maceração (h) | Umidade (%) | Friabilidade (%) | Tamanho dos grãos (>2,5 MM) (%) |
|-------------------------------|--------------------------|---------------------------|---|
| 14 | 3,80 ± 0,00 ^b | 67,25 ± 1,06 ^a | 96,50 ± 0,57 ^a |
| 16 | 4,20 ± 0,00 ^a | 68,65 ± 0,21 ^a | 96,70 ± 0,42 ^a |
| 18 | 4,35 ± 0,07 ^a | 71,20 ± 1,84 ^a | 95,30 ± 0,14 ^a |

Resultados são expressos como média ± desvio padrão (n = 2). n = número de repetições. Letras diferentes na mesma coluna representam resultados diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Em termos de conservação do malte estima-se que o menor percentual de umidade favoreça a conservação, bem como os aspectos originais do malte, uma vez que altos percentuais deste parâmetro possibilita o desenvolvimento de fungos e bolores que são indesejáveis no processo de armazenagem do grão (FERREIRA; COSTA, 2017). Neste sentido, espera-se que o malte proveniente da maceração por 14 horas apresente maior estabilidade por apresentar menor percentual de umidade ($p < 0,05$), quando comparado aos tempos de 16 e 18 horas de maceração.

A friabilidade é um dos principais parâmetros que compõe a qualidade do grão do malte, pois define a quantidade de grãos modificados no processo de malteação. Se o valor de friabilidade for baixo haverá dificuldade no processo de moagem do grão e conseqüentemente haverá diminuição do rendimento e menor liberação de extrato, dificultando também a filtração do mosto cervejeiro. Como o baixo valor de friabilidade dificulta a moagem do grão, quanto maior for os valores da friabilidade maior será a presença de grãos modificados, o que facilitará a degradação do amido disponível no grão de malte, por facilitar a ação enzimática (ROCHA, 2014).

Valores baixos de friabilidade (67,25% - 71,20%) para o malte da cevada BRS Cauê (Tabela 5), podem ser justificados pela possibilidade de uma forma inadequada de modificação do malte produzido. Sendo assim, a variação de tempo de maceração não afetou o resultado de friabilidade, indicando que a maceração não tem influência neste parâmetro. Lizarazo (2003) encontrou valores de 37,00% a 50,50% de friabilidade para as cultivares BR2 (PR) e CBB1 respectivamente, sendo estes valores menores que os encontrados no presente estudo, indicando baixa modificação da cevada durante o processo de malteação.

A porcentagem dos grãos de malte maiores que 2,5 mm foi maior que 95% ($p > 0,05$) nos diferentes tempos de maceração, indicando que esta etapa não teve interferência no tamanho dos grãos.

A Tabela 6 apresenta os resultados do malte obtidos a partir do mosto para os parâmetros de beta - glucanas, extrato do malte isento de água (I.A), poder diastásico, FAN, proteína e nitrogênio solúvel nos tempos de 14,16 e 18 horas de maceração.

O extrato de malte é um dos parâmetros de qualidade mais importante para o rendimento da cerveja, pois vai determinar o potencial de malte em fornece açúcares fermentescíveis alguns compostos nitrogenados durante a produção de cerveja (PORTO, 2011)

Os valores de extrato do malte no presente estudo apresentaram valores que variaram de 78,70 a 79,40% ($p < 0,05$) o que indica que a utilização deste malte pode haver uma redução de açúcares fermentescíveis disponíveis para a produção de cerveja, onde o recomendado é que seja superior a 80% (KUNZE, 2006). Brazil

(2015) encontrou valores de 80,00 a 82,00% para cevada BRS Cauê, sendo estes superiores aos encontrados no presente estudo.

Os valores de beta glucanas encontrados neste estudo (Tabela 6) indicam boa degradação da atividade enzimática das betas glucanas no processo de malteação para ambos os tempo de germinação, considerando que durante a germinação da cevada BRS Cauê ocorreu à degradação das paredes celulares do endosperma amiláceo pelas enzimas (1-3 e 1-4) beta glucanases, e com isto foi possível liberar o acesso de várias enzimas ao substrato dentro da célula, que devem promover conversão do amido em açúcares fermentescíveis (BELETI; DUARTE; GEORG-KRAEMER, 2012).

Beleti *et al.* (2012) em testes com cultivares de cevada nacional (N743 e N721) e importada (Scarlet e Sebastian) encontrou valores de da β -glucanase variados, com valores médios de 112 mg/L; 253 mg/L; 185 e 187mg/L respectivamente para N743; N721; Scarlet e Sebastian. Os resultados apontam que cada cultivar apresenta degradação da β -glucanase de forma distinta.

No presente estudo (Tabela 6), no tempo de 14 horas de maceração o valor de β -glucanase foi de 126,00 mg/L, diferindo estatisticamente ($p < 0,05$) dos demais tempos avaliados. Ao comparar as concentrações de B-glucanas deste estudo com os resultados de Beleti *et al.* (2012), verifica-se que os tempos de maceração 16 e 18 horas possuem valores aproximados com os apresentados pelos autores citados.

Brazil (2015) encontrou valores de 91,00 mg/L para o malte produzido com a cultivar BRS Cauê, testou ainda para a mesma cultivar de cevada, mas utilizando uma germinação mais curta encontrou valores de beta glucanas 320,00 mg/L, ou seja, a germinação é um processo de extrema importância no que se refere à concentração de beta glucanas no malte produzido.

Tabela 6 - Caracterização do mosto de malte derivado da cevada BRS Cauê, produzido considerando o planejamento apresentado no experimento 1.

| Tempo de maceração (h) | EM - I.A. (%) | BG (mg/L) | PD (WK) | FAN (mg/100g) | Proteína (%) | NS (mg/100g) |
|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 14 | 78,70 ± 0,14 ^b | 126,00 ± 1,41 ^b | 346,00 ± 12,02 ^a | 176,00 ± 1,41 ^a | 11,70 ± 0,14 ^a | 753,00 ± 2,12 ^a |
| 16 | 79,10 ± 0,00 ^{ab} | 189,00 ± 9,19 ^a | 354,00 ± 8,49 ^a | 176,00 ± 2,83 ^a | 12,00 ± 0,28 ^a | 714,00 ± 7,07 ^b |
| 18 | 79,40 ± 0,07 ^a | 165,00 ± 7,07 ^a | 302,00 ± 26,16 ^a | 179,00 ± 2,12 ^a | 12,10 ± 0,14 ^a | 747,00 ± 11,31 ^a |

EM-IA: Extrato do Malte Isento de Água; BG: Beta Glucanas; PD: Poder Diastásico; FAN: *free amino nitrogen*; NS: Nitrogênio Solúvel. Resultados são expressos como média ± desvio padrão (n = 2). n = número de repetições.

Letras diferentes na mesma coluna representam resultados diferentes pelo teste de Tukey (p < 0,05).

O processo de germinação é responsável pela degradação das paredes celulares do endosperma amiláceo pelas enzimas (1-3, 1-4) - glucanases, permitindo assim o acesso de algumas enzimas aos seus substratos dentro das células que devem converter o amido em açúcares fermentáveis, principalmente maltose e glicose. A degradação ineficiente das paredes celulares vai dificultar a difusão das enzimas de germinação e elevar os valores de beta glucanas. Isso pode levar também, a um aumento na viscosidade do mosto e da cerveja, aumentando os problemas de filtração e clarificação da cerveja (MONTANUCI, 2014).

Para melhorar os níveis de beta glucanas no malte é importante trabalhar nos parâmetros de malteio, como deixar mais tempo a cevada germinando, utilizar temperaturas mais elevadas, melhorar a umidificação dos grãos na germinação (TOFFOLI *et al.*, 2003).

O Poder diastásico de acordo com Pinto (2013) é definido como a ativação das enzimas produzidas pelo processo de malteação responsáveis por disponibilizar açúcares redutores, importantes no processo cervejeiro. Esta informação revela que, altos valores de poder diastásico são importantes no processo de obtenção do malte.

No presente estudo (Tabela 6) não foram observadas diferenças estatísticas ($p > 0,05$) entre os testes que avaliaram o tempo de maceração com relação ao parâmetro de poder diastásico. No entanto, pode-se considerar que os testes apresentaram valores adequados de poder diastásico, uma vez que os valores observados foram de 346, 354 e 302 WK, ou seja, pode-se considerar que o malte teve uma ótima ativação enzimática. Brazil (2015) encontrou menores valores para esta variável (268 a 304 WK) para a mesma cultivar cevada BRS Cauê. Valores baixos nesta análise podem indicar dificuldades na etapa de brasagem da cervejaria e valores muito elevados podem influenciar o grau de fermentação (ZSCHOERPER, 2009). O valor padrão para esta análise é ≥ 220 WK (unidade Windisch-Kohlbach) (ASBC, 1958).

O FAN segundo Kunze, (2006) representa a parcela nitrogenada de baixo peso molecular, onde ficam disponíveis os aminoácidos do mosto que serão assimilados pelas leveduras durante a fermentação da cerveja e que permite a multiplicação das mesmas.

Os valores de FAN do malte derivado da cevada BRS Cauê (Tabela 6) não diferiram estatisticamente ($p>0,05$) entre os tempos de macerações testados, podendo ser considerados bons resultados para este parâmetro conforme descrito por Zschoerper, (2009), pois os bons resultados são os que apresentam concentração superior a 160 mg/100g.

Valores de FAN superiores aos encontrados neste estudo foram relatados por Borowisk, (2012) para a cultivar BRS Brau (188,00 mg/L) e Toniazzo, (2014) para a cultivar BRS Cauê (184,60 mg/100g), ou seja, apresentaram bons resultados de FAN e seus estudos com valores superiores a 160mg/L.

Os valores de proteína do malte não apresentaram diferença significativa a um nível de 5% de significância, o que era esperado porque independente da metodologia utilizada para a malteação o parâmetro proteína não sofre alterações. Valores de proteínas no malte próximos (11,92%) aos apresentados neste estudo foram observados por Toniazzo, (2014) para a mesma cultivar.

A concentração de nitrogênio solúvel para o tempo de maceração de 16 horas diferiu estatisticamente ($p<0,05$) dos demais tempos testados. Normalmente no malte de cevada existem cerca de 0,55 a 0,75% de nitrogênio solúvel ou se expresso este valor em mg/100g, representando cerca de 550 a 750 mg/100g (KUNZE, 2006), correspondendo aos valores encontrados no presente estudo. Valores superiores a 750 mg/100g podem ocasionar problemas de estabilidade coloidal na cerveja e um baixo rendimento na fabricação, e valores baixos também podem ser um problema, pois acarretam problema de fermentação em função da falta de nutrição da levedura (ZSCHOERPER, 2009). Toniazzo (2014), encontrou valores médios de Nitrogênio Solúvel superior (831,39 mg/100g) aos encontrados no presente estudo para a cultivar BRS Cauê. Para outras cultivares de cevada malteada, o mesmo autor encontrou concentrações que variaram de 750 mg/100g a 831 mg/100g, sendo estes, também superiores às apresentadas neste estudo para o malteada cevada BRS Cauê.

O nitrogênio solúvel tende a reagir de forma proporcional ao valor da proteína, ou seja, quanto maior o teor de proteína maior será o valor do nitrogênio (KUNZE, 2006). No entanto, o valor de nitrogênio solúvel também pode ser afetado durante a malteação, como foi verificado no estudo.

5.2 RESULTADOS OBTIDOS NO EXPERIMENTO 2

5.2.1 Qualidade das Cevadas BRS Cauê e Andrea utilizadas no Experimento 2

As cevadas das cultivares BRS Cauê e Andrea foram selecionadas para a realização deste estudo por serem consideradas ideais para uma cevada cervejeira.

A portaria n° 691 de 22 de novembro de 1996 estabelece que uma cevada é considerada padrão cervejeiro quando apresentar as seguintes características: umidade máxima de 13%, energia germinativa de no mínimo 95%, proteína em torno de 12%, pureza varietal de 95%, parâmetros estes, que determinam a qualidade de cevada cervejeira. A Tabela 7 apresenta os resultados físicos e físico-químicos das cevadas BRS Cauê e Andrea.

Tabela 7 - Caracterização física e físico-química das cevadas BRS Cauê e Andrea

| Parâmetros | Cevadas | |
|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | BRS Cauê | Andrea |
| Físico-químicos (%) | | |
| Umidade Da Cevada | 10,00 ± 0,10 ^b | 11,90 ± 0,17 ^a |
| Proteína Da Cevada | 12,20 ± 0,59 ^a | 11,90 ± 0,28 ^a |
| Nitrogênio Total | 1,83 ± 0,04 ^a | 1,82 ± 0,09 ^a |
| Físicos | BRS Cauê | Andrea |
| Tamanho de grão (%>2,5 mm) | 84,20 ± 1,33 ^b | 93,60 ± 0,93 ^a |
| Energia Germinativa* | 96,30 ± 0,58 ^a | 97,70 ± 2,08 ^a |

*(Método BRF 72h). Resultados são expressos como média ± desvio padrão (n = 3). n = número de repetições. Letras diferentes na mesma linha representam diferença estatística (p<0,05) pelo teste t.

Após aplicação do teste t para comparar a qualidade entre as duas variedades de cevadas, observou-se que as variáveis, umidade e tamanho dos grãos apresentaram diferença significativa (p<0,05) entre seus valores médios.

Os parâmetros umidade de e percentual proteico para as variedades BRS Cauê e Andrea encontram-se de acordo com o recomendado para padrão cervejeiro (BRASIL, 1996). Gouvêa e Maia (2014) obtiveram valores médios de 11,76% de proteína para BRS Cauê, e 10,16% para a cevada Elis, valores estes próximos aos encontrados no presente estudos para as variedades BRS Cauê e Andrea.

Gouvêa e Maia (2014) ao avaliarem nitrogênio em diferentes variedades de cevada encontraram valores de 2,04% para BRS Cauê; 1,96% para BRS Brau e 1,74% para a variedade Elis, valores estes semelhantes aos apresentados neste estudo para a BRS Cauê e Andrea. O valor apresentado (1,83% e 1,82%) de nitrogênio total, também se enquadra dentro dos padrões estabelecidos pela portaria nº 691 de 22 de novembro de 1996.

Outro parâmetro importante que determina a qualidade da cevada cervejeira é a classificação obtida através da peneiração para especificar o tamanho dos grãos. Tal classificação é de extrema importância para as cervejarias, pois quanto maior o grão mais extrato estará disponibilizando para se transformar em cerveja, devido o amido disponível (STOETZER, 2013).

No presente estudo esta classificação para a cevada BRS Cauê foi de 84,20%, e 93,60% para a cevada Andrea, sendo superiores aos percentuais apresentados por Minella *et al.* (2009) em cevada BRS Cauê (80,0%); Minella (2016) na cevada BRS Cauê (81,5% a 88,2%) e Pereira, (2016) que avaliou a cevada da variedade *Pewter* (88,3%).

Das variedades estudadas, a cevada Andrea apresentou maior percentual ($p < 0,05$), assim como Lizarazo (2003) que encontrou diferentes percentuais em outras cultivares de cevadas como a BR-2 (78,1%) e Harrington (97,0%). Neste sentido, as variações observadas na classificação do tamanho dos grãos de cevada de uma mesma cultivar ou de cultivar diferentes podem estar relacionadas, a variações climáticas, e também ao tipo de solo onde ocorreu o plantio, bem como as diferentes safras (SZEUCZUK, 2017).

O valor de energia germinativa não mostrou diferença significativa ($p > 0,05$) entre as cevadas testadas, no entanto, os valores observados para a cevada BRS Cauê (96,3%), e para a cevada Andrea (97,7%) representam bom poder de germinação. Gouvêa e Maia (2014) observaram valores de 95,25% para a cevada BRS Cauê, ainda Pereira (2016) obteve valor de 98% para a cevada *Pewter*, estando todos estes valores conforme o preconizado pela Portaria nº 691/1996 para uma cevada cervejeira.

5.2.2 Caracterização do malte obtido das cevadas BRS Cauê E Andrea produzidas no Experimento 2

Para caracterização do malte foram avaliados os parâmetros de Friabilidade, Extrato de Moagem Fina Isenta de Água, *Free Amino Nitrogen* (FAN), Poder Diastásico e Beta glucanas. Os valores obtidos para a cevada BRS Cauê são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Caracterização do malte obtido da cevada BRS Cauê

| Tratamento | Tempo (h) | QA (%) [*] | FR (%) | EMF- I.A. ¹ (%) | FAN I.A. ¹ (mg/100g) | Proteína (%) | PD (WK) | BG (mg/L) |
|------------|-----------|---------------------|--------|----------------------------|---------------------------------|--------------|---------|-----------|
| 1 | 96 | 48 | 73,70 | 82,00 | 228 | 11,50 | 345 | 64 |
| 2 | 96 | 40 | 59,30 | 82,30 | 173 | 11,70 | 328 | 258 |
| 3 | 48 | 40 | 45,70 | 78,70 | 147 | 11,20 | 268 | 328 |
| 4 | 48 | 48 | 62,40 | 81,70 | 164 | 11,00 | 297 | 264 |
| 5 | 72 | 44 | 69,00 | 82,40 | 193 | 11,30 | 347 | 139 |
| 6 | 72 | 44 | 68,30 | 82,00 | 193 | 11,20 | 341 | 137 |
| 7 | 72 | 44 | 69,80 | 82,10 | 192 | 11,50 | 328 | 124 |

*A quantidade de água foi aplicada no tempo 0h, 8h e 24h. QA: Quantidade de Água; FR: Friabilidade; EMF: Extrato de Moagem Fina; FAN: *Free Amino Nitrogen*; PD: Poder Diastásico; BG: Beta Glucanas.

1 - I.A: Isento de água.

Para o parâmetro de friabilidade é desejado que se obtenha valores altos, uma vez que quanto maiores forem estes valores mais facilmente ocorrerá à degradação do amido disponível no grão de malte, por facilitar a ação enzimática (ROCHA, 2014). Considerando os resultados obtidos (45,7% - 73,7%) para a variedade BRS Cauê espera-se que haja uma certa dificuldade no processo de produção de cerveja, como na moagem, na liberação de extrato e filtração. Para este parâmetro é desejado que se obtenha valores altos, uma vez que quanto maior forem estes valores mais facilmente ocorrerá à degradação do amido disponível no grão de malte, por facilitar a ação enzimática (ROCHA, 2014).

No entanto, valores inferiores (37,0% a 50,5%) de friabilidade foram relatados por Lizarazo (2003) para as cultivares BR2 (PR) e CBB1 respectivamente, indicando baixa modificação da cevada durante o processo de malteação.

O resultado de extrato de moagem fina isenta de água variaram de 78,70% a 82,40%, autores como Brazil (2015) encontrou valores de 80,00% a 82,00% para cevada BRS Cauê, valores estes semelhantes aos encontrados no presente estudo. Estes valores indicam a porcentagem de açúcares fermentescíveis disponíveis para a transformação em álcool e dióxido de carbono (CO₂), na produção de cerveja (SLEIMAN, 2002).

Com relação ao FAN as concentrações variaram de 164 a 228 mg/100g e podem ser considerados adequadas, pois apresentam concentração superior a 160 mg/100g. Estes valores representam uma parcela de componentes nitrogenados de baixo peso molecular, disponibilizando os aminoácidos do mosto, que serão posteriormente assimilados pelas leveduras durante a fermentação da cerveja permitindo a multiplicação das mesmas (KUNZE, 2006; ZSCHOERPER, 2009).

O conteúdo de proteína pode impactar diretamente na produção cervejeira, principalmente em parâmetros como a estabilidade da espuma (PORTO, 2011). Os resultados de proteína neste estudo variam de 11,00% a 11,70% estando dentro do esperado para uma cerveja pilsen, pois, de acordo com Tschope (1999), o valor de proteína para malte pilsen pode variar entre 10,00 a 12,00%.

Os valores do Poder diastásico variaram de 268 a 347 WK sendo semelhante (268 a 304 WK) aos valores relatados por Brazil (2015) para a mesma cultivar cevada BRS Cauê. De acordo com Pinto (2013), o poder diastásico é definido como a ativação das enzimas produzidas pelo processo de malteação responsáveis por disponibilizar açúcares redutores, importantes no processo cervejeiro indicando que quanto maior o valor mais enzimas α e β -amilase estarão disponíveis para a conversão de açúcares complexos em açúcares simples durante a mostura da cerveja.

A concentração de Beta glucanas variou de 64 a 328 mg/L, em que os menores valores foram percebidos no tratamento 1 que utilizou o tempo de 96 horas e 48% de água Industrialmente, quanto menor for a concentração de beta glucanas no malte, menor o uso de enzimas na brasagem, para facilitar o processo de filtração, pois valores elevados de beta glucanas no malte podem interferir no processo de filtração do mosto cervejeiro (PINTO, 2013).

Em outros estudos, como de Brazil (2015) foram relatados valores de 91 mg/L para o malte produzido com a cultivar BRS Cauê, sendo este intermediário aos

valores observados neste estudo. Contudo, a germinação é um processo de extrema importância no que se refere à concentração de beta glucanas no malte produzido, pois, trata-se da etapa onde devem ocorrer as degradações das betas glucanas e estas não são desejáveis na cerveja uma vez que constituem estruturas complexas de elevado peso molecular, que tem característica de pouca solubilidade em água, por este fato são responsáveis por elevam à viscosidade do mosto, e dificultar a filtração, e desta forma a redução de beta glucanas é importante para conseguir um mosto com baixa viscosidade (EBC, 1998; WANG e ZHANG, 2010).

Os dados obtidos na caracterização do malte produzido a partir da cevada BRS Cauê, foram submetidos à análise multivariada a fim de analisar os efeitos das interações entre tempo e temperatura nas variáveis respostas. Para isso, analisou-se primeiramente a análise de variância (ANOVA) destes parâmetros, bem como os efeitos das interações destes fatores e então gerou-se gráficos que representam a superfície de resposta com intuito de analisar as melhores respostas dentro do delineamento experimental executado. Os resultados da ANOVA e os efeitos dos fatores tempo e temperatura são apresentados na Tabela 9.

Na análise dos dados, observou-se que alguns valores de efeito foram negativos para a interação entre os fatores tempo e quantidade de água. Estes valores negativos indicam que a interação entre o tempo e a quantidade de água não foram favoráveis para as variáveis respostas, isso ocorreu com a friabilidade, extrato de moagem fina, poder diastásico e beta glucanas. Embora com valor negativo, estes efeitos por possuírem valores pequenos não são considerados significativos.

Para a variável resposta em FAN os fatores tempo e quantidade de água foram significativos ($p < 0,05$), com exceção da interação entre os fatores (tempo e quantidade de água). Para os outros parâmetros analisados não houve diferença significativa.

De acordo com a ANOVA os modelos das respostas apresentaram coeficiente de determinação (R^2) que variaram de 0,6788 a 0,9088. De acordo com Box e Drapper (1987) valores de R^2 maiores que 0,6000 são considerados aceitáveis para organismos com sistemas biológicos. Ainda conforme Pimentel (1990) podem ser considerados baixos, quando inferiores a 10%, médios, quando entre 10 e 20% e altos de 20 a 30% desta forma podemos afirmar que os dados experimentais obtidos

se ajustam de modo adequado ao modelo de regressão adotado e que este poderá ser empregado para prever, com segurança, as tendências da resposta nas condições experimentais em estudo.

Tabela 9 - Valor p e efeito para o malte de cevada BRS Cauê

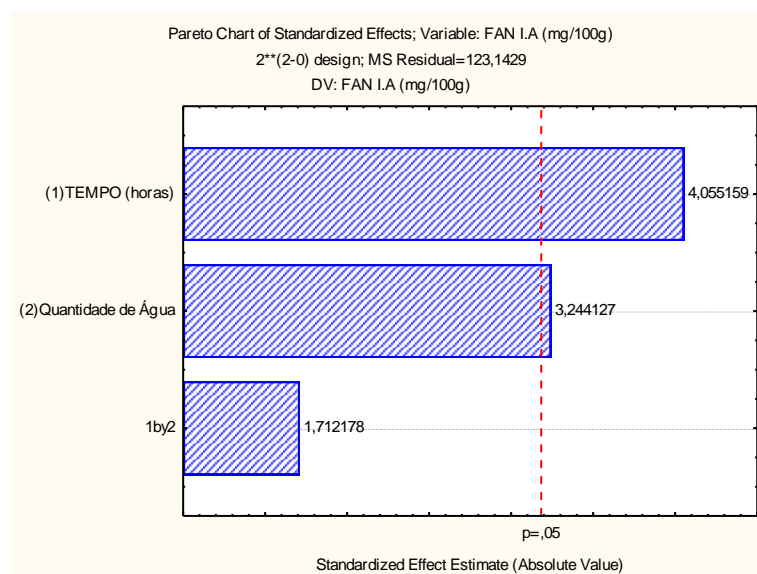
| p-valor | | | | | | |
|----------------------|---------------|----------------|----------------|---------------------|---------------|---------------|
| Fatores | p-valor FR | p-valor EMF | p-valor FAN | p-valor Proteína | p-valor PD | p-valor BG |
| Tempo (h) | 0,1579 | 0,0849 | 0,0270 | 0,0282 | 0,1045 | 0,1585 |
| QA (%) | 0,1013 | 0,1773 | 0,0477 | 0,2088 | 0,3987 | 0,1722 |
| T x QA | 0,8737 | 0,1211 | 0,1854 | 1,0000 | 0,8145 | 0,4346 |
| R² | 0,7501 | 0,8249 | 0,9088 | 0,8602 | 0,6788 | 0,7140 |
| Efeitos | | | | | | |
| Fatores | Efeito FR | Efeito EMF | Efeito FAN | Efeito Proteína | Efeito PD | Efeito BG |
| Tempo (h) | 12,450 | 1,950 | 45,000 | 3,988 | 54,000 | -135,000 |
| QA (%) | 15,550 | 1,350 | 36,000 | -1,595 | 23,000 | -129,000 |
| T x QA | -1,150 | -1,650 | 19,000 | 0,000 | -6,000 | -65,000 |

QA: Quantidade de Água; (T x QA): Interação tempo x Quantidade de água; FR: Friabilidade; EMF: Extrato de Moagem Fina; FAN: *Free Amino Nitrogen*; PD: Poder Diastásico; BG: Beta Glucanas. I.A – Isento de água

Para o *free amino nitrogen* (FAN) os valores da análise de variância tiveram diferença significativa para um nível de 95% para os parâmetros tempos e QA, mas quando avaliado a interação entre eles não houve diferença ($p > 0,05$), o que se pode verificar no gráfico de pareto (Gráfico 2). Para esta variável, o tempo de germinação teve maior influência na obtenção dos resultados de FAN.

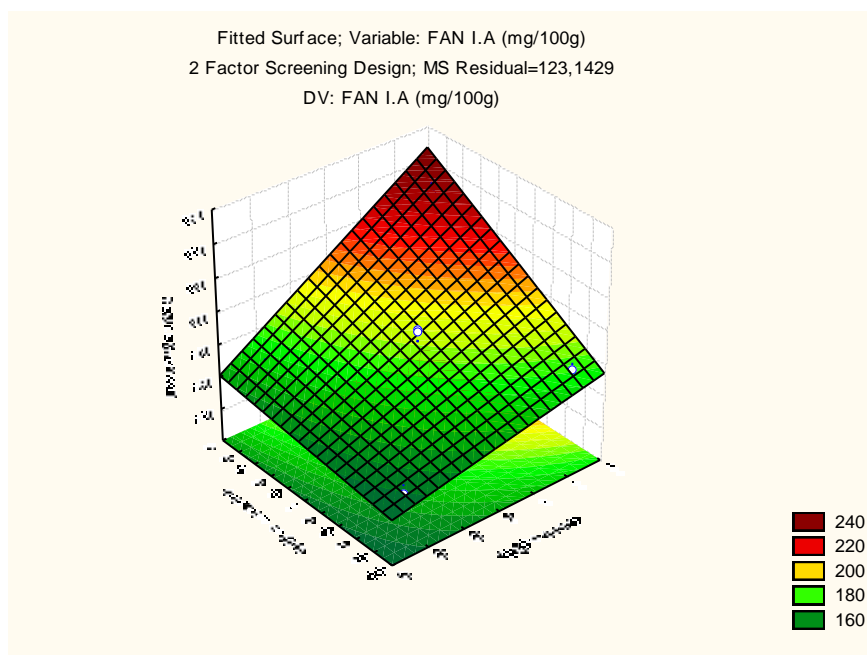
Desta forma, evidencia-se pela na análise de variância correspondente, que a variável tempo de germinação e quantidade de água afetaram significativamente os resultados deste parâmetro. Por outro lado, o a variável resposta FAN obteve o valor de R² igual a 0,9088, que indica uma excelente relação dos dados com o modelo de regressão definido pela análise de variância.

Gráfico 2 – Pareto para a variável FAN para a cultivar de cevada BRS Cauê



Fonte O Autor (2020)

Gráfico 3 – Superfície de resposta para a variável FAN para a cultivar de cevada BRS Cauê



Equação matemática que define o Modelo:

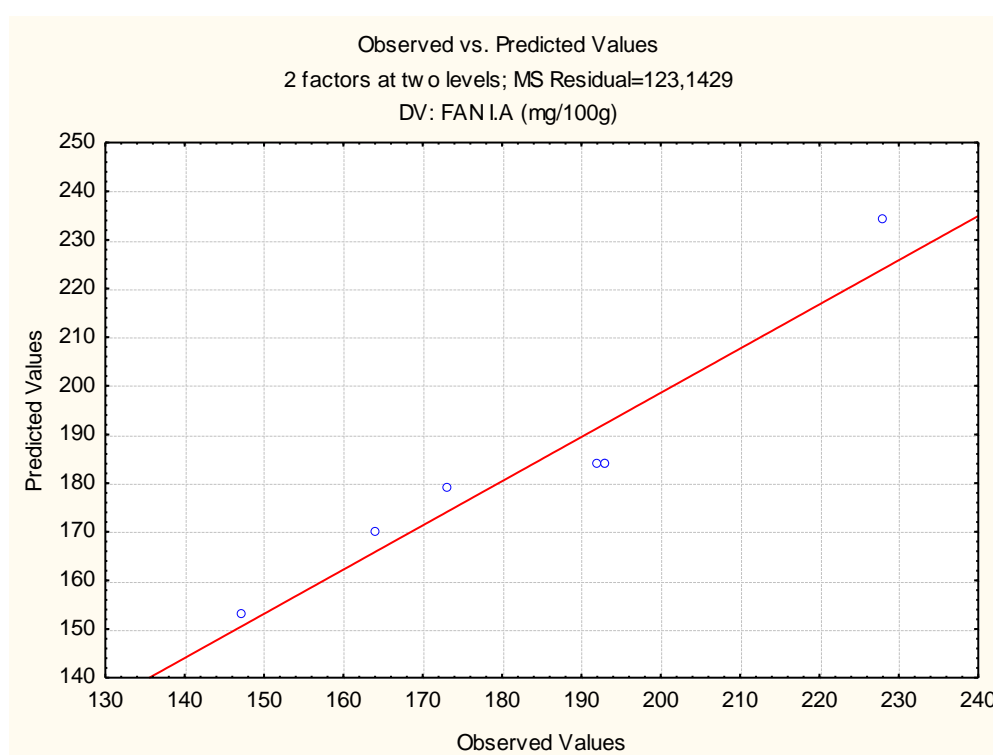
$$z=232,28571428571-3,4166666666667*x-2,625*y+,098958333333333*x*y+0$$

Fonte: O Autor (2020)

Assim, observa-se pela superfície de resposta (Gráfico 3) que os melhores valores para FAN seriam obtidos com aumento do tempo e redução da quantidade de água no processo de germinação.

A fim de comprovar e validar o modelo matemático que representa a variável resposta FAN, além do valor de R^2 (0,9088) gerou-se o Gráfico 4 que mostra a linearidade dos dados em relação ao modelo. No Gráfico 4 os pontos em azul representam os dados experimentais e a linha vermelha representa a equação do modelo matemático, ou seja, quanto mais próximo os resultados experimentais estiverem da linha vermelha mais predito é o modelo. Desta forma, pode-se dizer que os resultados de FAN se ajustaram ao modelo utilizado.

Gráfico 4 – Linearidade dos valores experimentais com as predições para a variável FAN da Variedade BRS Cauê

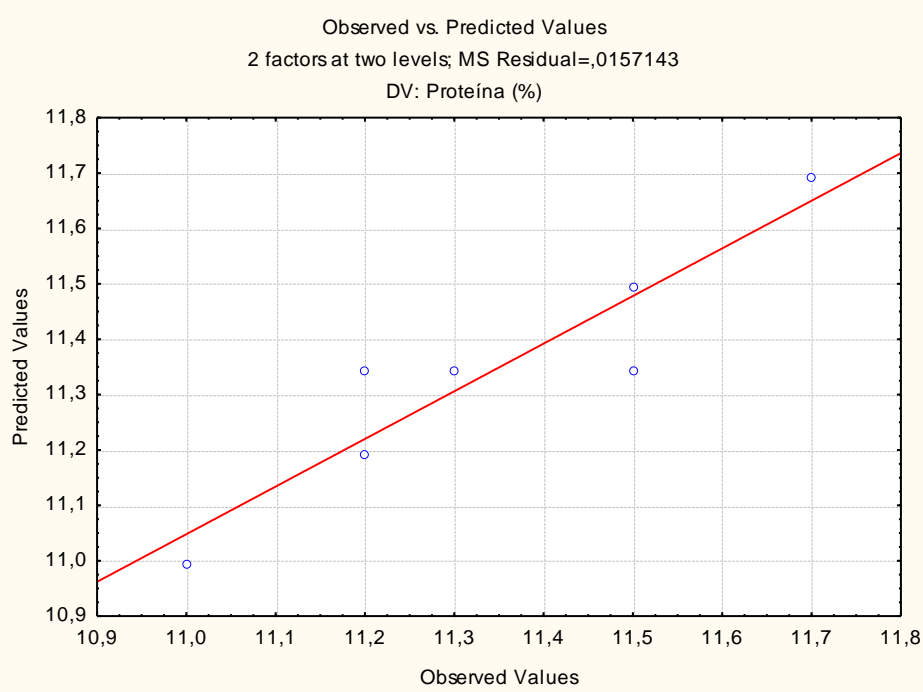


Fonte O Autor (2020)

Para a variável resposta Proteína observou-se, também, uma boa relação dos dados com o modelo de regressão definido pela análise de variância (R^2 0,8602). Pela análise de variância foi possível constatar que o fator tempo apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) para a variável proteína e quantidade de água não afetou significativamente ($p < 0,05$) esta variável resposta. Este fato também pode ser observado no gráfico de pareto (Gráfico 5), assim como, o tempo foi o fator que mais influenciou o resultado obtido.

A fim de verificar a linearidade dos dados em relação ao modelo matemático, , gerou-se o Gráfico 7. Neste gráfico os pontos em azul representam os dados experimentais e a linha vermelha a equação do modelo matemático que representa a variável proteína. Neste sentido, quanto mais próximo os resultados experimentais estiverem da linha vermelha mais predito é o modelo e neste caso, observa-se que os resultados não apresentaram uma boa linearidade o que foi refletido no valor de R^2 0,8602.

Gráfico 7 – Linearidade dos valores experimentais com as predições para o a variável Proteína da Variedade BRS Cauê



Fonte: O Autor (2020)

5.2.3 Avaliação dos Resultados de Superfície de Resposta para Cevada Andrea

O malte produzido a partir da cevada Andrea, cevada de origem argentina que é importada visando para suprir a demanda das indústrias cervejeiras brasileiras, foi avaliada considerando os principais parâmetros de caracterização estabelecidos pela legislação brasileira (BRASIL, 1996) e seus resultados são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Resultados da caracterização do malte produzido a partir da cevada Andrea

| Tratamento | Tempo (h) | QA (%) [*] | FR (%) | EMF- I.A ¹ (%) | FAN I.A ¹ (mg/100g) | Proteína (%) | PD (WK) | BG (mg/L) |
|------------|-----------|---------------------|--------|---------------------------|--------------------------------|--------------|---------|-----------|
| 1 | 96 | 48 | 83,00 | 82,90 | 227 | 12,00 | 319 | 51 |
| 2 | 96 | 40 | 72,50 | 83,30 | 183 | 11,00 | 283 | 220 |
| 3 | 48 | 40 | 64,20 | 80,10 | 154 | 11,10 | 278 | 308 |
| 4 | 48 | 48 | 71,40 | 81,40 | 178 | 11,10 | 291 | 197 |
| 5 | 72 | 44 | 79,20 | 83,20 | 206 | 10,90 | 294 | 75 |
| 6 | 72 | 44 | 79,00 | 83,10 | 210 | 11,10 | 289 | 84 |
| 7 | 72 | 44 | 78,50 | 82,90 | 208 | 10,90 | 297 | 79 |

*A quantidade de água foi aplicada no tempo 0h, 8h e 24h. QA: Quantidade de Água; FR: Friabilidade; EMF: Extrato de Moagem Fina; FAN: *Free Amino Nitrogen*; PD: Poder Diastásico; BG: Beta Glucanas.

1 - I.A: Isento de água.

I

Dos parâmetros avaliados, a friabilidade que representa a quantidade de grãos modificados no processo de malteação variou de 64,2 a 83,0%. Com base nos resultados obtidos, verificou-se que o maior tempo e a maior quantidade de água aplicada ao processo de germinação resultaram em maiores percentuais de friabilidade. Maiores percentuais de friabilidade representa melhor aproveitamento do malte no processo de produção cervejeira, pois de acordo com Rocha (2014) quanto maiores forem estes valores, mais facilmente ocorrerá à degradação do amido disponível no grão de malte, por facilitar a ação enzimática. No entanto, valores superiores (90 a 94%) para este parâmetro foram relatados por Pereira (2016) para a cevada da cultivar *Pewter*.

O extrato de moagem representa o teor de açúcares fermentescíveis no mosto. Uma germinação mais curta e com menor crescimento do grão pode originar um maior teor de extrato no malte fina, ou seja, maior quantidade de açúcares fermentescíveis. Neste sentido, uma germinação elevada pode fazer com que o grão comece a consumir as suas reservas (amido) e com isto poderá desencadear a uma redução do extrato fina disponível (PEREIRA, 2016).

Os resultados obtidos de extrato de moagem fina (80,10 a 83,30%) são considerados bons, pois indicam boa quantidade de açúcares fermentescíveis disponíveis presentes no malte para a produção de cerveja. Valores semelhantes de extrato de moagem fina (81,4 a 82,6%) foram encontrados por Pereira, (2016) para a cultivar *Pewter*.

O FAN corresponde ao teor de aminoácidos e peptídeos do malte. Elevados teores de FAN contribuem para uma cor mais escura, devido a reações de *Maillard*. Além disso, os valores de FAN precisam ser elevados o suficiente para assegurar que a fermentação não seja limitada. No mosto, seu nível é influenciado pela percentagem de germinação, isto é, quanto maior a percentagem de germinação, maior é o valor de FAN (PEREIRA, 2016).

A concentração de FAN (154 a 227 mg/100g) também indicam valores desejáveis, pois, de acordo com Zschoerper (2009), apresentam concentração superior a 160 mg/100g. Este parâmetro representa a parcela de componentes nitrogenados de baixo peso molecular que disponibiliza aminoácidos ao mosto. Estes aminoácidos serão, então, assimilados pelas leveduras durante a fermentação da cerveja permitindo a multiplicação das mesmas. Pereira, (2016) avaliou o parâmetro proteolítico FAN para a cultivar *Pewter* e encontrou valores que variaram de 157 a 206 mg/100g.

Os valores de proteína encontrados para o malte produzido pela cevada Andrea foram de 10,90% a 12,00%, resultados estes dentro do padrão esperado para o malte pilsen, cujos valores devem variar de 10,00% a 12,00% (TSCHOPE, 1999). Lizarazo (2003) avaliou malte de algumas cultivares de cevada do sul do Brasil e encontrou valores que variam entre 10,40% para a cultivar Embrapa 127, até 12,20% para variedade BR-2.

O Poder diastásico é um parâmetro de qualidade de malte que avalia a degradação amilolítica da β -amilase sendo este, um parâmetro bastante sensível à temperatura. Assim, a temperatura de secagem do malte poderá ter grande influência nesta variável resposta (PEREIRA, 2016), daí a importância de se controlar essa temperatura. No presente estudo os valores de poder diastásico variaram de 278 a 319 WK, com o menor valor no tratamento 3, onde se utilizou menor tempo e menor quantidade de água na fase de germinação. De acordo com Pinto (2013) o poder diastásico é responsável pela ativação das enzimas produzidas pelo processo de malteação responsáveis por disponibilizar açúcares redutores, importantes no processo cervejeiro.

A concentração de Beta glucanas no malte produzido a partir da cevada Andrea variou de 51 a 308 mg/L. Pinto (2013) relata que valores reduzidos de β -glucanas no malte evitam a adição de enzimas na etapa de brasagem pela indústria

cervejeira, pois valores elevados de beta glucanas pode interferir no processo de filtração do mosto cervejeiro. Neste estudo, observou-se que os menores valores de beta glucanas foram obtidos nos tratamentos com maior tempo e com maior quantidade de água.

Beleti et al. (2012) em testes com malte das cultivares de cevada *Scarlet* e *Sebastian* encontrou valores de da β -glucanase variados, com valores médios de 185 e 187 mg/L respectivamente. Os resultados apontam que cada cultivar apresenta degradação da β -glucanase de forma distinta. Pereira, (2016) obteve valores de beta glucanas de 66 a 139 mg/L para o malte da cultivar *Pewter*, sendo estes intermediários aos valores observados neste estudo.

A análise de variância (ANOVA) para as respostas friabilidade, extrato de moagem fina, FAN, poder diastásico e beta glucanas para o malte da cevada Andrea são apresentados na Tabela 11. Os valores de R^2 variaram de 0,7372 a 0,9678, indicando uma boa relação dos dados com o modelo de regressão definido pela análise de variância. De acordo com a ANOVA o modelo das respostas apresentou coeficiente de determinação (R^2) acima de 0,7372 a 0,9678, os quais podem ser considerados aceitáveis para sistemas biológicos (BOX e DRAPPER, 1987) podendo ser empregado para prever, com segurança, as tendências da resposta nas condições experimentais em estudo.

Para as variáveis respostas friabilidade, extrato de moagem fina, FAN e beta glucanas, o tempo, a quantidade de água e a interação entre eles não foi significativa ($p > 0,05$). Por outro lado, para o Poder diastásico, o tempo e a quantidade de água, bem como a interação entre estes dois fatores foram significativos ($p < 0,05$).

Para verificação da ação dos fatores tempo, quantidade de água e a interação entre estes interferiu nas variáveis respostas friabilidade, extrato de moagem fina, FAN, poder diastásico e beta glucanas gráficos de pareto e superfície de repostas foram gerados.

O poder diastásico foi a variável resposta que apresentou o melhor valor de R^2 (0,9678) indicando uma boa relação dos dados com o modelo de regressão definido pela análise de variância. E ainda foi o único parâmetro de qualidade do malte de cevada Andrea que apresentou diferença significativa ($p < 0,05$), os demais não divergiram estatisticamente ($p < 0,05$).

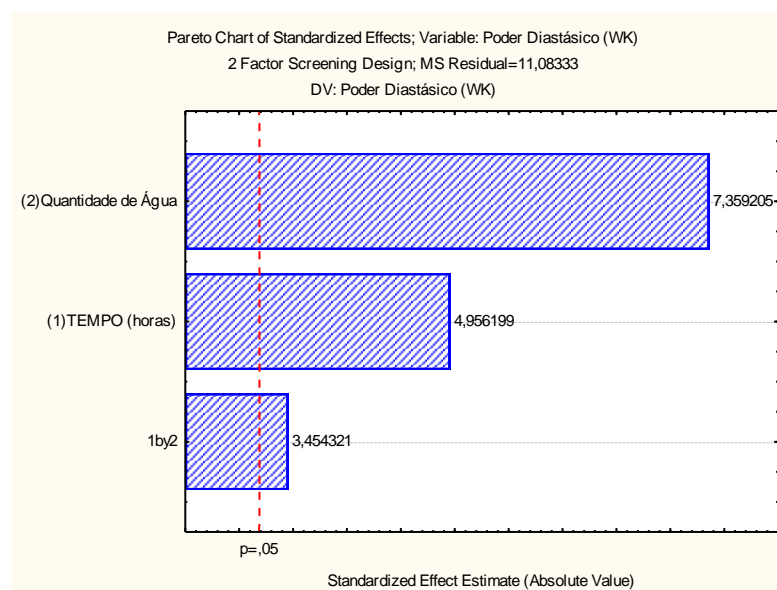
Tabela 11 - Valor p e efeito para o malte produzido a partir da cevada Andrea

| Fatores | p-valor | | | | | |
|----------------|---------------|----------------|----------------|---------------------|---------------|---------------|
| | p-valor FR | p-valor EMF | p-valor FAN | p-valor Proteína | p-valor PD | p-valor BG |
| Tempo (h) | 0,1206 | 0,0741 | 0,1067 | 0,2337 | 0,0158 | 0,2702 |
| QA (%) | 0,1517 | 0,6414 | 0,1407 | 0,1601 | 0,0052 | 0,2050 |
| T x QA | 0,7432 | 0,4016 | 0,5995 | 0,1601 | 0,0408 | 0,7602 |
| R ² | 0,7372 | 0,7387 | 0,7602 | 0,7524 | 0,9678 | 0,6018 |
| Fatores | Efeitos | | | | | |
| | Efeito FR | Efeito EMF | Efeito FAN | Efeito Proteína | Efeito PD | Efeito BG |
| Tempo (h) | 9,965 | 2,3500 | 39,000 | 1,4868 | 16,500 | 9,965 |
| QA (%) | 8,865 | 0,4500 | 34,000 | 1,8585 | 24,500 | 8,865 |
| T x QA | 1,665 | -0,8500 | 10,000 | 1,8585 | 11,500 | 1,665 |

QA: Quantidade de Água; (T x QA): Interação tempo x Quantidade de água; FR: Friabilidade; EMF: Extrato de Moagem Fina; FAN: *Free Amino Nitrogen*; PD: Poder Diastásico; BG: Beta Glucanas. I.A – Isento de água

Observa-se no gráfico de pareto (Gráfico 8) que o tempo e quantidade de água afetaram significativamente ($p < 0,05$) a variável resposta poder diastásico a um nível de 95% de confiança, sendo que a quantidade de água foi o fator que afetou o resultado

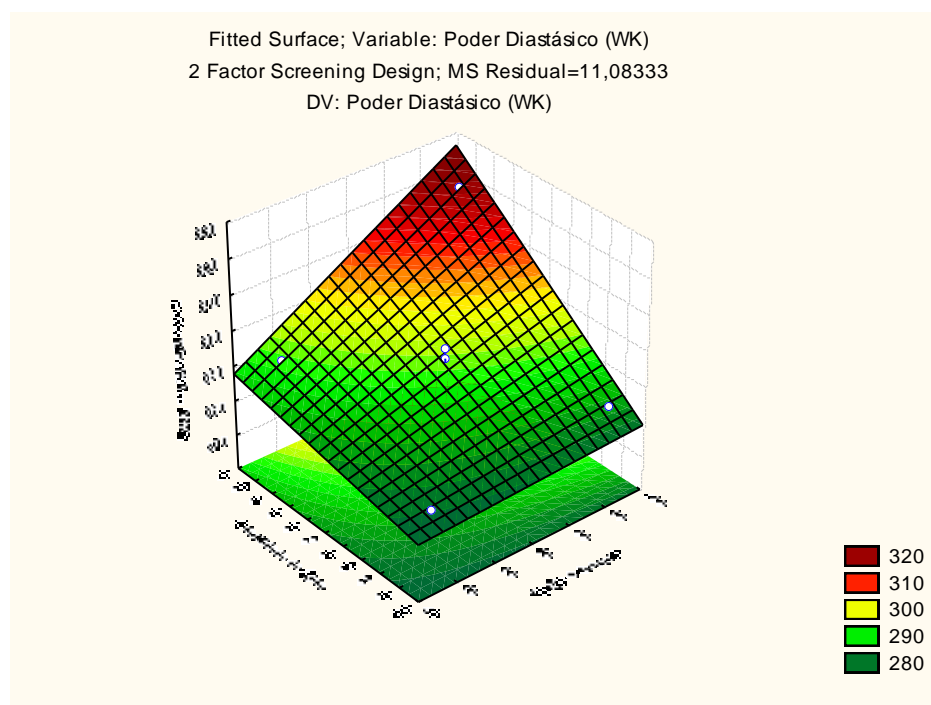
Gráfico 8 – Pareto da variável poder diastásico do malte produzido a partir da cevada Andrea



Fonte: O Autor (2020)

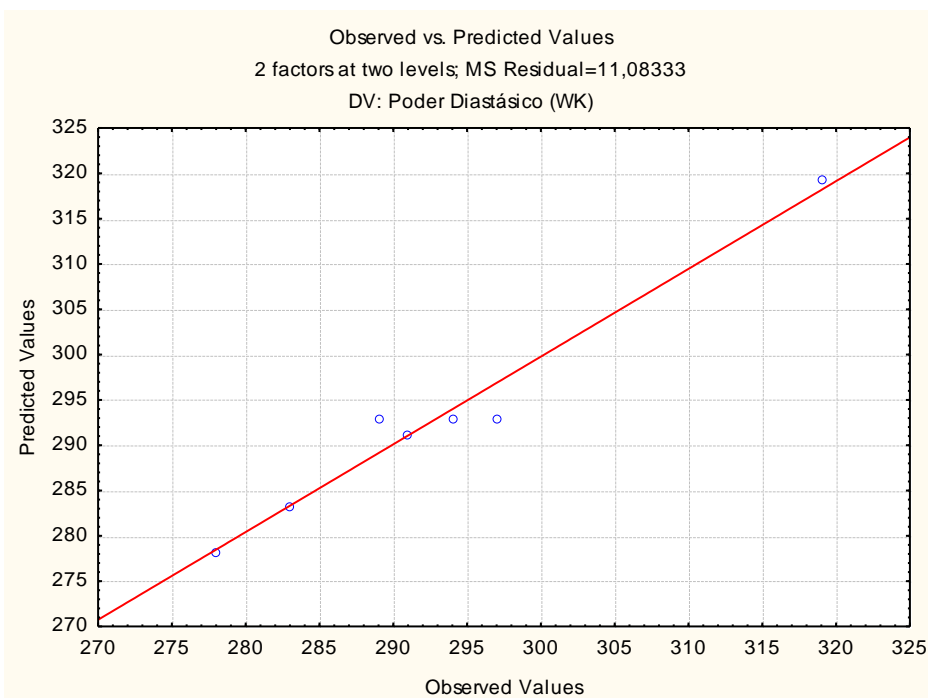
O gráfico de superfície de resposta (Gráfico 9) indica que, melhores resultados seriam obtidos com o aumento do tempo de germinação e com a redução da quantidade de água.

Gráfico 9 – Superfície de resposta da variável poder diastásico do malte produzido a partir da cevada
Andrea



A linearidade dos dados frente a equação que define o modelo matemático, pode ser observada no Gráfico10. Os pontos em azul no gráfico representam os dados experimentais e a linha vermelha representa a equação do meu modelo matemático, isso indica que quanto mais próximo os resultados experimentais estiverem da linha vermelho mais predito é o modelo. E neste caso pode-se dizer que os resultados da variável resposta de poder diastásico se ajustaram ao modelo utilizado.

Gráfico 10 – Linearidade dos valores experimentais com as predições para a variável Poder Diastásico para o malte produzido a partir da cevada Andrea



Fonte: O Autor (2020)

5.2.4 Resultados da Comparação Entre os Maltes das Cevadas BRS Cauê e Andrea

Para comparar a qualidade do malte produzido a partir das cavadas BRS Cauê e Andrea utilizaram-se os resultados referentes ao ponto central (Tratamentos 5, 6, 7) do delineamento fatorial 2^2 (Tabela 2) que mostrou diferença significativa ($p < 0,05$) para todas as variáveis respostas (Tabela 12).

Apesar de apresentar diferença significativa em todos os parâmetros avaliados (friabilidade, extrato, FAN, poder diastásico e beta glucanas), os resultados indicam boa qualidade dos maltes obtidos a partir das cevadas BRS Cauê e Andrea.

No entanto, os valores de friabilidade, podem indicar certa dificuldade na produção de cerveja na etapa de moagem, liberação de extrato e filtração, pois, de acordo com Rocha (2014) o desejado é que a friabilidade apresente valores a 80%, pois quanto maiores os valores mais facilmente o amido será degradado e facilitará a ação enzimática.

Tabela 12 - Comparação entre os maltes de cevada BRS Cauê e Andrea, média dos valores do ponto central.

| Parâmetros | Malte BRS Cauê | Malte Andrea |
|-------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Extrato Moagem Fina C.R. (%) | 82,20 ± 0,21 ^b | 83,10 ± 0,15 ^a |
| FAN I.A (mg/100g) | 192,70 ± 0,58 ^b | 208,00 ± 2,00 ^a |
| Poder Diastásico (WK) | 338,70 ± 9,71 ^a | 293,30 ± 4,04 ^b |
| Friabilidade do Malte (%) | 69,00 ± 0,75 ^b | 78,90 ± 0,36 ^a |
| B-Glucanas (mg/L) | 133,30 ± 8,14 ^b | 79,33 ± 4,51 ^a |

Os valores foram expressos em Média ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha representam diferença estatística ($p < 0,05$) pelo teste t.

O extrato de moagem fina apresentou bons valores para ambos os maltes, uma vez altos percentuais desse parâmetro indica altas quantidades de açúcares fermentescíveis disponíveis para a transformação em álcool e dióxido de carbono (CO₂), na produção de cerveja (SLEIMAN, 2002).

A concentração de FAN também pode ser considerada adequada para ambos os maltes pois apresentam concentração superior a 160 mg/100g, cuja importância está no fato de disponibilizar aminoácidos que serão assimilados com as leveduras no processo de fermentação da cerveja (KUNZE, 2006; ZSCHOERPER, 2009).

O poder diastásico para ambos os maltes, também apresentaram bons resultados. Altos valores de poder diastásico representam boa ativação das enzimas produzidas no processo de malteação, responsáveis por disponibilizar açúcares redutores que são responsáveis pela conversão de açúcares complexos em açúcares simples durante a mostura da cerveja (PINTO, 2013).

A quantidade de beta glucanas foram reduzidos tanto para o malte produzido pela cevada BRS Cauê quanto para o malte produzido pela cevada Andrea e isto implica positivamente no processo cervejeiro pois não haverá problema no processo de filtração (PINTO, 2013).

Na comparação dos maltes produzidos, pode-se inferir que a cevada que teve melhor comportamento foi a Andrea, pois, os valores apresentados para os parâmetros friabilidade extrato, FAN e beta glucanas foram mais bem degradados e transformados no processo de malteação do que para a cevada BRS Cauê, onde apenas o valor de Poder diastásico apresentou melhor valor. Ainda, pode-se destacar que embora ambas as cevadas tenham características de cevada

cervejeira, cada cultivar apresenta comportamento diferenciado, devido as suas características fisiológicas.

6 CONCLUSÃO

A variação dos tempos de maceração não compromete a qualidade do malte obtido. A maceração no tempo de 18 horas resultou na redução nos valores de *steeping index* de forma mais rápida. A menor umidade do malte foi observada em 14 horas de maceração e a degradação de beta glucanas mostrou-se melhor nas macerações 16 e 18 horas.

Os fatores tempo e da quantidade de água na etapa de germinação, podem interferir nos resultados de qualidade dos maltes. Embora as cevadas BRS Cauê e Andrea se enquadrem como padrão cervejeiro pela Portaria nº 691 do MAPA, apresentaram resultados distintos para os maltes produzidos.

Os resultados de qualidade do malte produzidos neste estudo foram satisfatórios, no entanto, verificou-se que tempos maiores na etapa de germinação e menor de quantidade de água poderiam refletir e malte de melhor qualidade.

7 REFERENCIAS

AMERICAN SOCIETY OF BREWING CHEMISTS - ASBC. **Methods of analysis of the American Society of Brewing Chemists**. 6 ed. Madison: American Society of Brewing Chemists, 1958.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023: informação e documentação: referências: elaboração**. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724: informação e documentação: Trabalhos acadêmicos - apresentação**. Rio de Janeiro, 2011.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento**. Portaria nº 691, de 22 de novembro de 1996. Disponível em: <
http://www.codapar.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/cevadaindus691_96.pdf. Acesso em 24 ago. 2019.

BRAZIL, C. **Aplicação de β -glucanase em Malte Produzido a Partir Das Cultivares de Cevada BRS Cauê e Elis**. 2015. Dissertação (Mestrado em

Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina – PR, p.74. 2015.

BELETI, M. A.; DUARTE, F.; GEORG-KRAEMER, J. E. **A temperatura no desenvolvimento da atividade das enzimas (1-3, 1-4)- b-glucanases e degradação de b-glucanas durante a malteação.** Ciência Rural, Santa Maria – SC, v. 42, n 3, 467-473, março, 2012.

BIAZUS, J. P. M.; SOUZA, R. R.; CURVELO-SANTANA, J. C.; TAMBOURGI, E. B. **Otimização da Secagem do Malte de Zea mays.** Food Science and Technology, Campinas, v.26, n.4, p.53-59, dezembro, 2006.

BOX, G. E. P.; DRAPPER, N. R. **Empirical model-building and response surfaces.** New York: J.Wiley, p. 669. 1987

BOROWSKI, D. Z. **Efeito do genótipo, ambiente e suas interações em características agrônômicas e de qualidade em cevada cervejeira no sul do Brasil.** 2012. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo. p.106, 2012.

BRENNAN C. S., CLEARY, L. J. The potential use of cereal (1/3, 1/4)- β -D-glucans as functional food ingredients. **Journal of Cereal Science**, v. 42, n. 1, p. 13, 2005.

CHARLA, G. S. A. **Cebada Cervejera.** Gearo. Buenos Aires. 2015. Disponível em: http://www.gear-sa.com.ar/comunicacion_ampliada/?id=5. Acesso em: 23 jan. 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 2012. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do139_4.htm. Acesso em: 25 abr. 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 2012. A Cevada no Mundo, Passo Fundo- RS. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do139_3.htm. Acesso em: 11 abr. de 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 2008. **Soluções Tecnológicas.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/229/cevada---brs-elis>. Acesso em: 08 mar. 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 2009. **Soluções Tecnológicas.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/trigo/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/226/cevada---brs-brau>. Acesso em: 08 mar. 2020.

EUROPEAN BREWERY CONVENTION. Analítica EBC. Zurich: Brauerei - und Getränke-Rundschau, ed. 5, 1998.

FERREIRA, F. F.; COSTA, V. L. L. **Armazenamento de malte em sistema hermético e convencional.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Londrina, p.40. 2017.

FRITZ, J. **Mitteleuropäische Brautechnische Analysenkommission: - MEBAK** Raw Materials. 1 ed. Freising-Weihenstephan, 2011.

GOUVÊA, L. F. C.; MAIA, G. D. **Avaliação do Poder Germinativo e Teor de Proteína Para Semente de Cevada Brasileira Com Vistas ao Processo de Malteação**. Blucher Chemical Engineering Proceeding, Vassouras – RJ, v.1, n. 1, dezembro, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. 2019. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epaq_2019_dez.pdf. Acesso em 13 mai. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em 10 mar. 2020.

IFBM. **The Reference in the Barley to the beer – Tecnologia de Malteação**, cap 8, 2014.

KLEIN, C. B. **Eficiência Nutricional de Nitrogênio, Aminoácidos, na Planta e Proteína de Grão de Genótipos de Cevada**. 2019. (Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo. p.69, 2019.

KUNTZ, R.J.; BAMFORTH, C.W. **Time course for the development of enzymes in barley**. Journal Institute of Brewing, v.113, n.2, p.196-205 maio, 2007.

KUNZE, W. **Tecnología para Cerveceros y Malteros**. 1 ed. Berlin: Versuchs-und Lehranstalt für Brauerei Berlin, 2006, 1075 p.

LIZARAZO, D. X.C. **Parâmetros físicos químicos, germinativos e microestruturais de qualidade em cultivares brasileiros de cevada cervejeira**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, p. 71. 2003.

McCLEARY, B.V.; SHAMEER, I. **Assay of malte – glucanase using azo - barley glucan: an improved precipitant**. Journal Institute of Brewing, v.93, n.2, p.87-90, abril, 1987.

MINELLA, E. **Sistemas de Produção-Indicações Técnicas Para Produção de Cevada Cervejeira nas Safras 2017 e 2018**. ISSN 1806-664X. Embrapa Trigo. Passo Fundo- RS, 2017.

MINELLA, E.; COSTAMILLAN, L. M. ; EICHELBERGER, L.; MANSUR SCAGLIUSI, S.M. **BRS Aurine: Nova Opção De Cevada Cervejeira Para A Região Sul Do País**. Embrapa, Passo fundo – RS, 2016.

MINELLA, E.; LUNARDI, L.; KURTZ, P. O. Cevada BRS Cauê. **Tipo Agrônomo, Alto Potencial de Rendimento e Qualidade de Malte**. Embrapa. Passo Fundo – RS, 2009.

MINELLA, E.; MORI, C. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da cevada**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Passo Fundo – RS, 2012.

MONTANUCI, F. D. **Avaliação Do Efeito Das Variáveis De Processo Na Produção De Malte De Cevada E Na Produção De Bebidas Tipo Chá**. 2014. (Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, p. 129. 2014.

O'BRIEN, R.; FOWKES, N.; BASSOM, A. P. **Models for gibberellic acid transport and enzyme production and transport in the aleurone layer of barley**. Journal of Theoretical Biology. Austrália, v.10, n.1, p.15-21, novembro, 2010.

PEREIRA, M. O. **Otimização Energética de Maltagem a Menor Temperatura de Estufagem**. 2016. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Porto, Portugal. p. 102. 2016.

PIMENTEL G, F. **Curso de Estatística Experimental**. 13 ed. Piracicaba: ESALQ, 1990. 468p.

PINTO, A. R. M. **Avaliação do processo de secagem do fabrico de malte: caso se estudo da Sociedade Central de Bebidas AS**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar – Processamento de Alimentos) – Universidade Tecnológica de Lisboa, Lisboa. p. 81. 2013.

PORTO, P. D. **Tecnologia de Fabricação de Malte: Uma Revisão**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p. 58. 2011.

ROCHA, R. F. R. M. **Monitorização De Parâmetros Físico-Químicos Do Grão De Cevada/Malte Ao Longo Do Processo De Maltagem**. 2014. Dissertação (Mestrado em Química) – Departamento de Química e bioquímica- Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Porto, Portugal. 2014.

SANTOS, I. J. COUTO, S. M.; ANDRADE, E. T. **Cinética de Secagem em Camada Fina do Malte Verde de Cevada**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais. Campina Grande, v.3, n.1, p. 53-59, dezembro, 2001.

SANTOS, I. J.; SANTOS, Y. L.; SILVA, P. H. A. **Curvas de Dois Processos de Hidratação da Cevada**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais. Campina Grande, v.12, n.1, p.1-8, maio, 2010.

SLEIMAN, M. **Produção De Cerveja Com Extrato De Malte Nas Formas De Xarope E Pó: Análise Físico-Química, Sensorial E Energética**. 2002. Dissertação. (Faculdade de Ciências Agrônômica) Universidade Estadual Paulista – UNESP. Botucatu, São Paulo. p. 110. 2002.

STOETZER, A. **Afídeos Vetores De Vírus Em Trigo E Cevada Em Guarapuava – PR: Monitoramento, Manejo De Inseticidas E Análise Econômica Associada Ao**

Controle Químico. 2013. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Agronomia) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, p. 98. 2013.

SZEUCZUK, K. **Substância Húmica Associada às doses de Formulado NPK na Cultura da Cevada.** 2017. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Agronomia) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, p.48. 2017.

TOFFOLI, F. et al. **Effects of pulses of higher temperature on the development of enzyme activity during malting.** Journal Institute of Brewing, v.109, p.337-341, dezembro, 2003.

TONIAZZO, C. **Micromaltação e Marcadores Moleculares Como Suporte ao Melhoramento de Cevada Cervejeira.** 2014. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, p.112. 2014.

TROMMER, M. W. **Avaliação do ciclo de vida no processo de produção da cerveja.** 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste. p.76. 2014.

TSCHOPE, E. C.; NOHEL, F. **A maltação da cevada.** Vassouras: Senai – RJ, 1999.

WANG, J. & ZHANG, G. **Genetics and Improvement of Barley Malt Qualit - Beta-glucans and Arabinoxylans.** Berlin: Springer, 2010.

ZSCHOERPER, O. P. **Apostila curso cervejeiro e malteador** – ambev. Porto Alegre – RS, 2009.