

DJANIRA PAULA SOARES DE SOUZA SILVA

**Radícula de malte na alimentação de equinos**

Pirassununga

2022

DJANIRA PAULA SOARES DE SOUZA SILVA

Radícula de malte na alimentação de equinos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

**Departamento:**

Nutrição e Produção Animal (VNP)

**Área de concentração:**

Nutrição e Produção Animal

**Orientador:**

Prof. Dr. Alexandre Augusto de Oliveira Gobesso

Pirassununga

2022

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

## DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virgínie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T. 4284  
FMVZ

Silva, Djanira Paula Soares de Souza  
Radícula de malte na alimentação de equinos / Djanira Paula Soares de Souza Silva. – 2022.  
78 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Nutrição e Produção Animal, Pirassununga, 2023.

Programa de Pós-Graduação: Nutrição e Produção Animal.

Área de concentração: Nutrição e Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Augusto de Oliveira Gobesso.

1. Digestibilidade. 2. Coproduto. 3. Trigo. 4. Alternativo. 5. Nutrição I. Título.



## CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "AVALIAÇÃO DO USO DE RADÍCULA DE MALTE NA DIETA DE EQUINOS", protocolada sob o CEUA nº 6195090920 (ID 008484), sob a responsabilidade de **Alexandre Augusto de Oliveira Gobesso e equipe; Djanira Paula Soares de Souza Silva** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **APROVADA** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia Universidade de São Paulo (CEUA/FMVZ) na reunião de 26/10/2020.

We certify that the proposal "EVALUATION OF THE USE OF MALT ROOTS IN THE EQUINE DIET", utilizing 8 Equines (8 males), protocol number CEUA 6195090920 (ID 008484), under the responsibility of **Alexandre Augusto de Oliveira Gobesso and team; Djanira Paula Soares de Souza Silva** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **APPROVED** by the Ethic Committee on Animal Use of the School of Veterinary Medicine and Animal Science (University of São Paulo) (CEUA/FMVZ) in the meeting of 10/26/2020.

Finalidade da Proposta: **Pesquisa**

Vigência da Proposta: de 10/2020 a 02/2021 Área: **Nutrição E Produção Animal**

Origem: **Animais provenientes de outros projetos**

Espécie: **Equídeos**

sexo: **Machos**

idade: **10 a 10 anos**

Quantidade: **8**

Linhagem: **Mini Horse**

Peso: **120 a 160 kg**

São Paulo, 19 de dezembro de 2022

Prof. Dr. Marcelo Bahia Labruna

Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia  
Universidade de São Paulo

Profa. Dra. Camilla Mota Mendes

Vice-Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia  
Universidade de São Paulo



## FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: SILVA, Djanira Paula Soares de Souza

Título: Radícula de Malte na alimentação de equinos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

### Banca Examinadora

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_ Julgamento: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_ Julgamento: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_ Julgamento: \_\_\_\_\_

*Dedico este trabalho à minha família e todos que me apoiaram ao longo deste caminho.*

## **Agradecimentos**

Agradeço à Deus, por ter me dado paciência e discernimento para realizar esse sonho.

Agradeço ao meu orientador Alexandre Augusto de Oliveira Gobesso por todos os ensinamentos, com o senhor compreendi a individualidade e a essência de um cavalo.

Agradeço aos meus companheiros de pós-graduação Raphaella, Raquel, Júlia, Monique, Filipe, Alisson, Ângelo, Gabriela, André, Henrique e Lígia por todo apoio e ajuda em todas as fases do projeto, mas principalmente no dia a dia.

Agradeço aos estagiários e alunos de iniciação científica que foram essenciais para o desenvolvimento do projeto, em especial Talita, Alessandro, Júlia, Ellen, M<sup>a</sup> Fernanda, Anna, Isabella, Sara, Milena, Luana, Mariana e Renata.

Agradeço a Renata e Gilson, por toda paciência e ensinamentos na fase de avaliação bromatológica.

Agradeço ao Roberlei, Fernando, e aos funcionários da prefeitura do campus, por toda disponibilidade e ajuda.

Agradeço a todos os excelentes professores que me ofereceram experiências únicas em suas aulas.

Agradeço a Cooperativa Agrária, por ter financiado o projeto e a bolsa de estudos, obrigada por pela oportunidade.

Agradeço a Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ-USP), ao Departamento de Nutrição e Produção Animal (VNP), sobretudo ao Laboratório de Pesquisa em Saúde Digestiva e Desempenho de Equinos (LBEQUI).

Aos pôneis utilizados no projeto, Dunga, Dengoso, Feliz, Zangado, Acthim, Branco, Soneca e Mestre, agradeço a paciência e oportunidade de aprender tanto com vocês.

Agradeço a minha família e amigos por todo o incentivo e força, essa história não existiria sem a participação de todos. Obrigada por me ajudarem a tornar meu sonho realidade.

*“Nada é por acaso.”*

*Ana C. Boscoli*



## Resumo

SILVA, D. P. S. S. **Radícula de malte na alimentação de equinos**. 2022. 78 FOLHAS. Dissertação (Mestrado em ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2022.

A indústria de rações para animais está constantemente em busca de novos ingredientes que possam substituir total ou parcialmente insumos. Neste contexto, muitos coprodutos da indústria de alimentos veem sendo testados. Assim, a radícula de malte um coproduto da indústria de malte, obtida por meio da remoção mecânica das raízes da cevada maltada, chama atenção quanto a sua composição bromatológica. Algumas pesquisas apontam o potencial de utilização da radícula de malte como um possível ingrediente em rações para bovinos, e na forma de suplemento para suínos e aves. Quanto a aplicação com outras espécies, não há estudos que assegurem seu uso, mesmo assim, existem muitas fórmulas já comercializadas utilizando a radícula de malte como eventual substituto. Com isso, avaliamos a composição bromatológica da radícula de malte e observamos uma forte semelhança a composição nutricional do farelo de trigo, ingrediente amplamente utilizado na indústria alimentícia animal e humana, o que torna esse ingrediente oneroso. Tendo em vista estes fatores e pôr a radícula de malte apresenta requisitos que se adequam perfeitamente a um ingrediente. Desta forma, este estudo teve como objetivo de avaliar as implicações da substituição do farelo de trigo por radícula de malte na alimentação de equídeos, analisando aspectos comportamentais, nutricionais e de saúde digestiva. O projeto foi realizado no Laboratório de Saúde Digestiva e Desempenho de Equinos (LabEqui) USP/FMVZ. Foram utilizados oito pôneis, machos, castrados, da raça Mini-Horse, com peso corporal médio de  $132,61 \pm 14,82$  kg e idade média de  $9,59 \pm 0,17$  anos. A dieta foi calculada de acordo com a exigência nutricional diária para animais em manutenção de 1,75% do PC em matéria seca, dívida em duas refeições, com água e sal ad libitum. O delineamento experimental utilizado foi o quadrado latino duplo  $4 \times 4$ , sendo o animal a unidade experimental dentro de cada período. Os pôneis foram divididos em quatro grupos, RB – dieta controle com cerca de 70% de farelo de trigo R1- substituição de 33% do farelo de trigo por radícula de malte, R2 - substituição de 66% do farelo de trigo por radícula de malte, R3- substituição de 100% do farelo de trigo por radícula de malte. Por meio de avaliações comportamentais, sanguíneas, aspectos fecais e digestibilidade aparente total. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%, através do PROC MIXED do Statistical Analyses System (SAS, versão 9.0). Os resultados encontrados comprovam a utilização da radícula de malte como um possível substituto do farelo de trigo, podendo substituir até 100%, sem provocar mudanças em nenhum dos parâmetros avaliados.

Palavras-Chave: Digestibilidade. Coproduto. Trigo. Alternativo. Nutrição.

## Abstract

SILVA, D. P. S. S. **Malt radicle in equine feed.** 2022. 78 FOLHAS. Dissertação (Mestrado em ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2022.

The animal feed industry is constantly looking for new ingredients that can completely or partially replace inputs. In this context, many co-products of the food industry are being tested. Thus, the malt radicle a co-product of the malt industry, obtained by mechanical removal of the roots of malted barley, draws attention to its bromatological composition. Some research points to the potential use of malt radicle as a possible ingredient in cattle feed, and in supplement form for pigs and poultry. As for the application with other species, there are no studies to ensure its use, even so, there are many formulas already marketed using the malt radicle as a possible substitute. Thus, we evaluated the bromatological composition of the malt radicle and observed a strong similarity to the nutritional composition of wheat bran, an ingredient widely used in the animal and human food industry, which makes this ingredient costly. In view of these factors and putting the malt radicle has requirements that perfectly fit an ingredient. Thus, this study aimed to evaluate the implications of replacing wheat bran by malt radicle in the feeding of horses, analyzing behavioral, nutritional and digestive health aspects. The project was carried out at the Equine Digestive Health and Performance Laboratory (LabEqui) USP/FMVZ. Eight male, castrated, Mini-Horse ponies were used, with average body weight of  $132,61 \pm 14,82$  kg and average age of  $9.59 + 0.17$  years. The diet was calculated according to the daily nutritional requirement for animals in maintenance of 1.75% of BW in dry matter, debt in two meals, with water and salt ad libitum. The experimental design used was the Latin square double  $4 \times 4$ , and the animal the experimental unit within each period. The ponies were divided into four groups, RB- control diet with about 70% of wheat bran R1- substitution of 33% of wheat bran by malt radicle, R2 - substitution of 66% of wheat bran by malt radicle, R3- substitution of 100% of wheat bran by malt radicle. Through behavioral, blood, fecal aspects and total apparent digestibility. The data were submitted to analysis of variance and the means compared by the Tukey test, at the significance level of 5%, through the PROC MIXED of the Statistical Analyses System (SAS, version 9.0). The results prove the use of malt radicle as a possible substitute for wheat bran, and can replace up to 100%, without causing changes in any of the parameters evaluated.

Keywords: Digestibility. Co-product. Wheat. Alternative. Nutrition.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> (1) Embrião, (2) Acrospira rudimentar, (3) Radícula rudimentar, (4) Escutelo, (5) Epitélio, (6) Endosperma, (7) Células vazias, (8) Camada de aleurona, (9) Testa, (10) Pericarpo e Cascas (11).....	20
<b>Figura 2:</b> Gráfico do grau de maceração. ....	24
<b>Figura 3:</b> Foto do pavilhão de baias individuais utilizadas nos períodos do experimento.....	48
<b>Figura 4:</b> Pôneis utilizados no experimento Avaliação da radícula de malte na alimentação de equinos. ....	48
<b>Figura 5:</b> Fluxograma de atividades em cada período experimental (quadrado latino).....	49
<b>Figura 6:</b> Fluxograma das fases do experimento. *CTF, coleta total de fezes; *Wash out, intervalo entre períodos de coleta de dados. ....	50
<b>Figura 7:</b> Imagens correspondentes as instalações durante as diferentes fases do período experimental. A) Piquete comunitário. B) Baia individual com cama de maravalha durante a fase de adaptação. C) Piquete comunitário utilizado 1h por dia para interação social. ....	53
<b>Figura 8:</b> Imagens do procedimento de coleta de amostras de sangue para posterior coleta de sobrenadante. A) Coleta de sangue por pulsão da veia jugular, com canhão e tubo Vacutainer. B) Tubos com sangue coletado e centrífuga ao fundo. C) Coleta de sobrenadante com pipetador. D) Armazenamento de sobrenadante em eppendorf. E) amostras prontas para envio ao laboratório de análises. ....	54
<b>Figura 9:</b> Amostras de sílabas fecais em fundo branco para a avaliação do escore de fezes, onde foram avaliadas cor e consistência. A) Fezes recém excretadas. B) Sílabas íntegras. C) Sílabas mal formadas.....	57
<b>Figura 10:</b> Fluxograma da avaliação de consumo de água.....	59
<b>Figura 11:</b> Avaliação do índice de estabilidade de estabilidade de péletes. A) Peneira com péletes antes da submissão ao equipamento. B) Durabilímetro. C) Péletes íntegros. ....	60

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Composição bromatológica da radícula de malte. ....	32
<b>Tabela 2:</b> Aminoácidos encontrados na radícula de malte. ....	35
<b>Tabela 3:</b> Minerais encontrados na radícula de malte. ....	37
<b>Tabela 4:</b> Fórmulas das rações utilizadas no experimento. ....	51
<b>Tabela 5:</b> Composição bromatológica das rações utilizadas no experimento. .	52
<b>Tabela 6:</b> Etograma utilizado para definição do comportamento dos animais.	58
<b>Tabela 7:</b> Porcentagem dos índices de durabilidade dos péletes das rações com diferentes níveis de substituição de farelo de trigo por radícula de malte.	61
<b>Tabela 8:</b> Tempo dedicado (%) para cada comportamento pré-definido por pôneis recebendo dieta submetidos a rações com diferentes níveis de substituição de farelo de trigo por radícula de malte. ....	62
<b>Tabela 9:</b> Tempo dedicado (%) para cada comportamento pré-definido por pôneis recebendo dieta submetidos a rações com diferentes níveis de substituição de farelo de trigo por radícula de malte, soltos em grupo durante 1 hora. ....	63
<b>Tabela 10:</b> Consumo de água diário (Médias + Erro Padrão) de pôneis recebendo dieta submetidos a rações com diferentes níveis de substituição de farelo de trigo por radícula de malte. ....	63
<b>Tabela 11:</b> Peso e escore de condição corporal (ECC) (Médias ± Erro Padrão) de pôneis submetidos a rações com diferentes níveis de substituição de farelo de trigo por radícula de malte. ....	63
<b>Tabela 12:</b> Valores de pH (Médias ± Erro Padrão) de pôneis recebendo dieta submetidos a rações com diferentes níveis de substituição de farelo de trigo por radícula de malte. ....	64
<b>Tabela 13:</b> Concentração molar de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e lactato (Médias ± Erro) de pôneis recebendo dieta submetidos a rações com diferentes níveis de substituição de farelo de trigo por radícula de malte. ....	65
<b>Tabela 14:</b> Coeficiente de digestibilidade aparente (CD) (Médias + Erro Padrão) dos nutrientes nas rações com diferentes níveis de substituição de farelo de trigo por radícula de malte. ....	65
<b>Tabela 15:</b> Colesterol e triglicérides de pôneis (Médias + Erro Padrão) recebendo dieta submetidos a rações com diferentes níveis de substituição de farelo de trigo por radícula de malte. ....	71

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Porcentagem do índice de durabilidade de péletes de rações com diferentes níveis de substituição de farelo de trigo por radícula de malte .....	61
<b>Gráfico 2:</b> Curva glicêmica (mg/dL) de pôneis recebendo dieta submetidos a rações com diferentes níveis de substituição de farelo de trigo por radícula de malte.....	66
<b>Gráfico 3:</b> Curva insulinêmica (mg/dL) de pôneis recebendo dieta submetidos a rações com diferentes níveis de substituição de farelo de trigo por radícula de malte.....	67
<b>Gráfico 4:</b> Níveis de concentração de colesterol (mg/dL), promovida por dietas com diferentes níveis de inclusão de radícula de malte em pôneis. ....	68
<b>Gráfico 5:</b> Níveis de concentração de triglicérides (mg/dL), promovida por dietas com diferentes níveis de inclusão de radícula de malte em pôneis. ....	69
<b>Gráfico 6:</b> Níveis de concentração de HDL (mg/dL), promovida por dietas com diferentes níveis de inclusão de radícula de malte em pôneis. ....	70
<b>Gráfico 7:</b> Níveis de concentração de LDL (mg/dL), promovida por dietas com diferentes níveis de inclusão de radícula de malte em pôneis. ....	70
<b>Gráfico 8:</b> Níveis de concentração de VLDL (mg/dL), promovida por dietas com diferentes níveis de inclusão de radícula de malte em pôneis. ....	71

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2 OBJETIVOS .....	18
2.1 GERAL .....	18
2.2 ESPECÍFICOS .....	19
3 REVISÃO DE LITERATURA .....	19
3.1 CEVADA .....	19
3.1.2 Produção de Cevada .....	21
3.2 MALTEAÇÃO .....	22
3.2.1 Maceração .....	23
3.2.2 Limpeza dos grãos .....	24
3.2.3 Temperatura .....	24
3.2.4 Grau de maceração .....	25
3.2.5 Fornecimento de oxigênio .....	25
3.2.5 Germinação .....	26
3.2.6 Formação enzimática .....	27
3.2.7 Transformações enzimáticas .....	28
3.2.8 Limpeza .....	31
3.3 COMPONENTES BROMATOLÓGICOS .....	31
3.1 Matéria Seca .....	32
3.2 Carboidratos .....	32
3.2.1 Amido .....	33
3.2.2 Celulose .....	33
3.2.3 Hemicelulose .....	34
3.3 Lipídeos .....	34
3.4 Proteína .....	34
3.4.1 Aminoácidos .....	35
3.5 Enzimas .....	36
3.6 Minerais .....	36
3.7 Vitaminas .....	37
3.8 Substâncias Fenólicas .....	39
4 RADÍCULA DE MALTE UTILIZADA NA DIETA DE DIFERENTES ESPÉCIES ANIMAIS .....	40
4.1 Aves .....	40

4.2 Suínos .....	44
4.3 Ruminantes .....	44
4.4 Equinos .....	47
5 MATERIAIS E MÉTODOS .....	47
5.1 LOCAL .....	47
5.2 ANIMAIS .....	48
5.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E DIETAS .....	49
5.4 INSTALAÇÕES E MANEJO .....	53
5.5 AVALIAÇÃO DA RESPOSTA METABÓLICA PÓS-PRANDIAL .....	54
5.5.1 Colesterol plasmático e frações .....	54
5.5.2 Respostas glicêmica e insulinêmica.....	54
5.6 DIGESTIBILIDADE APARENTE TOTAL DOS NUTRIENTES.....	55
5.7 PARÂMETROS FECAIS.....	56
5.7.1 pH fecal.....	56
5.7.2 Escore de fezes.....	56
5.7.3 Ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e ácido láctico .....	57
5.8 COMPORTAMENTO E CONSUMO DE ÁGUA .....	58
5.8.1 Avaliação comportamental .....	58
5.8.2 Consumo de água .....	59
5.9 ÍNDICE DE ESTABILIDADE DE PÉLETES .....	59
5.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	60
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	61
6.1 Índice de durabilidade dos péletes .....	61
6.2 Teste de Aceitabilidade.....	62
6.3 AVALIAÇÃO COMPORTAMENTAL .....	62
6.3.1 Comportamento individual.....	62
6.3.2 Comportamento em grupo.....	63
6.4.3 Consumo de água .....	63
6.5 Peso e escore de condição corporal .....	63
6.6 PARÂMETROS FECAIS.....	64
6.6.1 pH fecal.....	64
6.6.2 Escore de fezes.....	64
6.6.3 Ácidos graxos de cadeia curta e ácido láctico .....	64
6.7 Digestibilidade aparente total .....	65
6.8 PARÂMETROS PLASMÁTICOS .....	66

6.8.1 Curva glicêmica e insulinêmica pós-prandial .....	66
6.8.2 Gordura plasmática .....	68
7 CONCLUSÕES .....	72
IMPLICAÇÕES .....	73



## 1 INTRODUÇÃO

A demanda nutricional de equinos varia de acordo com a intensidade das atividades desenvolvidas, devido a pequena capacidade de consumo, são utilizadas rações concentradas, composta por grãos e cereais, ingredientes que possuem maior quantidade de proteína e/ou energia. Existe uma constante busca por ingredientes alternativos, a fim de oferecer nutrientes com maior biodisponibilidade e que promovam melhor saúde digestiva. Neste contexto, os coprodutos veem se evidenciando.

A cevada (*Hordeum vulgare* L.) é o quarto cereal mais cultivado em todo mundo (MAHALINGAM, 2020), e, de acordo com o KNOEMA (2019) sua produção ultrapassou o marco de 93 mil toneladas. A Federação Russa é a principal produtora, dominando 21,42% da produção mundial, seguido pelo Canadá, Ucrânia, Austrália e Turquia, estes países juntos produzem mais de 60% de grãos de cevada no mundo.

O Brasil contribuiu com a produção mundial em 0,42%, com 429 mil quilos por ano, de acordo com Conab (Companhia Nacional de Abastecimento). No Brasil, a maior produção de cevada está localizada na região sul do país, sendo o Paraná (PR) como o estado com maior produção e registro de crescimento, responsável por mais de 60% da produção nacional. O estado PR, no ano de 2019 produziu 219, 2 toneladas com o crescimento de 32,3% ao ano anterior (Conab). A Agrária, maior maltaria da América Latina, faz parte da indústria que integra a Cooperativa Agroindustrial Agrária, localizada na cidade de Guarapuava - PR, assumindo a maior produção de cevada, com 63% do total no estado no Paraná (SILVA, 2019).

A produção de cevada, em grande parte, é destinada a indústria cervejeira. A Agrária anualmente produz 30% da demanda do mercado de cervejas do Brasil, ou seja, a cada três cervejas consumidas no Brasil uma é produzida pela Agrária. Da mesma forma que existe um constante crescimento da produção da indústria cervejeira no Brasil, a quantidade de coprodutos gerados também cresce, e estes são ricos em nutrientes, vitaminas e minerais, possuindo baixo custo, possibilitando sua utilização como ingredientes para dietas de diferentes espécies animais.

As raízes de malte ou radícula de malte são um coproduto da indústria cervejeira e são obtidas por meio da remoção mecânica das primeiras raízes emitidas no processo de germinação da cevada durante a segunda etapa de malteação, juntamente com cascos de malte e outras partes, (BORUFF e VAN LARREN, 1958; ROBINS e PANERANZ, 1963; BURURAJU, et al., 2018; MAHALINGAM, et al., 2020). Quanto a composição bromatológica da radícula de malte alguns trabalhos apresentam altos teores de proteína (21 – 25%) e carboidratos (46%) (ABORUS, et al., 2017). Devido a abundância nutricional, a radícula de malte tem atraído forte interesse como alimento na indústria animal (NURFETA e ABDU, 2014).

Há muitos anos existe o interesse pela utilização da radícula de malte na nutrição animal. Em 1975, Hegazi, em sua pesquisa verificou a presença de mais de 19 aminoácidos, atualmente sabe-se da presença de mais de 800 tipos de proteínas. A radícula de malte é considerada uma fonte rica em proteína, aminoácidos, além de uma fonte potencial de fenilpropanóides e antioxidantes, possibilitando o uso desse ingrediente como alimento funcional (MAHALINGAM, 2020).

As propriedades funcionais são aprimoradas devido a geração de substâncias biofuncionais, por meio do processo de germinação, no qual é desencadeado um estresse que promove o aumento e a disponibilidade de proteínas, aminoácidos, açúcares e vitaminas (SINGH, et al., 2015). Outros compostos são encontrados: ácido ascórbico, cumarina, cinamaldeído e ácido sináptico, compostos que possuem características de aumento de função imunológica, antiinflamatória, antifúngica, antibacteriana, antitumorais, aromatizantes e efeitos antioxidantes (ROSE, et al., 1990; BONNELLY, et al., 2000; SINGH, et al., 2015). Os extratos antioxidantes encontrados são semelhantes ao BHT (butil hidroxil tolueno) e R-tocoferol, conservantes comumente utilizados na indústria de alimentos (SINGH, et al., 2015).

Quanto a utilização na nutrição animal, pesquisas comprovam que a radícula de malte é uma fonte econômica de proteína e energia, que pode ser utilizada em rações para bovinos, e também incorporado em rações para suínos e aves (HASHITANI, 1925; HEGAZI, 1975; BONNELLY, 2000; SIDIGIS et al., 2014; MAHALINGAM, et al., 2020).

Bellaver (1984), em sua pesquisa, avaliou o melhor nível de inclusão de radícula de malte em rações para suínos em crescimento e terminação, observou que, em até 15% de inclusão, as rações apresentaram similaridade quanto ao desempenho. Em níveis acima de 15%, a ração ocasionou diminuição no peso de abate à medida que se aumentou a inclusão, o que levou a constatação que rações com radícula de malte não foram economicamente viáveis na época em que o experimento foi realizado.

Em outro trabalho, utilizando o coproduto utilizado na dieta de aves poedeiras, foi observado que a adição de 25,5 g/kg de radícula de malte proporciona a diminuição do colesterol e a menor densidade de lipoproteínas nos ovos. Na inclusão de 51,1 g/kg de radícula de malte diminuiu as concentrações de colesterol e triglicerídeos no sangue (HASHISH e EL-SANEE, 2012). Resultados semelhantes foram encontrados por Novello (2012), com aves de corte, que por meio da adição de 20% e 10% de radícula de malte promoveu redução do teor de lipídeos e ácidos graxos na carne. No entanto, esses resultados conferiram a carne uma qualidade inferior, não desejada para o consumo humano.

Sidagis (2014), trabalhando com suplementação de radícula de malte para vacas leiteira, observou que houve efeitos positivos na produção com aumento de média de 2,29 quilos de leite e 0,29% a mais de gordura no leite, do que o tratamento controle. Além disso, o grupo suplementado com radícula de malte aumentou seu consumo em 4%.

Comercialmente algumas rações e suplementos já estão sendo produzidos. No entanto, é notável a necessidade de novas pesquisas que elucidem as contribuições e limitações do uso da radícula de malte. Este trabalho teve como objetivo avaliar a utilização da radícula de malte como ingrediente e possível substituto ao farelo de trigo.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 GERAL**

Avaliar as implicações da substituição do farelo de trigo por radícula de malte na alimentação de equinos.

## 2.2 ESPECÍFICOS

- Avaliar a digestibilidade aparente total;
- Avaliar os impactos sobre o metabolismo de lipídeos;
- Avalia a resposta glicêmica e insulinêmica pós-prandial;
- Avaliar os ácidos graxos de cadeia curta, ácido lático e pH das fezes;
- Avaliar o comportamento dos animais;
- Avaliar o escore de fezes;
- Avaliar a estabilidade dos péletes;

## 3 REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1 CEVADA

A cevada (*Hordeum vulgare*) pertence à família das gramíneas (*Poaceae*), integrante do gênero *Hordeum*, é o quarto maior cereal cultivado em todo o mundo (MAHALINGAM, 2020). O grão é usado em diversos segmentos da indústria alimentícia, na produção de bebidas como cervejas e destilados, na composição de farinhas para panificação e ainda em substitutos de café (BRASIL, 2011). No entanto, a utilização da cevada não é restrita ao uso humano, muitas rações de animais são formuladas com o grão de cevada ou os coprodutos gerados no seu processamento.

Os grãos possuem formato alongado, com a parte central mais espessa e extremidades cônicas. Apresenta em sua parte interna três elementos fundamentais, que são: embrião, endosperma e envoltório (ZSCHOERPER, 2009).

O embrião é a parte do grão onde estão localizadas as células embrionárias, células indiferenciadas que no processo de desenvolvimento produziram células formadoras de diferentes partes da planta, desde as raízes

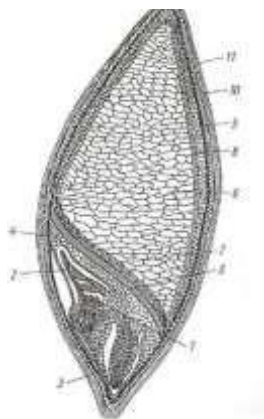
até novos grãos. É através do embrião que se origina uma nova planta de cevada (PORTO, 2011).

Está localizado na parte inferior interna do grão, onde é envolto pelo epitélio e mais superficialmente pelo pericarpo (Figura 1). O embrião representa 3 a 4% do peso do grão da matéria seca do grão, contém aproximadamente 10% de proteínas, 25% de lipídeos, 10% de sacarose e 5% de minerais tais como fósforo e potássio (TSCHOPE, 1999).

Fonte: KUNZE (1999).

O endosperma é a região onde encontra-se o tecido de reserva, estar localizado acima do embrião, é constituído principalmente de amido e proteínas. Esse tecido durante a germinação são fonte de combustível para que ocorra o desenvolvimento do embrião, por meio de hidrólise são transformados e consumidos pela respiração do embrião ou quando utilizadas para a síntese de novas células (TSCHOPE, 1999).

**Figura 1:** (1) Embrião, (2) Acrospira rudimentar, (3) Radícula rudimentar, (4) Escutelo, (5) Epitélio, (6) Endosperma, (7) Células vazias, (8) Camada de aleurona, (9) Testa, (10) Pericarpo e Cascas (11).



Fonte: KUNZE, 1999.

A principal substância de reserva hidrocarbonada é o amido que foi formado pelo processo de fotossíntese e depositado sob forma de pequenos grânulos. Esses grânulos de amido são envoltos por uma membrana de hemicelulose e protoplasma. Os espaços intercelulares são preenchidos por substâncias proteicas (ZSCHOERPER, 2009).

Para que a germinação tenha início se faz necessário a presença de água, a hidratação do meio promove reações que ativam os hormônios associados ao desencadeamento da germinação, estes hormônios fazem com que a cama aleurona ative enzimas e comecem a hidrolisar as cadeias do material contido no endosperma. Esses nutrientes migram até o embrião e são metabolizados por este, promovendo o seu crescimento (PORTO, 2011).

O envoltório é uma das regiões responsável pela proteção do grão é composto por a camada interna e externa, está localizada logo abaixo da casca. A parte externa, denominada pericarpo se sobrepõe a parte interna, denominada testa. A testa é semipermeável, permitindo somente a passagem de água e retendo substâncias de peso molecular elevado, onde encontram-se substâncias como polifenóis, lipídeos e ácido silícico que podem ser prejudiciais ao paladar da cerveja (TSCHOPE, 1999).

Essa proteção é responsável para que íons e microrganismos não consigam passar para o embrião e endosperma e as substâncias solúveis no interior do grão são retiradas pela membrana. Durante o período da colheita até o final da malteação, o envoltório possibilita que a parte interna do grão se mantenha úmida, protege contra impactos e abrasões e barra a entrada de insetos e microrganismos (ZSCHOERPER, 2009).

### *3.1.2 Produção de Cevada*

A produção mundial de cevada ultrapassou o marco de 93.000 mil toneladas no ano de 2019 de acordo com o KNOEMA. A Federação Russa sendo o principal produtor, dominando com 21,42% da produção mundial, seguido do Canadá, Ucrânia, Austrália e Turquia, estes países juntos produzem mais de 60% de grãos de cevada no mundo. A cevada é o quarto maior cereal cultivado em todo o mundo (MAHALINGAM, 2020). O Brasil obteve uma produção de 429 mil toneladas neste mesmo ano, correspondendo a 0,42% da produção mundial de acordo com o Conab (Companhia Nacional de Abastecimento).

No Brasil, a maior produção de cevada está localizada na região sul do país, sendo o Paraná como o estado com maior produção e registro de crescimento, responsável por mais de 60% da produção nacional. O estado PR

no ano de 2019 produziu 219, 2 mil toneladas como crescimento de 32,3% ao ano anterior, segundo dados fornecidos pela Conab (Companhia Nacional de Abastecimento).

As previsões do DERAL (Departamento de Economia Rural) é que a safra de 2019/20, tenha um aumento 10% de área plantada, passando de 51 mil hectares para 55,7 mil. O rendimento da produção de cevada por hectare gira cerca de 4.000 Kg. A Agrária, maior maltaria da América Latina, faz parte da A indústria, que integra a Cooperativa Agroindustrial Agrária, localizada na cidade de Guarapuava, assumindo a maior geração de cevada, com 63% do total produzido no estado no Paraná (SILVA, 2019).

A produção de cevada em grande parte é destinada à indústria cervejeira, a Agrária anualmente produz 30% da demanda do mercado de cervejas do Brasil, ou seja, a cada três cervejas consumidas no Brasil uma é produzida pela Agrária.

Assim como existe uma grande produção de cevada, o processamento para fabricação de cerveja gera uma grande quantidade de coprodutos, ricos em nutrientes, vitaminas e minerais, a baixo custo. Estes coprodutos podem ser utilizados como ingredientes para dietas de diferentes espécies animais.

### 3.2 MALTEAÇÃO

A produção de malte é uma das principais matérias-primas para fabricação de cerveja. Esse processo ocorre por meio da germinação controlada dos grãos da cevada. Uma vez que esses grãos são submetidos a períodos controlados de temperatura, níveis de oxigênio e umidade. O processo de malteação é dividido em três fases, maceração, germinação e secagem (torrefação). Através da germinação, os nutrientes presentes tornam-se mais disponíveis, possibilitando que as próximas fases da produção de cerveja tornem-se possíveis.

A maltagem é iniciada com a escolha dos grãos e vai até o armazenamento do malte pronto (BAMFORTH, 1993). A cevada não é o único cereal que pode passar pelo processo, no entanto, é o mais utilizado para produção de cerveja (BOULTON, 2006). Inicialmente o processo de malteação irá promover a umidificação dos grãos para o favorecimento da germinação, em

seguida na germinação controlada, nesse momento o sistema enzimático dos grãos será ativado, desta forma a reserva de amido é utilizada para o fornecimento de energia e moléculas de carbono, que serão utilizados.

### 3.2.1 Maceração

É a primeira etapa da malteação, por meio de um ambiente controlado, temperatura, umidade e disponibilidade de oxigênio. A etapa de maceração, ou molhamento, consiste em imergir em água a cevada que foi previamente limpada e classificada. O objetivo da maceração é elevar o teor de umidade da cevada até 35 – 45%, limpar a cevada e lixiviar substâncias indesejáveis presente na casca do grão (TSCHOPE, 1999). Essa elevação de umidade promove a quebra da dormência do grão de cevada para que a etapa seguinte aconteça da melhor forma possível.

O processo de maceração só pode ser iniciado se a cevada não apresentar mais dormência, pois se alguma proporção de grãos apresentarem dormência a germinação será incompleta e os resultados da malteação estarão fora do esperado (SCHUSTER, 1962).

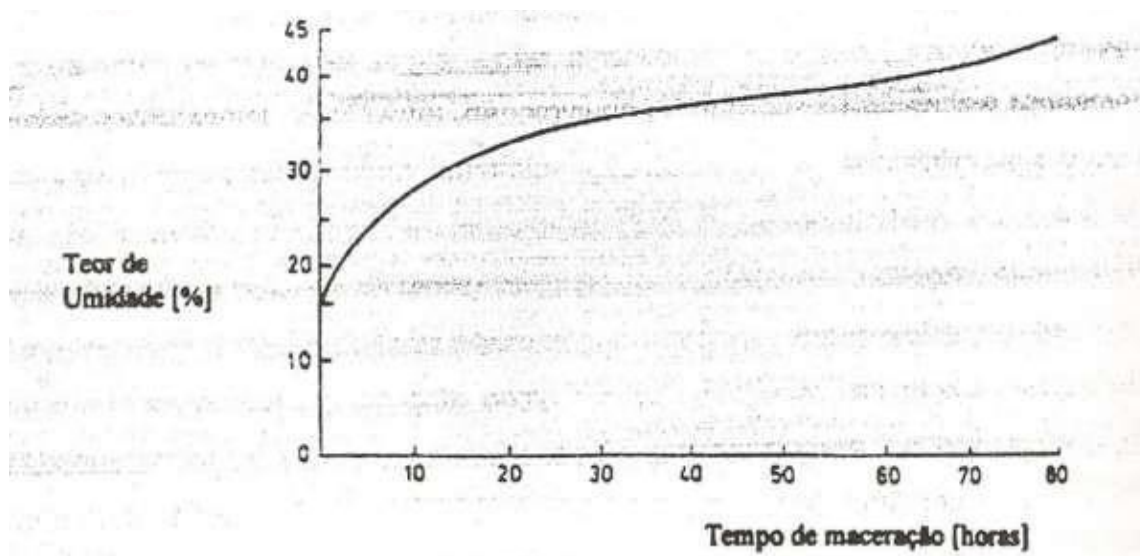
A maceração tem uma grande importância, pois se os grãos não atingirem a umidade adequada, não iram germinar na fase seguinte, o que irá comprometer o restante de do processo. Muitos fatores podem afetar a taxa de absorção de água pelo grão, por exemplo, no início da maceração o embrião e a casca absorvem água mais rapidamente do que o endosperma, logo a absorção de água pelo grão não é homogênea (BRASIL, 2011). A temperatura da água é outro fator que influencia fortemente na quantidade de água que o grão irá absorver. Temperaturas mais elevadas facilitam a absorção de água pelo grão.

Antes da etapa de maceração existe a seleção dos grãos, essa seleção é de extrema importância pois a integridade dos grãos influencia diretamente na absorção da água. Quando o grão apresenta a camada de pericarpo fisicamente danificada, aumentando assim a taxa de absorção de água pelo grão. Por essa razão tem-se empregado o tratamento por abrasão nos grãos para aumentar a absorção de água quando requerido (BAMFORTH, 1993).



A absorção de água pelo grão está relacionada também ao tempo de maceração, pois a absorção de água no início da maceração é maior e vai diminuindo com a aproximação do ponto de saturação (TSCHOPE, 1999). Isso pode ser observado na onde mostra uma curva de maceração desenvolvida para água a temperatura de 10°C (Figura 2).

**Figura 2:** Gráfico do grau de maceração.



Fonte: TSCHOPE (1999).

### 3.2.2 Limpeza dos grãos

Embora já se tenha removido o pó e as sujidades presentes junto aos grãos de cevada, sempre há sujidades aderidas a casca. Durante a molhagem essas impurezas acabam sendo removidas e transferidas para a água de maceração (KUNZE, 1999). As impurezas mais leves são removidas através da água de transbordo (ZSCHOERPER, 2009).

### 3.2.3 Temperatura

A temperatura da água é um fator de grande importância pois está ligado fortemente na taxa de absorção de água realizada pela semente da cevada. De acordo com Bamforth (1993) temperaturas mais elevadas facilitam a absorção de água pelo grão.

### *3.2.4 Grau de maceração*

A quantidade de água absorvida pelo grão durante a maceração é denominada de grau de maceração (KUNZE, 1999). Para a determinação do grau de maceração, é realizado a pesagem de uma amostra de grãos antes e depois do processo de maceração.

A amostra com umidade conhecida, antes da maceração num recipiente de metal perfurado ou em sacos de malha. Esse recipiente irá acompanhar o lote de maceração (ZSCHOERPER, 2009). No final da maceração remove-se esse recipiente, tira-se o excesso de água e pesa-se numa balança analítica. O aumento da massa é a quantidade de água que o grão absorveu (KUNZE, 1999).

### *3.2.5 Fornecimento de oxigênio*

Com o aumento da umidade nos grãos a taxa de respiração dos mesmos aumenta o que demanda uma maior quantidade de oxigênio para a cevada (ZSCHOERPER, 2009). Existe oxigênio dissolvido na água de maceração, porém com o aumento do metabolismo do grão, essa quantidade de oxigênio não é suficiente para suprir a necessidade dos grãos. Para aumentar essa disponibilidade de oxigênio na água bombeia-se ar comprimido (KUNZE, 1999).

Se não fornecer oxigênio para os grãos eles irão trabalhar sob condições anaeróbicas e vão entrar em processo de fermentação, produzindo gás carbônico e etanol, pois há disponibilidade de carbono. Se os grãos ficarem expostos a essa condição por muito tempo, correrá acúmulo de etanol na massa de grãos o que prejudicará a germinação e poderá levar a morte dos grãos (BRIGGS, 1995).

Atualmente, procura-se reduzir ao máximo o tempo de maceração imerso em água e aumentar o contato dos grãos com o ar, ou seja, períodos secos. Como gás carbônico é formado na respiração dos grãos e esse tende a ficar entre os grãos, indo para a parte inferior dos equipamentos de maceração, esse deve ser seccionado para não matar os grãos (KUNZE, 1999).

### 3.2.5 Germinação

A segunda etapa da malteação é a germinação, após a quebra da dormência os grãos de cevada estão prontos para o início da germinação. Nesta fase os grãos estão preparados para germinar, mediante à um ambiente propício, com temperatura e umidade adequadas. O objetivo desta fase não é obter uma nova planta, mas sim aproveitar as transformações naturais em favor a tecnologia (TSCHOPE, 1999).

Inicialmente, o embrião usa suas reservas energéticas como fonte, para que consiga utilizar essas reservas é necessária à atuação enzimática para o desdobramento de determinadas substância. Ocorrem perdas de matéria seca durante a germinação, principalmente devido à respiração (3-5%) e ao crescimento radicular (3-5%) (PARKER e PROUDLOVE, 1995).

O principal objetivo da germinação é a produção de enzimas, processo natural do grão durante a germinação, que irão atuar no processo de produção de cerveja e durante o processo de germinação (KUNZE, 1999). Se objetiva durante a germinação gerar o máximo possível de material extraível através da modificação do endosperma pela ação enzimática (BAMFORTH, 1993). Essas transformações enzimáticas irão promover a formação de compostos e modificação de proteínas em estruturas mais simples (MAHALINGAM, et al., 2020).

Todo o processo é cuidadosamente mantido dentro dos parâmetros estabelecidos, pois o aumento ao a redução, seja da temperatura ou umidade, irá provocar perdas no conteúdo energético dos grãos ou não promover a germinação destes. É essencial, no entanto, que a perda dos grandes grânulos de amido seja mínima porque eles são a fonte de açúcares fermentáveis para a produção de álcool durante a fermentação (PARKER e PROUDLOVE, 1995).

Durante o processo de germinação precisa-se controlar o nível de umidade dos grãos, pois a umidade se transfere do malte verde, ou seja, grãos de cevada já germinando, para o ar ambiente. Os grãos perdem cerca de 0,5% de umidade por dia, portanto é necessário repor essa umidade. Normalmente,

se repõe umidade através de aspersão de água sobre os grãos (BAMFORTH, 1993).

Outro controle que se faz durante a germinação é o controle da temperatura. A temperatura de 16 a 20°C, é considerada ótima. A germinação se dá mais rápido a temperaturas mais elevadas, criando raízes e enzimas mais rapidamente. Porém quando se germina a temperaturas mais baixas e, portanto, mais devagar, a quantidade de enzimas que se forma é maior. Portanto costuma-se usar altas temperaturas no início da germinação e depois baixa-se a temperatura até o final da germinação, assim resulta-se uma quantidade de enzimas suficiente (BAMFORTH, 1993).

Durante a germinação perde-se em torno de 4% de matéria seca da cevada, devido a respiração do grão. As taxas de respiração do grão podem ser controladas durante a germinação através do controle de temperatura. Outro fator que gera perda durante a germinação é a formação de radícula, pequenas raízes que vão se formando e aumentando seu tamanho com o desenvolvimento do grão. Essas pequenas raízes serão removidas dos grãos após a etapa de secagem (TSCHOPE, 1999).

O processo de respiração dos grãos acaba liberando calor e aquecendo a massa de grãos (SINGH, 2015). Para que a temperatura dos grãos não se eleve muito, passa-se ar entre os grãos para diminuir essa temperatura. O ar é resfriado através de um trocador de calor. Esse ar acaba ajudando também na oxigenação dos grãos para que eles se mantenham vivos e não sejam inibidos pela formação de dióxido de carbono.

No entanto, ocorre a formação de raízes durante a germinação, essas raízes acabam se aglomerando uma as outras e impossibilitando a passagem de ar entre a massa de grãos. Por isso deve-se movimentar os grãos, com uma frequência definida durante toda a etapa de germinação (BAMFORTH, 1993). A formação de brotos de cereais foi atribuída ao aumento do valor nutritivo pelo processo de germinação que aumenta a concentração de proteínas, aminoácidos, açúcares e vitaminas (SINGH, 2015).

### *3.2.6 Formação enzimática*

As enzimas são produzidas durante a germinação por ação de hormônios que são distribuídos através da água que vai penetrando no grão. Esse hormônio é liberado no escutelo e distribuído por toda a camada de aleurona, na qual se dá a formação e liberação de enzimas. Esses hormônios são constituídos de ácido giberélico ou substâncias similares a ácido giberélico. Para estimular a formação de enzimas pode-se adicionar soluções de ácido giberélico durante o processo de germinação. Esses hormônios são responsáveis pelo desencadeamento da germinação. A formação das diferentes enzimas se dá em momentos diferentes, por exemplo, a alfa- glicanase é a primeira enzima a ser formada, após vem a beta-amilase e por fim as proteases (KUNZE, 1999).

A alfa-amilase já se encontra presente no grão de cevada, por isso no início da germinação sua concentração cai, aumentando a partir do segundo dia de germinação onde se inicia a formação da enzima até o terceiro dia de germinação.

A formação tanto de alfa-amilase quanto de beta-amilase depende de alguns fatores, tais como a variedade da cevada, tamanho dos grãos (grãos maiores formam mais amilases), teor de umidade, temperatura de germinação, entre outros (TSCHOPE, 1999). As demais enzimas, como as citolíticas, proteolíticas entre outras, já estão presentes na cevada, em menor quantidade. A partir de terceiro e quarto dia elas são formadas (KUNZE, 1999).

### *3.2.7 Transformações enzimáticas*

Ao mesmo tempo que acontece formações enzimáticas, essas mesmas enzimas atuam sobre a matriz energética do grão, fazendo com que as substâncias de reservas se transformem em estruturas mais simples com peso molecular menor, desta forma aumentando sua solubilidade em água. Através da água presente no grão, essas substâncias são transportadas até o embrião onde será usada como fonte de energia e para a síntese de novos tecidos como radícula e folículo (TSCHOPE, 1999).

Durante o processo de germinação a dissolução mais importante é a dos componentes da parede celular do amido, ou seja, hemiceluloses e beta-glicanos. Essa dissolução se dá pelo um complexo enzimático.

A ação dessas enzimas é a condição primordial para que os outros grupos enzimáticos tenham acesso ao interior das células para realizarem os desdobramentos específicos (PORTO, 2011). Deseja-se que todos os componentes da parede celular sejam quebrados durante a germinação, para que a solubilização completa do corpo farinhoso. Assim as enzimas, formadas durante o processo de germinação, irão atuar sobre o amido.

Em torno de 35 a 45% das proteínas presentes no grão de cevada são desdobradas em substâncias solúveis durante o processo de germinação através da ação das peptidases. Como parte das substâncias proteicas é utilizada na síntese dos tecidos das radículas, existe uma diminuição no teor proteico no malte de 0,1 a 0,3% em relação a cevada (TSCHOPE, 1999).

### Secagem

A etapa de secagem do malte consiste na passagem de ar quente entre a massa de grãos, em diferentes taxas e com aumento da temperatura até que os grãos fiquem secos. Com a secagem encerra-se o processo vital dos grãos (KUNZE, 1999). Desta maneira, o malte se torna estável e passível de armazenamento (BRIGGS, 1995).

A secagem é iniciada com um fluxo rápido de ar e temperaturas mais baixas, nesse momento ocorre a redução da umidade dos grãos, nesse momento a temperatura do ar que circula pela massa dos grãos (BRIGGS, 1995). Essa etapa de secagem é a fase que mais consome energia em todo o processo de malteação, cerca de 90% da energia total requerida (GIBSON, 1989).

Segundo Bamforth (1993), a secagem de malte se dá em quatro etapas: a primeira, a temperaturas mais baixas, entre 50 e 60°C, onde reduz-se a umidade do malte para próximo de 23%; após a umidade do malte é reduzido até 12% onde o ar quente que passa entre os grãos tem sua temperatura elevada e o fluxo de ar reduzido; a terceira etapa diminui a umidade de 12% para 6% e

nessa etapa a umidade relativa do ar cai muito, o que permite que o ar possa ser reciclado, e na quarta etapa o malte pode ser finalizado, ou seja, aumenta-se a temperatura do ar para uma faixa de 80 à 110°C dependendo do tipo de malte que se deseja produzir.

Características químicas e físicas são alteradas durante o processamento de secagem, as modificações e transformações enzimáticas são cessadas, interrompendo assim o processo de germinação. Essas alterações modificam a coloração, aroma e sabor do malte, assim como a quantidade de polifenóis extraíveis (BRIGGS, 1995).

Nesse momento a temperatura está acima de 80°C moléculas de baixo peso molecular, hidrolisadas pela ação enzimática durante a germinação reagem. Essas reações são complexas e muitas relacionadas a reação de Maillard. Um dos principais produtos dessas reações é a melanoidina, que é formada a 100°C a partir de açúcares e aminoácidos, que possui um sabor aromático e cor marrom (KUNZE, 1999).

Durante a secagem um alto teor enzimático é desnaturado devido a exposição a altas temperaturas, o que causa redução do teor de enzimas no malte. Enzimas como beta-glicosidases são inativadas a 45°C. Muitas vezes escolhe-se secar o malte a baixas temperaturas e um fluxo de ar alto para que os grãos consigam se resfriar rápido, não ficando muito tempo exposto ao calor e perdendo o mínimo teor enzimático possível (BRIGGS, 1995).

O processo de secagem faz com que as radículas percam água e com isso fiquem mais frágeis, o que facilita o processo de retirada delas do malte e dessa maneira não fornecerão um amargor indesejável a cerveja que será fabricada (TSCHOPE, 1999).

Após o término da secagem o malte precisa ser resfriado, dentro da própria estufa, para que se evite uma perda enzimática, alteração da cor do malte e do paladar da cerveja. Para isso reduz-se a temperatura até, aproximadamente, 35°C, o que demora em torno de 30 a 40 minutos dependendo do tipo de estufa (ZSCHOERPER, 2009).

### 3.2.8 Limpeza

No envoltório encontram-se substâncias como polifenóis, lipídeos e ácido silícico que podem ser prejudiciais ao paladar da cerveja. Além disso a limpeza promove a separação dos brotos, raízes e cascas. Essa parte é de grande importância, pois caso a limpeza não seja eficiente as próximas fases para produção de cerveja serão prejudicadas. A quantidade de nutrientes presentes nos brotos e raízes iriam provocar um desequilíbrio no processo de fermentação (TSCHOPE, 1999).

## 3.3 COMPONENTES BROMATOLÓGICOS

A radícula de malte é advinda do processo de malteação, onde os grãos de cevada passam para produção de malte. É um coproduto da indústria cervejeira, que a cada ano vem chamando mais atenção para sua utilização como ingrediente de dietas para animais. Sua composição chama a atenção devido à alta concentração de proteína e energia, além de minerais e compostos fenólicos.

Suas propriedades funcionais são aprimoradas devido a geração de substâncias biofuncionais, por meio do processo de germinação, o qual é desencadeado um estresse que promove o aumento e a disponibilidade de proteínas, aminoácidos, açúcares e vitaminas (Singh, et al., 2015). Outros compostos são encontrados como: ácido ascórbico, cumarina, cinamaldeído e ácido sináptico, compostos que possuem características, de aumento da função imunológica, antiinflamatória, antifúngica, antibacteriana, antitumorais, aromatizante e efeitos antioxidantes (ROSE, et al., 1990; BONNELLY, et al., 2000; SINGH, et al., 2015). Os extratos antioxidantes encontrados são semelhantes ao BHT e R-tocoferol, conservantes comumente utilizados na indústria de alimentos (SINGH, et al., 2015).



**Tabela 1:** Composição bromatológica da radícula de malte.

<b>Dados bromatológicos</b>	<b>%/MS</b>
<b>Matéria seca</b>	89,8 - 89,9
<b>Proteína bruta</b>	20,3 - 23,5
<b>Fibra bruta</b>	12,4 - 13,5
<b>Energia bruta</b>	1,6 - 1,8
<b>Cinzas</b>	5,3 - 6,0
<b>FDN</b>	40,1 - 45,2
<b>FDA</b>	14,8 - 16,7
<b>Lignina</b>	1,7 - 2,3
<b>Amido</b>	14,8 - 14,7
<b>Açúcares totais</b>	9,9 - 10,9
<b>Energia bruta (Kcal)</b>	3940

Fonte: Adaptado Animal feed resources information system e INRA-CIRAD-AFZ feeds tables.

### 3.1 Matéria Seca

A matéria seca é o resultado do peso total da amostra menos a quantidade de água presente na amostra. A matéria seca é composta de cinzas e a matéria orgânica. As cinzas são compostas de macro e microelementos (minerais), já a matéria orgânica representa a fração dos nutrientes, carboidratos, proteínas, lipídeos e vitaminas (MAHALIGAM, et al., 2020).

### 3.2 Carboidratos

Os carboidratos são classificados em estruturais e não-estruturais. Os estruturais sendo a fração que compõe a parede celular da célula vegetal, celulose, hemicelulose e pectina. Já o carboidrato não-estrutural representa o conteúdo do interior celular, ácidos orgânicos, amido e açúcares (HALL, 2001).

Os carboidratos compõem a classe mais importante dos compostos da cevada e são esses compostos que irão influenciar fortemente no processo de malteação e na qualidade do produto (KUNZE, 1999).

No entanto, quando falamos de carboidratos da radícula de malte, observamos que por meio do processamento da malteação, ocorrem transformações enzimáticas que tornam os nutrientes em compostos mais simples, o que aumenta a disponibilidade desses (MAHALIGAM, 2020).

### *3.2.1 Amido*

O amido compõe cerca de 14,8% da matéria seca da radícula de malte e é o componente mais importante do grão. O amido ( $C_6H_{10}O_5$ ) é formado no lento amadurecimento do grão de cevada, através da fotossíntese na assimilação e conseqüente condensação da glicose ( $C_6H_{12}O_6$ ) (KUNZE, 1999).

O objetivo do acúmulo de amido no grão de cevada é possuir uma reserva energética para o embrião, sendo utilizada quando no processo de germinação, como fonte energética (TSCHOPE, 1999). O amido fica armazenado no grão sob forma de grânulos nas células do endosperma (KUNZE, 1999).

Os grânulos de amido são constituídos por dois componentes: amilose e amilopectina (TSCHOPE, 1999). Ambos constituem os grânulos de amido e são formados por resíduos de glicose, porém diferem muito entre si, em relação ao tamanho, a maneira como são degradados durante o processo de malteação e brasagem, entre outros (KUNZE, 1999).

A amilose é o menor componente do amido e possui cadeias longas de ligações alfa - (1-4). Normalmente quando se refere a amilose, costuma-se classificá-la como um composto de cadeia linear, porém ela apresenta algumas ramificações, mas claro que, são menores quando comparadas com as da amilopectina (FINCHER, 1993). O amido encontrado na radícula de malte é semelhante a quantidade de amido que encontramos no farelo de trigo que é de cerca de 16%.

### *3.2.2 Celulose*

A celulose, assim como a amilose é um composto de cadeia longa, porém suas ligações são do tipo alfa - (1 – 4), o que torna a molécula espacialmente diferente e assim torna a celulose insolúvel em água. As enzimas presentes no malte não conseguem quebrar essas cadeias, assim a celulose não sofre nenhuma alteração no processo de malteação (KUNZE, 1999).

A celulose é encontrada principalmente na casca da cevada, mas pode ser encontrada também, em quantidades reduzidas, no embrião, pericarpo e testa (ZSCHOERPER, 2009). A celulose tem função estrutural. Analiticamente ela é determinada como fibra bruta (TSCHOPE, 1999).

### 3.2.3 Hemicelulose

A hemicelulose é o principal constituinte das paredes das células que constituem o endosperma. Sua principal função é dar sustentação e resistência às paredes celulares (KUNZE, 1999).

## 3.3 Lipídeos

Os lipídeos são compostos de óleos, gorduras ceras e pigmentos, constituem a fração de maior concentração de energia da amostra. A radícula de malte possui cerca de 1,8% da matéria seca de lipídeos (McDonald et al. 1995).

Podem ser encontrados na forma de ácidos graxos, tais como ácido linoleico (58%), ácido palmítico (20%), ácido oleico (13%), ácido linoleico (8%) e ácido esteárico) (ZSCHOERPER, 2009).

## 3.4 Proteína

As proteínas são compostos orgânicos, formados por aminoácidos, utilizados por vegetais e animais para metabolismo de síntese de todos os tecidos. A radícula de malte é constituída pode cerca de 20,5% a 23,5% da matéria seca, devido a isso este subproduto é classificado como alimento proteico.

A quantidade de proteína no decorrer do processo de malteação e de produção de cerveja diminui, pois, a proteína é transformada enzimaticamente

em compostos menores, mais simples, fazendo com que no processo de digestão estes sejam mais facilmente degradados (KUNZE, 1999).

**Tabela 2:** Aminoácidos encontrados na radícula de malte.

<b>Aminoácidos</b>	<b>(mg/g) MS</b>	<b>% PB</b>
<b>Ácido Aspartático</b>	382	10.5
<b>Ácido Glutâmico</b>	596	9.6
<b>Serina</b>	306	3.1
<b>Glicina</b>	216	3.7
<b>Treonina</b>	298	3.3
<b>Alanina</b>	200	4.5
<b>Tirosina</b>	295	2.2
<b>Fenilalanina</b>	101	3.1
<b>Triptofano</b>	122	1.2
<b>Valina</b>	268	4.5
<b>Leucina + Isoleucina</b>	356	8.5
<b>Lisina</b>	244	4.6
<b>Arginina</b>	493	4.1
<b>Histidina</b>	260	1.9
<b>Cistina</b>	112	1.3
<b>Metionina</b>	101	1.4

Fonte: Adaptado Animal feed resources information system.

### 3.4.1 Aminoácidos

Aminoácidos são moléculas orgânicas formadoras das proteínas e que possuem, pelo menos um grupo amina (NH<sub>2</sub>) e um grupo carboxila (COOH) em sua estrutura, ligados a um único carbono (alfa). Os aminoácidos podem ser classificados em dois grupos principais: os aminoácidos essenciais, não podem ser sintetizados endogenamente e os não essenciais ao organismo capaz de sintetizar.

Além de serem formadores de proteínas, os aminoácidos também atuam na defesa do organismo, na comunicação celular, no transporte de substâncias, movimentação etc. Esses compostos formados basicamente por nitrogênio, hidrogênio, oxigênio e carbono são essenciais para a vida de um organismo, visto que estão ligados direta ou indiretamente a inúmeras funções.

### 3.5 Enzimas

O grão de cevada por si só possui certa quantidade de enzimas, o que é natural se tratando de um grão. Porém essas enzimas se encontram em pequenas quantidades. A maior parte do conteúdo enzimático do malte terá origem durante todo o processo de malteação (KUNZE, 1999).

Podem ser encontradas na cevada enzimas tais como alfa-amilase e beta-amilase. A alfa-amilase encontra-se predominantemente no endosperma e a alfa-amilase no pericarpo (HARRIS, 1962). Enzimas citolíticas, como por exemplo beta-glicanases e enzimas proteolíticas também estão presentes na cevada, porém em pequenas quantidades (KUNZE, 1999).

As diversas variedades de cevada possuem valores diferentes entre si em relação ao conteúdo enzimático, por exemplo, uma cevada de seis fileiras possui uma quantidade maior de enzimas do que as variedades de duas fileiras (HARRIS, 1962).

As enzimas exercem papel fundamental para a fabricação de cerveja, pois são elas as responsáveis pela transformação das substâncias insolúveis estocadas no endosperma da cevada em substâncias solúveis durante o processo de malteação e de produção de cerveja (KUNZE, 1999).

### 3.6 Minerais

Na cevada existe cerca de 5% de material mineral, dos quais a maioria se apresenta sob forma de compostos inorgânicos: fosfatos (35%), silicatos (25%) e sais de potássio (20%) (KUNZE, 1999; INRA). Os fosfatos são liberados durante algumas reações que ocorrem durante o processo de malteação (KUNZE, 1999).

**Tabela 3:** Minerais encontrados na radícula de malte.

<b>Minerais</b>	<b>g/Kg MS</b>
<b>Cálcio</b>	2,4
<b>Fósforo</b>	6,1
<b>Potássio</b>	17,5
<b>Sódio</b>	0,3
<b>Magnésio</b>	2,0
<b>Manganês</b>	0,08
<b>Zinco</b>	0,108
<b>Cobre</b>	0,014
<b>Ferro</b>	0,56
<b>Cloro</b>	3,7
<b>Enxofre</b>	3,3
<b>Selênio</b>	0,0006
<b>Cobalto</b>	0,0001
<b>Molibdênio</b>	0,001

Fonte: Adaptado INRA-CIRAD-AFZ feed tables.

### 3.7 Vitaminas

As vitaminas estão ligadas principalmente ao funcionamento adequado do metabolismo como um todo, sua deficiência ou excesso podem causar distúrbios metabólicos. As vitaminas são divididas em complexos com funções específicas. Agem como cofatores enzimáticos, regulando reações de acordo com a demanda de cada célula.

Quanto a composição vitamínica da radícula de malte, foram encontrados três extratos antioxidantes seus rendimentos e suas principais composições constituintes foram determinados, e seu poder antioxidante foi avaliado e comparado ao do BHT e do R-tocoferol. A extração de vitamina E e compostos fenólicos insolúveis ligados a partir de radículas de malte é de pouco interesse, considerando sua baixa quantidade (BONNELLY, et al., 2000).

#### *Vitamina E (Tocoferóis)*

A vitamina E engloba um conjunto de compostos designados tocoferóis, que desempenham um papel importante no organismo atuando como antioxidante uma vez que a sua natureza lipofílica lhe permite incorporar-se nas membranas celulares onde serve de proteção aos lipídeos insaturados e outros

componentes de membrana suscetíveis a danos oxidativos, contribuindo para manutenção e integridade das membranas celulares (INRA, 2015; NRC, 2007).

Os tocoferóis são importantes precursores para o sistema imunitário humoral. Baalsrud & Overnes (1978), relatam que os tocoferóis atuam como moduladores de imunidade.

Na composição da radícula de malte podemos encontrar boas concentrações de tocoferóis, diferentemente dos compostos vitamínicos sintéticos utilizados na formulação de rações e suplementos, as fontes naturais de vitamina E (formas d- alfa) são mais eficientes no aumento dos níveis de  $\alpha$ -tocoferol sérico e plasmático quando comparadas com fontes sintéticas (formas dl) uma vez que se considera que possam ser mais biodisponíveis, a radícula de malte pode ser uma opção de ingrediente (PAGAN, et al., 2005).

Em situações em que os animais não tenham acesso a pasto fresco ou que os alimentos concentrados fornecidos sejam de fraca qualidade, o risco de ocorrência de deficiência de vitamina E é maior. Os principais sinais clínicos são problemas reprodutivos, distrofia muscular, redução das performances no caso dos cavalos de desporto, entre outros. A deficiência nesta vitamina pode também provocar fragilidade na membrana dos eritrócitos, provocando uma redução da sua vida útil e hemólise excessiva (PERDIGOTO, 2016).

Por vezes torna-se difícil distinguir a deficiência de vitamina E e a deficiência de selênio uma vez que ambos estão associados. No entanto, a deficiência de selênio parece ser mais comum que a de vitamina E (INRA, 2015). Apesar da deficiência em vitamina E estar implicada na doença do músculo branco (distrofia muscular nutricional), as evidências disponíveis apontam para que a deficiência em selênio seja a causa primária da doença, e não a deficiência em vitamina E (NRC, 2007). No entanto a vitamina E juntamente com o selênio tem sido usada no tratamento desta mesma deficiência (NRC, 2007).

Cavalos que estejam em pastagem e recebam alimentos frescos, geralmente não se faz necessário a suplementação de vitaminas. No entanto, no caso dos cavalos de alta performance que estejam estabulados, pode ocorrer deficiência de vitamina E quando são utilizadas dietas típicas, compostas por alimentos de qualidade média na sua alimentação. Especialmente em cavalos

de alta performance vale a pena analisar o conteúdo de vitamina E na forragem ou tentar cobrir as necessidades de vitamina E através da utilização de fontes suplementares de vitamina E (SAASTAMOINEN & HARRIS, 2008).

Contudo, estes autores não encontraram efeitos da suplementação com vitamina E ( $\approx 6\text{mg/kg}$  peso corporal) na integridade muscular dos animais em exercício. Para além disso, a suplementação com elevados teores de vitamina E ( $\approx 11,1\text{ mg/ kg}$  peso corporal) em cavalos submetidos a exercícios tipo enduro pode reduzir a atividade da creatina quinase (CK) e a apoptose dos leucócitos (WILLIAMS, et al., 2004; HOFFMAN & HARRIS, 2004).

O status sanguíneo da vitamina E de cavalos ao executar exercícios rigorosos, em um programa de resistência equestre, demonstra uma melhoria com níveis de suplementação acima das necessidades estabelecidas pelo NRC (HOFFMAN, et al., 2001).

De acordo com Siciliano, et al. (1997) podem ser necessárias concentrações de vitamina E nas dietas superiores a  $80\text{ UI/kg MS}$  e que atinjam potencialmente os  $300\text{ UI/kg MS}$  para manter as concentrações sanguíneas e do musculoesquelético desta vitamina, em cavalos submetidos a exercício regular. Apesar dos estudos anteriores sugerirem que a suplementação com vitamina E, excedendo as atuais recomendações, possa melhorar o status da vitamina E dos cavalos de desporto em algumas situações, são ainda necessários mais estudos utilizando várias concentrações de vitamina E nas dietas e vários protocolos de exercício para estabelecer os níveis adequados à manutenção do status da vitamina E, durante o exercício (NRC, 2007).

### 3.8 Substâncias Fenólicas

Os compostos fenólicos são estruturas químicas que apresentam hidroxilas e anéis aromáticos, nas formas simples ou de polímeros, que os confere o poder antioxidante (ANGELO e JORGE, 2007). As substâncias fenólicas se localizam no pericarpo, camada de aleurona e em quantidades reduzidas na casca. Constituem cerca de 0,1 a 0,3% da composição da cevada.

Alguns compostos fenólicos presentes na casca da cevada podem atuar como inibidores de germinação, portanto é muito importante a etapa de limpeza



dos grãos (maceração, pois a água consegue remover esses compostos) (ZSCHOERPER, 2009). Os compostos fenólicos podem determinar um sabor amargo na cerveja (KUNZE, 1999).

Alguns compostos foram como: ácido ascórbico, cumarina, cinamaldeído e ácido sináptico, compostos que possuem características, de aumento da função imunológica, antiinflamatória, antifúngica, antibacteriana, antitumorais, aromatizante e efeitos antioxidantes (ROSE, et al., 1990; BONNELLY, et al., 2000; SINGH, et al., 2015). Os extratos antioxidantes encontrados são semelhantes ao BHT e R-tocoferol, conservantes comumente utilizados na indústria de alimentos.

#### **4 RADÍCULA DE MALTE UTILIZADA NA DIETA DE DIFERENTES ESPÉCIES ANIMAIS**

Como já descrito anteriormente, a radícula de malte é um subproduto do processamento da cevada para a produção de malte, este podendo incluir algumas cascas de malte, a radícula de malte pode ser ainda descrita como, colmos de malte ou brotos de malte (BORUFF e VAN LARREN, 1958; ROBINS e PANERANZ, 1963; MCDONALD, et al., 1995 BURURAJU, et al., 2018: MAHALINGAM, et al., 2020).

Existe uma constante busca por alimentos que possam vir a substituir ingredientes já consolidados de uso comum a humanos e animais. Desta forma, o ramo dos coprodutos gerados por indústrias alimentícias vem cada vez mais destacando-se, com possíveis ingredientes com altos valores nutricionais, alta disponibilidade a baixo custo.

Quanto a utilização na nutrição animal pesquisas comprovam que a radícula de malte é uma fonte econômica de proteína e energia que pode ser utilizada em rações para bovinos e equinos, e incorporado em rações para suínos e aves (SIDIDIS et al., 2014).

##### **4.1 Aves**

A avicultura no Brasil é um dos setores mais desenvolvidos e pesquisados, atualmente o Brasil é o maior exportador de aves do mundo de acordo com a associação brasileira de proteína animal (ABPA). As aves podem

ser classificadas em duas categorias de corte e de postura. Nesta revisão, iremos mostrar os efeitos da utilização da radícula de malte como composição da dieta de aves de ambas as categorias. Alguns trabalhos já foram realizados visando observar o efeito que a adição, suplementação ou substituição da radícula de malte, atua sobre produção qualitativa e quantitativa dos ovos e carne das aves. A carne de frango é uma fonte de proteína animal de baixo custo, que gera muitos empregos em todas as regiões do país (NOVELLO, et al., 2012).

Qureshi (1991), avaliou o efeito da suplementação do grão de cerveja, sua fração de farinha rica em proteínas (Radícula de malte), gérmen de trigo e aveia sobre a síntese de colesterol, foram utilizados frangos machos de seis semanas. Esses cereais são fontes ricas em tocoferóis e tocotrienóis, também conhecidos como vitamina E, possui função antioxidante, BONNELLY, et al. (2000).

Por meio da avaliação da composição da radícula de malte comprova a presença de extratos antioxidantes, resultados semelhantes foram encontrados por, Singh (2015), Hashish (2012) e Buduraju (2018). A atividade enzimática da hidroximetilglutaril Coenzima A (HMG- CoA) redutase (a enzima limitante da taxa de biossíntese do colesterol) foi suprimida significativamente (34,3-49,7%) com todos os cereais em comparação com uma dieta à base de milho (QURESHI, et al., 1991).

Os resultados deste estudo demonstram claramente que os grãos de cerveja e sua farinha rica em proteínas (radícula de malte) contêm tipos semelhantes de inibidores de colesterol que também foram encontrados em outros cereais, como aveia, trigo, centeio e cevada. Além disso, grãos de cerveja e sua farinha de alta proteína contêm concentração muito maior de tocotrienóis e tocoferóis após a maltagem e fabricação de cerveja, em comparação com outros cereais.

A redução do colesterol sérico por esses dois coprodutos da indústria cervejeira é comparável à da aveia e do gérmen de trigo. Existem 35-55 ppm de tocotrienóis e tocoferóis na cevada, trigo e aveia, mas o grão de cerveja e sua farinha rica em proteínas contêm 90-120 ppm desses potentes inibidores do colesterol (QURESHI, et al., 1991).

A carne é considerada um alimento altamente complexo e uma importante fonte de proteínas, lipídios e sais minerais, sendo constituída, geralmente, por 60% a 80% de água e 15% a 25% de proteína, e o restante é formado principalmente por gorduras, sais, pigmentos e vitaminas. São alimentos preferidos pela maioria dos consumidores, mas, muitas vezes, são apontados como alimentos com alto teor de colesterol, gordura e ácidos graxos saturados e baixos níveis de ácidos graxos insaturados (ARIHARA, 2006).

Visando a redução do teor de colesterol, gordura e ácidos graxos saturados, Novello, et al. (2012), em estudo verificou os efeitos qualitativos e quantitativos da suplementação de radícula de malte sobre a carne de frangos de cortes. Foram utilizados 150 frangos, no período experimental de 40 dias, foram testados três tratamentos, uma dieta controle e dois níveis de suplementação de RM de 10% e 20%, as dietas e água foram fornecidas ad libitum.

Por meio da avaliação do perfil de ácidos graxos nos cortes, da carne de peito e coxas, foi observado que a adição em 20% de radícula de malte reduziu a quantidade de lipídeos presentes no peito e nas coxas ( $p < 0,05$ ). Alguns autores sugerem que a quantidade de gordura mais baixa em frangos alimentados com gorduras poli insaturadas, comparada com aqueles alimentados com gorduras saturadas, pode ser explicada por uma taxa aumentada no catabolismo lipídico e por uma diminuição da síntese de AG13, o que foi verificado neste estudo.

Em relação aos teores de cinzas, os autores informam valores inferiores no peito e semelhantes na coxa. Quantidades superiores de ácido graxo esteárico foram verificadas nas porções de coxa/ sobrecoxa das amostras de controle e com 20% de radícula de malte.

Os resultados encontrados levaram a conclusão de que a adição de 20% de radícula de malte proporcionou uma redução no teor de lipídios e de ácidos graxos solúveis, tanto na carne do peito quanto na coxa/sobrecoxa dos frangos, sendo mais benéfica para o consumo humano. Entretanto, promoveu menor acúmulo no total de ácidos graxos monoinsaturados e poli saturados na porção do peito, demonstrando-se de qualidade nutricional inferior. O nível de adição de

10% de radícula de malte nas rações dos frangos foi o mais eficiente para elevar o teor total de AGPI na carne do peito, sendo o mais favorável nutricionalmente, porém apresentou razão n-6/n-3 muito superior àquela recomendada para a dieta humana.

Em outro trabalho agora utilizando galinhas poedeiras, foi avaliado os efeitos que a adição de radícula de malte provoca nos níveis de colesterol da gema de ovos. Embora os ovos possuam proteínas de valor biológico significativo e sejam uma excelente fonte de vitaminas e minerais, muitas pessoas limitam seu consumo de ovos porque associam alto teor de colesterol (1 ovo grande, 50 g, contém 213 mg de colesterol) com doenças cardiovasculares (ZEIDLER, 2002).

Hashish, et al. (2012) em sua pesquisa utilizou 42 galinhas poedeiras com 54 semanas de idade, durante 12 semanas, com utilização de 3 dietas iso-calóricas e iso-nitrogenadas contendo 0 (controle), 25,5 ou 51,1g de raiz de malte de cevada / kg. Como resultado, foi observado que a inclusão de radículas de malte de cevada em 25,5 ou 51,1g / kg de dieta diminuiu significativamente ( $P < 0,001$ ) as concentrações de colesterol plasmático (em 54,9 e 33,3%, respectivamente) e triglicerídeos (em 26,4% e 27,3, respectivamente) em comparação com o controle. A alimentação de raízes de malte de cevada com dieta de 25,5 g / kg tendeu a diminuir ( $P > 0,05$ ) as concentrações de lipídios totais, triglicerídeos, colesterol, lipoproteínas de baixa densidade e fosfolipídios na gema de ovo em 4,7, 5,7, 5,2, 3,9 e 5,3%, respectivamente, enquanto sua inclusão na dieta de 51,1 g / kg diminuiu significativamente ( $P < 0,05$ ) os mesmos parâmetros respectivos em 10,4, 10,4, 10,4, 10,6 e 11,22%, respectivamente, em comparação com o controle.

Desta forma conclui-se que a inclusão de radículas de malte em rações para poedeiras na razão de 25,5 g / kg tende a diminuir o colesterol e as lipoproteínas de baixa densidade na gema do ovo (em 5,2 e 3,9%, respectivamente), enquanto sua inclusão na dieta de 51,1 g / kg diminuiu as concentrações de colesterol e triglicerídeos no plasma sanguíneo e também diminuiu o colesterol e as lipoproteínas de baixa densidade na gema do ovo (em 10,6 e 10,4%, respectivamente) (HASHISH, et al., 2012).

## 4.2 Suínos

Bellaver, et al. (1985) conduziu um experimento com a hipótese que a adição de até 15% de radícula de malte na dieta de suínos nas fases de crescimento e terminação, não iria provocar diferenças no desempenho dos animais. Visando isto, o experimento contou com a participação de 120 suínos e cinco tratamentos, sendo uma das dietas com controle (0% de inclusão de radícula de malte) e os demais com níveis crescentes de inclusão de radícula de malte (7%, 14%, 21% e 28%). Os resultados encontrados proporcionaram efeitos lineares ( $P < 0,05$ ): decrescente, para ganho de peso diário médio nos períodos de crescimento e total, ou seja, quanto mais foi adicionado a radícula de malte, pior foram os resultados de crescimento. Com relação a conversão alimentar (CA), quanto maior a inclusão de RM maior foi CA, isto quer dizer que pior foi o aproveitamento do alimento.

Estes resultados podem ser explicados devido a quantidade de fibra, a fibra dietética é importante de dois pontos de vista: o primeiro está relacionado com o valor da fibra como fonte de energia, e o outro refere-se ao seu efeito na digestão e utilização de outros nutrientes (PARTRIDGE, 1982). A adição de celulose, com aumento de fibra na ração, modifica o metabolismo do nitrogênio (N), diminuindo sua digestibilidade ( $P < 0,05$ ), não tendo, porém, efeito na retenção do N.

Com relação a digestibilidade e retenção da energia, observa-se um decréscimo em seus valores, motivado pelo aumento da celulose (PARTRIDGE, 1982). Foi estabelecido por King & Taverner (1975) que a energia e a proteína digestível são negativamente correlacionadas com o conteúdo em fibra, especialmente quando este conteúdo for mensurado através da fibra não solúvel em detergente neutro. O efeito depressivo na digestibilidade aparente da matéria seca, do nitrogênio e dos componentes das paredes celulares, é devido à maior taxa de passagem da digesta em suínos alimentados com dietas altas em fibra (HENRY & ETIENNE 1969 e KASS, et al., 1980).

## 4.3 Ruminantes

O uso da radícula de malte como um alimento para bovinos vem ocorrendo a algum tempo, de forma empírica. Com a intenção de descrever a digestibilidade desse subproduto, Pereira, et al. (1998) conduziram um experimento de digestibilidade em ovinos, por meio da técnica de sacos de náilon diretamente no rúmen. Esta técnica é amplamente utilizada a fim de estimar a digestibilidade promovida pelos microrganismos presentes no rúmen, do alimento fornecido. Além disso a digestibilidade que acontece no intestino foi utilizada a fim de entender a digestibilidade total do alimento, por meio das enzimas produzidas pelo animal.

O estudo promoveu por meio de técnicas *in situ* e *in vitro* a digestibilidade de grãos da cevada e raízes de malte, a fim de estimar a digestibilidade em diferentes porções do sistema digestório de ovinos.

No entanto, a digestão da proteína exclusivamente no rúmen, irá promover poucos perfis aminoácidos, devido a isso foi desenvolvida a técnica de proteínas by-pass, faz com que a proteína fornecida na dieta, não seja utilizada por microrganismos no ambiente ruminal, desta forma sendo degradada e digerida no intestino grosso.

Por meio da digestão enzimática, essas proteínas irão fornecer uma maior variedade de perfis de aminoácidos diretamente ao animal, diferente do que iria acontecer se a digestão houvesse ocorrido por meio de microrganismos no rúmen, desta forma promovendo a produção de proteína microbiana, fornecendo uma quantidade de perfil de aminoácidos limitado. Por isso, a utilização de proteína by-pass (protegida) é cada vez mais utilizada por promover a digestão da proteína no intestino gerando uma maior diversidade de perfis de aminoácidos.

Pereira (1998), testou a digestibilidade da radícula de malte, por técnicas *in vivo* e *in situ*, com ovinos, os resultados observados revelaram que a radícula apresentou grande variabilidade nas características de degradação ruminal do nitrogênio, mas as diferenças no nitrogênio efetivamente degradável (NED) foram pequenas, variando de 79,0% a 84,0% (calculado para um kp de 4,66 0,52%). NED foi marcadamente maior para radícula de malte do que a cevada,

sugerindo que a cevada constituiria uma melhor fonte de desvio de N do que a radícula de malte.

Apesar das grandes diferenças do nitrogênio digestível no intestino (NID) dos resíduos de incubação ruminais de 8 h, a quantidade de N digestível no by-pass apresentou menor variabilidade, com valores de 10,8%, 12,0% e 17,1% do N total para as amostras de radícula de malte. Em um estudo sobre a digestibilidade ruminal e intestinal do N de várias forragens, Van Straalen et al. (1993) relataram que dentro de cada forragem, menor desaparecimento ruminal foi compensado por maior desaparecimento intestinal, o que resultou em uma digestibilidade total de N do trato relativamente constante.

Neste trabalho, utilizando radícula de malte como suplemento para vacas leite Sidagis (2014), utilizou vinte vacas leiteiras que foram distribuídas em dois grupos de dez vacas cada, análogos por idade, produção e tempo de parto. No período pré-experimental, as vacas de ambos os grupos foram alimentadas com dieta úmida composta de silagem de milho, 62,5 por cento, silagem de grama perene, 37,5 por cento e ração composta (cevada, triticales, torta de colza, suplemento mineral-vitamínico). Durante o ensaio, as vacas do grupo de controle receberam adicionalmente 2 kg de cevada por refeição e os do grupo experimental 2 kg de brotos de malte.

O objetivo deste estudo foi investigar o efeito da utilização de radícula de malte no metabolismo de nutrientes no rúmen de vacas, quantitativamente e qualitativamente na produção de leite. O estudo indicou que o sabor um tanto amargo das raízes de malte aumentou a ingestão da mistura e melhorou o valor energético da dieta em 2,2%. Além disso, descobriu-se que o uso da radícula de malte na alimentação (2 kg diários) gerou condições para o crescimento e desenvolvimento dos fusários no rúmen (bactérias fibrolíticas), resultado encontrado possivelmente devido ao aumento na quantidade de fibra disponível na dieta, fazendo com que mais colônias de bactérias fibriolíticas fossem formadas, em média por 68,94% mais do que no grupo de controle ( $p < 0,05$ ). A suplementação da dieta com radícula de malte não teve influência significativa sobre os demais índices bioquímicos do rúmen investigados. A ração composta com radícula de malte não teve influência significativa na decomposição de nutrientes processos no rúmen de vacas.

#### 4.4 Equinos

Quanto a aceitabilidade da radícula de malte para equinos podemos encontrar um pouco de resistência, devido ao sabor meio amargo, o que pode reduzir a sua aceitabilidade, tendo em vista que equinos não possuem afinidade por alimentos amargos (SIDAGIS, 2014).

Quanto a quantidade de fibra, ao contrário do que foi mencionado nos trabalhos com aves e suínos, a fibra é algo de interesse para equinos. Os equídeos utilizam a fibra como uma fonte de energia, por meio da fermentação promovida pelos microrganismos presentes em todo o sistema digestório, estes realizam a digestão das fibras, resultando em ácidos graxos de cadeia curta, que são utilizados com fonte de energia.

A presença de compostos fenólicos chama bastante atenção como possíveis contribuições que podem promover a saúde digestiva de equinos.

Como o processo de germinação os nutrientes presentes na cevada passam por transformações enzimáticas, transformações estas que tornam as estruturas dos nutrientes mais simples, fazendo com que sua disponibilidade durante a digestão seja facilitada, essas transformações irão proporcionar maior biodisponibilidade, durante a digestão.

Sua composição bromatológica é semelhante ao farelo de trigo, assim como a hipótese do trabalho proposto, a radícula de malte pode ser um possível substituto do farelo de trigo. A quantidade de amido encontrada no farelo de trigo é de cerca de 16%, e a radícula de malte com 14,8%. Quanto a utilização do farelo de trigo em dieta de equinos, não existe uma limitação de inclusão, é esperado que a radícula de malte possua resultados semelhantes.

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1 LOCAL



O experimento foi realizado no Laboratório de Pesquisa em Saúde Digestiva e Desempenho Equino (LabEqui) do Departamento de Nutrição e Produção Animal (VNP) da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (FMVZ-USP), em Pirassununga, Departamento de Nutrição e Produção Animal (VNP), da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ), Universidade de São Paulo (USP), Pirassununga/SP.

**Figura 3:** Foto do pavilhão de baias individuais utilizadas nos períodos do experimento.



Fonte: SILVA, 2022.

## 5.2 ANIMAIS

Foram utilizados oito pôneis, machos, castrados, da raça Mini-Horse, idade média de  $9,59 \pm 0,17$  anos, peso corporal médio de  $132,61 \pm 14,82$  kg, escore de condição corporal (ECC) médio  $5,83 \pm 0,82$  (1 a 9) (HENNEEKE et al., 1983).

**Figura 4:** Pôneis utilizados no experimento Avaliação da radícula de malte na alimentação de equinos.



Fonte: SILVA, 2022.

### 5.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E DIETAS

O delineamento experimental utilizado foi o quadrado latino duplo 4x4, sendo o animal a unidade experimental dentro de cada período (n=32). A distribuição dos tratamentos foi realizada de forma aleatória, com dois animais por tratamento por período experimental.

O experimento foi dividido em quatro fases, com duração de 20 dias, sendo 15 dias referente a adaptação dos animais à dieta e as instalações, e 5 dias de coleta de amostras. Entre cada fase ocorreu um intervalo de 15 dias *Wash out*, onde os *pôneis* foram alojados em piquete coletivo, recebendo como dieta feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon* spp.) à vontade, água e sal *ad libitum*, com o intuito de reduzir os efeitos residuais do tratamento da fase anterior.

**Figura 5:** Fluxograma de atividades em cada período experimental (quadrado latino).



Fonte: SILVA, 2022.

**Figura 6:** Fluxograma das fases do experimento. \*CTF, coleta total de fezes; \*Wash out, intervalo entre períodos de coleta de dados.



Fonte: SILVA, 2022.

Foi adotado consumo diário individual de 1.75% do peso corporal (PC) formuladas para atender as exigências de manutenção recomendadas pelo INRA (2015), sendo 1% referente ao volumoso, feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon* spp.) e 0.75% em concentrado. Foram utilizadas quatro rações peletizadas com diferentes níveis de substituição do farelo de trigo por radícula de malte, a dieta foi fornecida em duas refeições diárias às 07h00min e 16h00min, além disso, água e sal mineral *ad libitum*.

Composição das rações:

- 1) Ração base (RB): 100% de farelo de trigo;
- 2) Ração 1 (R1): substituição de 33% do farelo de trigo por radícula de malte;
- 3) Ração 2 (R2): substituição de 66% do farelo de trigo por radícula de malte;
- 4) Ração 3 (R3): substituição de 100% do farelo de trigo por radícula de malte.

**Tabela 4:** Fórmulas das rações utilizadas no experimento.

<b>Ingredientes g Kg<sup>-1</sup></b>	<b>Tratamentos</b>			
	<b>RB</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
<b>Farelo de Trigo</b>	670,9	449,5	198,1	0
<b>Radícula de Malte</b>	0	221,4	472,8	670,9
<b>Milho Grão</b>	174,6	174,6	174,6	174,6
<b>Sorgo Grão</b>	51	51	51	51
<b>Calcário Calcítico</b>	48	48	48	48
<b>Melaço Líquido</b>	40	40	40	40
<b>Sal Branco Comum</b>	10	10	10	10
<b>Núcleo Mineral</b>	4	4	4	4
<b>Ammo Curb</b>	1,5	1,5	1,5	1,5

Fonte: SILVA, 2022.

A cada período experimental a dieta foi introduzida gradativamente. Aos dois primeiros dias foram fornecidos 25% da quantidade de concentrado estipulada individualmente, e a cada dois dias houve o aumento progressivo de 25% até que se atingisse a quantidade final proposta, totalizando 7 dias. Para respeitar o fornecimento de 1,75% de matéria seca de acordo com o peso corporal de cada animal, diariamente durante o período de fornecimento gradativo, o equivalente foi fornecido em feno. A pesagem de dos alimentos foi realizada em uma balança digital (Toledo®, modelo M2098/61, d = e = 0,01kg). A composição bromatológica dos componentes da dieta estão descritos na Tabela 2.

**Tabela 5:** Composição bromatológica das rações utilizadas no experimento.

Variáveis (%)	Rações					
	RB	R1	R2	R3	Feno 1	Feno 2
Matéria Seca	89,26	90,35	91,59	92,26	91,91	87,71
Matéria orgânica	79,72	81,24	81,69	82,85	86,04	79,50
Proteína Bruta	14,19	15,66	14,63	14,36	5,58	12,97
FDN (%)	29,77	31,65	30,43	28,99	83,30	74,23
FDA (%)	12,06	14,15	18,99	17,32	40,51	50,59
Extrato etéreo	6,23	6,05	6,75	6,51	1,86	2,53
Matéria Mineral	9,54	9,11	9,90	9,41	5,87	8,22
FB (%)	7,56	8,57	12,33	12,47	44,20	32,84
Carboidratos não fibroso	40,27	37,54	38,30	40,73	3,39	0,24
Amido (%)	31,14	26,72	26,59	29,56	5,87	5,74

Fonte: SILVA, 2022.

Foram coletadas amostras de feno e das rações para as análises de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE), e matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), cálcio (Ca) e fósforo (P), de acordo a AOAC (2000). A proteína bruta foi obtida a partir do teor de nitrogênio e sua multiplicação pelo fator de correção de 6,25, determinado por regra de três simples, já que o nitrogênio possui 16% do peso da proteína, têm-se em 100g de PB 16g de nitrogênio, obtendo assim o fator de correção.

O extrativo não nitrogenado (ENN) foi obtido pela seguinte equação:  $ENN\% = 100 - (PB\% + FB\% + EE\% + MM)$  A fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram obtidas a partir do método de partição de fibras (VAN SOEST et al., 1991). Para determinar os teores de amido foi utilizado método enzimático de Pereira & Rossi Junior (1995). Os carboidratos não fibrosos foram calculados por diferença, de acordo com metodologia adaptada de Hoffman et al. (2001) e Jose-Cunilleras et al. (2004), segundo a equação:

$$CNF\% = 100 - (PB\% + EE\% + MM\% + FDN\%)$$

A energia bruta (EB) dos alimentos e nas fezes foi dada pelo método de calorimetria direta, mensurada por Bomba Calorimétrica pela corrente elétrica gerada pelo calor captado por pares termoelétricos (RESENDE et al., 2006). Uma caloria representa a quantidade de energia liberada para aquecer 1 g de água em 1°C (NRC, 2007).

#### 5.4 INSTALAÇÕES E MANEJO

Durante o período experimental os pôneis ficavam em baias individuais de dimensão 4 x 4, com piso de concreto, forrado com maravalha, sendo utilizados cochos adaptados à altura dos animais para o fornecimento de água e ração, o feno foi fornecido em bacias de plástico. Além disso, durante o período de adaptação os pôneis utilizaram um piquete de descanso, com água e sal *ad libitum*. Entre cada fase de coleta de dados os pôneis eram soltos em piquete comunitário, com choco de sal, fenil e bebedouro (Figura 3).

Ao longo do período de adaptação, os pôneis foram soltos diariamente, das 10h00min às 11h00min em piquete coletivo, sem acesso à água ou alimentos, com o intuito de reduzir o estresse do confinamento. Nos períodos de CTF a maravalha da cama foi retirada e os animais ficaram alojados sob o piso de concreto das baias para garantir o procedimento.

**Figura 7:** Imagens correspondentes as instalações durante as diferentes fases do período experimental. A) Piquete comunitário utilizado 1h por dia para interação social.



Fonte: SILVA, 2022.

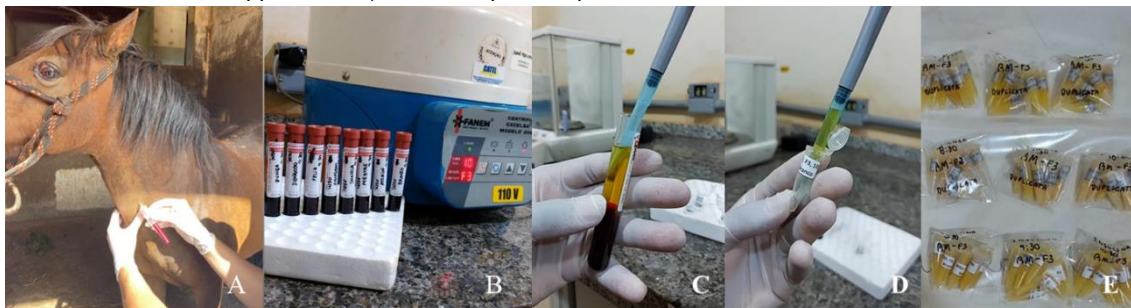


## 5.5 AVALIAÇÃO DA RESPOSTA METABÓLICA PÓS-PRANDIAL

### 5.5.1 Colesterol plasmático e frações

Para análise dos lipídios plasmáticos foram colhidas amostras de sangue no terceiro dia de cada fase, antes da primeira refeição matutina, como sugerido por Marchello et al. (2000). As colheitas foram realizadas através da punção da veia jugular, em tubos Vacutainer BD® sem anticoagulante e com capacidade para 10 ml, após esse procedimento foram centrifugadas e o soro acondicionado em eppendorf de 1,5 ml. O perfil de gordura plasmática representa a mensuração de triglicerídeos, colesterol total, e frações de colesterol ligado à lipoproteína de alta densidade (HDL), colesterol ligado à lipoproteína de baixa densidade (LDL) e colesterol ligado à lipoproteína de muito baixa densidade (VLDL), foram determinados pelo método de espectrofotometria com analisador RX Daytona Randox® pelo método de Lawry (1977).

**Figura 8:** Imagens do procedimento de coleta de amostras de sangue para posterior coleta de sobrenadante. A) Coleta de sangue por punção da veia jugular, com canhão e tubo Vacutainer. B) Tubos com sangue coletado e centrifuga ao fundo. C) Coleta de sobrenadante com pipetador. D) Armazenamento de sobrenadante em eppendorf. E) amostras prontas para envio ao laboratório de análises.



Fonte: SILVA, 2022.

### 5.5.2 Respostas glicêmica e insulinêmica

No terceiro dia da semana de coleta total de fezes de cada período, foram realizadas 5 coletas de sangue, sendo a primeira antes da primeira oferta de concentrado do dia, que ocorria as 07hrs. Os horários e coleta foram 6h30, 7h30, 8h30, 9h30 e 10h30. A coleta de sangue para análise de glicose, foi realizada em tubos Vacutainer BD® com Fluoreto de sódio (tampa cinza) com inibidor glicolítico e o anticoagulante EDTA que atua na preservação da morfologia

celular. Para a análise de insulina sérica, o sangue foi colhido em tubos Vacutainer BD® sem anticoagulantes (tampa vermelha) e homogeneizado por inversão de 5 a 8 vezes para evitar hemólise, as amostras foram analisadas pelo método de quimiluminescência (CARSLAKE et al., 2017).

As amostras de glicose e insulina foram mantidas em repouso em temperatura ambiente por aproximadamente 20 minutos e, na sequência, centrifugados por 10 minutos (centrífuga modelo 80-2B-15ML, CentriBio) a 4.000 rpm para a separação de plasma e soro, respectivamente. (STULL & RODIEK, 1988; DE OLIVEIRA RAMALHO et al., 2012). Logo em seguida por meio de um pipetador, o plasma foi coletado e acondicionado em para eppendorf e congelado a -20°C para análise posterior, utilizando o método descrito por Erwin et al. (1961) adaptado por Getachew et al. (2002).

## 5.6 DIGESTIBILIDADE APARENTE TOTAL DOS NUTRIENTES

A análise de alimentos foi realizada por meio das amostras do concentrado e do feno coletados no início do experimento. A avaliação da digestibilidade aparente total dos nutrientes foi realizada por metodologia de coleta total de fezes (CTF). Durante o período de colheitas, a cada 12 horas, o total das fezes foi recolhido, pesado, homogeneizado e uma alíquota de 10% (amostras simples) foi alocada em sacos plásticos identificados e armazenados em freezer -20°C que, ao final dos 5 dias de CTF, formaram as amostras compostas.

Foram avaliados nos alimentos e nas fezes os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), fósforo (P) e cálcio (Ca) de acordo com AOAC (2000). Fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram mensuradas pelo método de partição de fibras proposto por Van Soest et al. (1991). A análise do amido dos alimentos foi realizada de acordo o método enzimático descrito por Pereira & Rossi Junior (1995).

A análise do amido foi realizada segundo o método enzimático descrito por Hendrix (1993). Os carboidratos não estruturais (CNE) serão calculados por



diferença com a metodologia adaptada de Hoffman et al. (2001) e Jose-Cunilleras et al. (2004) sendo  $CNE = 100 - PB - FDNc - EE - MM$ , onde FDNc representa a fração fibrosa corrigida para cinzas.

A partir dos resultados das análises laboratoriais, das estimativas de consumo e produção fecal, serão calculados os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS), proteína bruta (DAPB), extrato etéreo (DAEE), fibra em detergente neutro (DAFDN), fibra em detergente ácido (DAFDA) e da matéria orgânica (DAMO), subtraindo-se a quantidade do nutriente no alimento fornecido da quantidade do nutriente nas fezes durante os períodos de coleta, de acordo com a equação.

$$DA (\%) = (NC - NE) \div NC \times 100$$

DA = Coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes;

NC = Quantidade do nutriente consumido (g);

NE = Quantidade do nutriente excretado nas fezes (g).

## 5.7 PARÂMETROS FECAIS

### 5.7.1 pH fecal

A análise de pH das fezes foi realizada no quinto dia da coleta total de fezes (CTF). As amostras de fezes para mensuração do pH foram coletadas na primeira defecação espontânea após as 07:00 AM (ZEYNER et al., 2004; GOACHET et al., 2014), diluídas na proporção 1:1 de água destilada e homogeneizadas. Na sequência, foi imerso o eletrodo do pHmetro para leitura do pH.

### 5.7.2 Escore de fezes

As análises das características das fezes foram efetuadas no quinto dia da semana de CTF, de forma adaptada a metodologia descrita por Gonçalves et al. (2006), conforme os seguintes critérios: consistência, textura e coloração. As análises das características das fezes foram avaliadas por meio de uma escala de 1 a 5, para estimar a consistência, textura e coloração. Para avaliação de consistência foi considerado 1 para fezes com aspecto pastoso e 5 fezes secas, com relação a textura foi considerado a presença de fibras, com 1 para ausência ou baixa presença e 5 para alta presença de fibras, e a coloração onde 1 para fezes de cor verde claro e 5 de cor preta ou escura. Em todos os parâmetros 3 foi considerado o ideal.

**Figura 9:** Amostras de sílabas fecais em fundo branco para a avaliação do escore de fezes, onde foram avaliadas cor e consistência. A) Fezes recém excretadas. B) Sílabas íntegras. C) Sílabas mal-formadas.



Fonte: SILVA, 2022.

### 5.7.3 Ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e ácido láctico

Para realização das análises de ácidos graxos de cadeia curta (acético, propiônico e butírico), foram coletados 10g de fezes imediatamente após a defecação do quinto dia da semana de CTF, as amostras foram acondicionadas em tubos Falcon. As amostras foram diluídas em uma proporção 2:1 de água destilada e, após homogeneização, o material foi coado em tecido poroso. O conteúdo coado, 4ml de amostra foram transferidos para tubo Vacutainer BD® sem anticoagulante, contendo previamente 1ml de ácido fórmico PA grau HPLC 98-100%. Os tubos foram centrifugados por 12 minutos a 4000 rpm e 2ml do sobrenadante foram transferidos para eppendorf e congelado a -20°C para análise posterior, utilizando o método descrito por Erwin et al. (1961) adaptado por Getachew et al. (2002).

As análises de ácido láctico nas fezes foram coletadas 2 g de fezes da primeira defecação espontânea do dia, armazenadas em tubo Vacutainer BD® sem anticoagulante e congeladas a -20°C, para serem analisadas posteriormente em o método para a determinação do ácido por espectrofotométrico para fluídos biológicos (PRYCE, 1969).

## 5.8 COMPORTAMENTO E CONSUMO DE ÁGUA

### 5.8.1 Avaliação comportamental

O comportamento dos animais foi avaliado no último dia do período de adaptação durante 24 horas. Na baia, os animais foram gravados por câmeras e a avaliação comportamental ocorreu a cada 5 minutos. Quando estavam no momento de socialização, momento que eram soltos em piquete coletivo, foram avaliados por três observadores a cada 2 minutos. Foi utilizado um etograma pré-determinado para definição dos comportamentos (CAANITZ et al., 1991) (Tabela 6).

**Tabela 6:** Etograma utilizado para definição do comportamento dos animais.

<b>Eventos comportamentais</b>	<b>Descrição</b>
ALIMENTAÇÃO	Procura, apreensão, mastigação de alimentos
ÁGUA	Ingestão, deglutição ou procura por água
ÓCIO	Descanso em pé, descanso deitado ou dormindo
DEFECAR	Quantidade de vezes que defecou
URINAR	Quantidade de vezes que urinou
<i>SELF-GROOMING</i>	Lambendo o corpo, mordiscando ou raspando a pele, coçando uma parte do corpo contra outra (Pé ou cabeça), esfregando a pele contra outra superfície do corpo ou contra algum objetivo no ambiente ou rolando
INTERAÇÃO SOCIAL POSITIVA	Aproximação, grooming, comportamento lúdico (brincando)
INTERAÇÃO SOCIAL NEGATIVA	Brigas

COMPORTAMENTOS ESTEREOTIPADOS	Pacing, aerofagia, roer madeira, balançar a cabeça ou dança do urso
OUTROS	Comportamentos não descritos acima

Fonte: FERREIRA, 2020. Adaptado de Caanitz et al. (1991).

### 5.8.2 Consumo de água

O consumo de água foi realizado com mensurações em balde graduado no último dia da adaptação, iniciando às 6h e totalizando um período de avaliação de 24 horas. A quantidade de água disponível foi padronizada às 6h em 20 litros. Às 18h, após a mensuração do que havia sido consumido, a padronização em 20 litros foi realizada novamente. No dia seguinte, foi apenas mensurado a quantidade consumida. As mensurações obtidas a cada 12 horas foram somadas (Figura 10).

Figura 10: Fluxograma da avaliação de consumo de água.



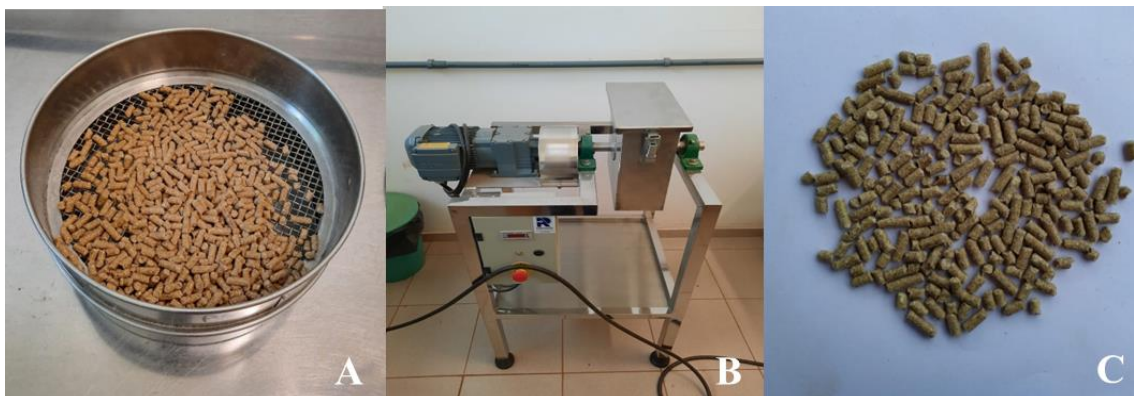
Fonte: SILVA, 2022.

### 5.9 ÍNDICE DE ESTABILIDADE DE PÉLETES

Como forma de avaliar o impacto que a substituição do farelo de trigo pela radícula de malte, pode provocar na estabilidade dos péletes da ração, será realizado a análise do índice de estabilidade de péletes (PDI). Para essa análise será coletada uma amostra de 500g de Péletes de cada ração. Após a pesagem, as amostras serão submetidas ao durabilímetro, um equipamento que simula os tombos que a ração sofre do processamento até a chegada ao produtor.

Nesse equipamento, as amostras serão submetidas a 10 minutos na velocidade angular de 50 rpm. Posteriormente, o material processado passará por uma peneira com furos de evasão de 3 milímetros de diâmetro, sendo assim removidos os Péletes quebrados, os Péletes que se tiveram íntegros serão pesados. O índice de durabilidade do Pélete calculado pela seguinte fórmula:  $PDI = (\text{peso dos Péletes após o teste} / \text{peso dos Péletes antes do teste})$  multiplicado por 100, o que nos dá o índice em porcentagem, cada amostra será avaliada em triplicata (Pfof et al., 1962).

**Figura 11:** Avaliação do índice de estabilidade de estabilidade de péletes. A) Peneira com péletes antes da submissão ao equipamento. B) Durabilímetro. C) Péletes íntegros.



Fonte: SILVA, 2022.

## 5.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Turkey, ao nível de significância de 5%, utilizando o PROC MIXED do Statistical Analysis System (SAS, 2002), para as variáveis que apresentarem significância, elas foram submetidas a análise de regressão linear e quadrática.

Os dados relacionados as repostas glicêmicas e insulinêmicas foram analisadas através da área abaixo da curva, utilizando PROC EXPAND do Statistical Analysis System (SAS, 2002).

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Índice de durabilidade dos péletes

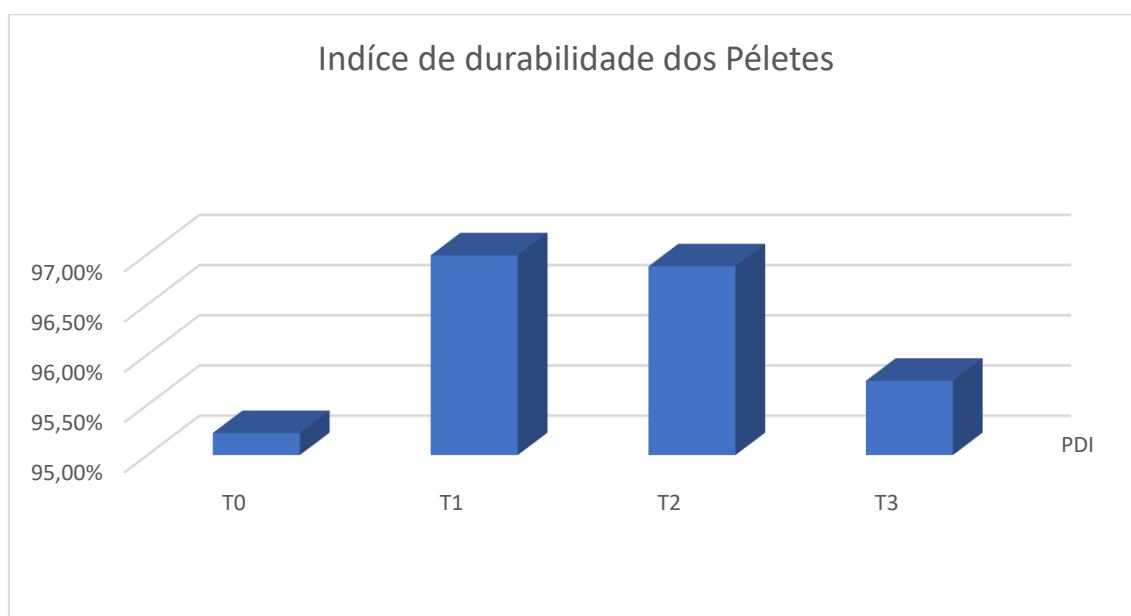
Sabe-se que a ração peletizada tem o propósito de oferecer em cada pélete a mesma composição nutricional (BRANDI & FURTADO, 2009), e por isso é de suma importância que esses péletes permaneçam íntegros da fabricação até o consumo. Com isso, o teste do PDI tem a função de simular os impactos mecânicos que uma ração sofre desde o momento de fabricação até o cocho (LEIBOWITZ et al., 2004). Por meio deste método proposto por Pfof, et al. (1962), avaliamos a diferença entre as rações com os diferentes níveis de substituição do farelo de trigo por radícula de malte. Os resultados encontrados (Tabela 7) revelaram que houve diferença entre as rações, no entanto, todos os índices encontrados ficaram acima de 90%, o que indica uma ótima estabilidade dos péletes (Gráfico 1).

**Tabela 7:** Porcentagem dos índices de durabilidade dos péletes das rações com diferentes níveis de substituição de farelo de trigo por radícula de malte.

Variável	Tratamentos				P > Valor
	RB	B1	B2	B3	
PDI (%)	95,22±0,007 <sup>C</sup>	96,99±0,007 <sup>A</sup>	96,88±0,007 <sup>A</sup>	95,74±0,007 <sup>B</sup>	0.0529

Letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Gráfico 1:** Porcentagem do índice de durabilidade de péletes de rações com diferentes níveis de substituição de farelo de trigo por radícula de malte



## 6.2 Teste de Aceitabilidade

Um dos princípios da determinação de um novo produto é sua aceitabilidade (WIND & MAHAJAN, 1987). Diante disso, um teste de aceitabilidade com ração B3 (ração 100% de substituição do farelo de trigo por radícula de malte) foi realizado, antes do início do experimento, com 10 cavalos Puro Sangue Árabe, o qual obteve 100% de aceitação.

Durante o experimento com os pôneis, apenas um dos oito apresentou recusa a ração B3 (ração com 100% de substituição do farelo de trigo por radícula de malte).

## 6.3 AVALIAÇÃO COMPORTAMENTAL

### 6.3.1 Comportamento individual

Em todos os aspectos comportamentais não houve diferenças significativas, ou seja, a substituição do farelo de trigo por radícula de malte não alterou o comportamento dos pôneis.

Por meio da revisão de literatura, encontramos na composição da radícula de malte uma proteína denominada hordeína, composto classificado pela FEI (Federação Equestre Internacional) como doping eventual, por causar efeitos semelhante a ação da adrenalina (estimulação, agitação, aumento da frequência etc.). No entanto, Frank et al. (1990), revela que a ação desta proteína, quando ingerida via oral, não provoca alteração no comportamento, o que foi comprovado por meio da avaliação comportamental (Tabela 8).

**Tabela 8:** Tempo dedicado (%) para cada comportamento pré-definido por pôneis recebendo dieta submetidos a rações com diferentes níveis de substituição de farelo de trigo por radícula de malte.

Variáveis	Tratamento				P Valor
	RB	B1	T2	B3	
Busca por alimento	28,98±1,78	25,72±1,78	25,21±1,78	27,24±1,78	0,2296
Água	0,56±2,23	0,87±2,23	5,12±2,23	0,64±2,23	0,3649
Ócio	41,58±6,17	38,29±6,17	41,76±6,17	41,32±6,17	0,7850
Fezes	0,10±0,23	0,70±0,23	0,26±0,23	0,15±0,23	0,2521
Urina	-1,4E-17±0,05	-1,4E-17±0,05	0,15±0,05	0±0,05	0,1644
Estereotipias	0,00±0,04	0,05±0,04	0,00±0,04	0,05±0,04	0,5324
Outros	28,78±5,03	34,37±5,03	27,50±5,03	30,59±5,03	0,3753

Letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

### 6.3.2 Comportamento em grupo

Assim como o comportamento individual, o comportamento social também não sofreu efeitos dos tratamentos (Tabela 9).

**Tabela 9:** Tempo dedicado (%) para cada comportamento pré-definido por pôneis recebendo dieta submetidos a rações com diferentes níveis de substituição de farelo de trigo por radícula de malte, soltos em grupo durante 1 hora.

Variáveis	Tratamento				P valor
	RB	B1	B2	B3	
Busca por alimento	76,67±9,05	79,17±9,05	74,58±9,05	75,42±9,05	0,8689
Ócio	15,42±6,43	14,58±6,43	16,67±6,43	14,17±6,43	0,8786
Self-Grooming	0,42±1,18	0,83±1,18	8,88E-16±1,18	2,50±1,18	0,4150
Interação positiva	6,67±2,48	5,00±2,48	6,67±2,48	6,25±2,48	0,9231
Interação negativa	0,84±0,53	0,42±0,53	0,84±0,53	0,42±0,53	0,8339
Outros	2,22E-	2,22E-			
	16±0,54	16±0,54	1,25±0,54	1,25±0,54	0,0966

Letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

### 6.4.3 Consumo de água

Não houve diferenças significativas no consumo de água em nenhuma das rações teste (Tabela 10).

**Tabela 10:** Consumo de água diário (Médias + Erro Padrão) de pôneis recebendo dieta submetidos a rações com diferentes níveis de substituição de farelo de trigo por radícula de malte.

Variável	Tratamentos				P valor
	RB	B1	B2	B3	
Consumo de água	10,00±0,78	9,94±0,78	10,44±0,78	8,88±0,78	0,3917

Letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

### 6.5 Peso e escore de condição corporal

Não houve diferenças significativas quanto as variáveis peso e escore de condição corporal, resultado esperado, já que, a composição bromatológica das rações foram semelhantes, assim como a digestibilidade delas.

**Tabela 11:** Peso e escore de condição corporal (ECC) (Médias ± Erro Padrão) de pôneis submetidos a rações com diferentes níveis de substituição de farelo de trigo por radícula de malte.

Variáveis	Tratamentos				P valor
	RB	B1	B2	B3	
Peso (Kg)	133,38±0,3196	135,81±0,3196	138,13±0,3196	127,88±0,3196	0,3097
ECC (1-9)	5,63±0,3196	5,94±0,3196	6,06±0,3196	6,13±0,3196	0,0817

Letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).



## 6.6 PARÂMETROS FECALIS

### 6.6.1 pH fecal

O pH fecal é utilizado como um indicativo de saúde digestiva, tendo em vista que, está relacionado ao ambiente do trato gastrointestinal, o que pode interferir na quebra de carboidratos (celulose, hemicelulose), consequentemente alterando a produção de ácidos graxos de cadeia curta (CIPRIANO-SALAZAR et al., 2019). Os resultados encontrados (Tabela 12) não apresentaram diferenças significativas, além disso, todos os resultados foram considerados normais, de acordo com os valores descritos por Willing et al. (2009).

**Tabela 12:** Valores de pH (Médias  $\pm$  Erro Padrão) de pôneis recebendo dieta submetidos a rações com diferentes níveis de substituição de farelo de trigo por radícula de malte.

Variável	Tratamentos				P valor
	RB	B1	B2	B3	
pH fecal (0-14)	6,31 $\pm$ 0,18	6,17 $\pm$ 0,18	6,37 $\pm$ 0,18	6,23 $\pm$ 0,18	0,4156

Letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

### 6.6.2 Escore de fezes

Os resultados encontrados revelaram que para os parâmetros de textura e coloração não ocorreu diferenças significativas ( $p > 0,05$ ), quanto a consistência houve diferença significativa, a ração B1 promoveu maior consistência nas fezes (Tabela 13). No entanto, todas as fezes foram avaliadas próximas do ideal.

**Tabela 13:** Valores de escore de fezes (Médias  $\pm$  Erro Padrão) de pôneis recebendo dieta submetidos a rações com diferentes níveis de substituição de farelo de trigo por radícula de malte.

Variáveis	Tratamentos				P valor
	RB	B1	B2	B3	
Umidade (1-5)	3,00 $\pm$ 0,186 <sup>B</sup>	3,50 $\pm$ 0,186 <sup>A</sup>	3,13 $\pm$ 0,186 <sup>AB</sup>	2,88 $\pm$ 0,186 <sup>B</sup>	0,0026
Consistência (1-5)	3,00 $\pm$ 0,127	3,375 $\pm$ 0,127	3,125 $\pm$ 0,127	3,125 $\pm$ 0,127	0,2326
Coloração (1-5)	3,00 $\pm$ 0,21	3,12 $\pm$ 0,21	3,25 $\pm$ 0,21	3,25 $\pm$ 0,21	0,8073

Letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

### 6.6.3 Ácidos graxos de cadeia curta e ácido lático

Não houve alterações significativas nas concentrações de ácidos graxos de cadeia curta, quanto a concentração de ácido láctico também não ocorreu mudanças, mais uma vez afirmando a semelhança do farelo de trigo com a radícula de malte (Tabela 14).

**Tabela 14:** Concentração molar de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e lactato (Médias  $\pm$  Erro) de pôneis recebendo dieta submetidos a rações com diferentes níveis de substituição de farelo de trigo por radícula de malte.

Variáveis	Tratamentos				P valor
	RB	B1	B2	B3	
Acetato(mM)	5,56 $\pm$ 0,95	4,76 $\pm$ 0,95	4,56 $\pm$ 0,95	5,57 $\pm$ 0,95	0,4504
Propionato(mM)	1,78 $\pm$ 0,17	1,36 $\pm$ 0,17	1,43 $\pm$ 0,17	1,67 $\pm$ 0,17	0,4737
Isobutirato (mM)	0,02 $\pm$ 0,004	0,02 $\pm$ 0,004	0,03 $\pm$ 0,004	0,03 $\pm$ 0,004	0,5810
Butirato (mM)	0,39 $\pm$ 0,02	0,22 $\pm$ 0,02	0,33 $\pm$ 0,02	0,39 $\pm$ 0,02	0,5645
Isovalerato (mM)	0,10 $\pm$ 0,04	0,03 $\pm$ 0,04	0,11 $\pm$ 0,04	0,08 $\pm$ 0,04	0,0630
Valerato (mM)	0,07 $\pm$ 0,0008	0,04 $\pm$ 0,0008	0,06 $\pm$ 0,0008	0,07 $\pm$ 0,0008	0,3539
Total AGCC (mM)	7,93 $\pm$ 1,41	6,43 $\pm$ 1,41	6,52 $\pm$ 1,41	7,82 $\pm$ 1,41	0,4612
Ácido Láctico (mM)	5,56 $\pm$ 0,006	4,76 $\pm$ 0,006	4,56 $\pm$ 0,006	5,57 $\pm$ 0,006	0,515

Letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

## 6.7 Digestibilidade aparente total

A digestibilidade de uma dieta indica a sua qualidade. Com isso, podemos observar que além da semelhança bromatológica do farelo de trigo com a radícula de malte, que a digestibilidade não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos em nenhuma das variáveis avaliadas (Tabela 15). Diferente do que foi encontrado na revisão de literatura, onde Mahaligam (2020) relata que o processamento da malteação aumentaria a biodisponibilidade da radícula de malte.

**Tabela 15:** Coeficiente de digestibilidade aparente (CD) (Médias + Erro Padrão) dos nutrientes nas rações com diferentes níveis de substituição de farelo de trigo por radícula de malte.

Variáveis	Tratamentos				P valor
	RB	B1	B2	B3	
CDMS(%)	61,62 $\pm$ 2,19	61,55 $\pm$ 2,19	61,96 $\pm$ 2,19	62,06 $\pm$ 2,19	0,4504
CDPB(%)	71,82 $\pm$ 1,60	73,86 $\pm$ 1,60	72,03 $\pm$ 1,60	72,07 $\pm$ 1,60	0,4737
CDEE(%)	65,01 $\pm$ 6,01	68,80 $\pm$ 6,01	69,19 $\pm$ 6,01	63,78 $\pm$ 6,01	0,5810
CDFDN(%)	50,80 $\pm$ 3,24	50,58 $\pm$ 3,24	50,90 $\pm$ 3,24	50,35 $\pm$ 3,24	0,5645
CDFDA(%)	52,56 $\pm$ 4,74	53,80 $\pm$ 4,74	56,71 $\pm$ 4,74	55,09 $\pm$ 4,74	0,0630
CDMO(%)	61,82 $\pm$ 2,13	62,00 $\pm$ 2,13	62,65 $\pm$ 2,13	62,53 $\pm$ 2,13	0,3539

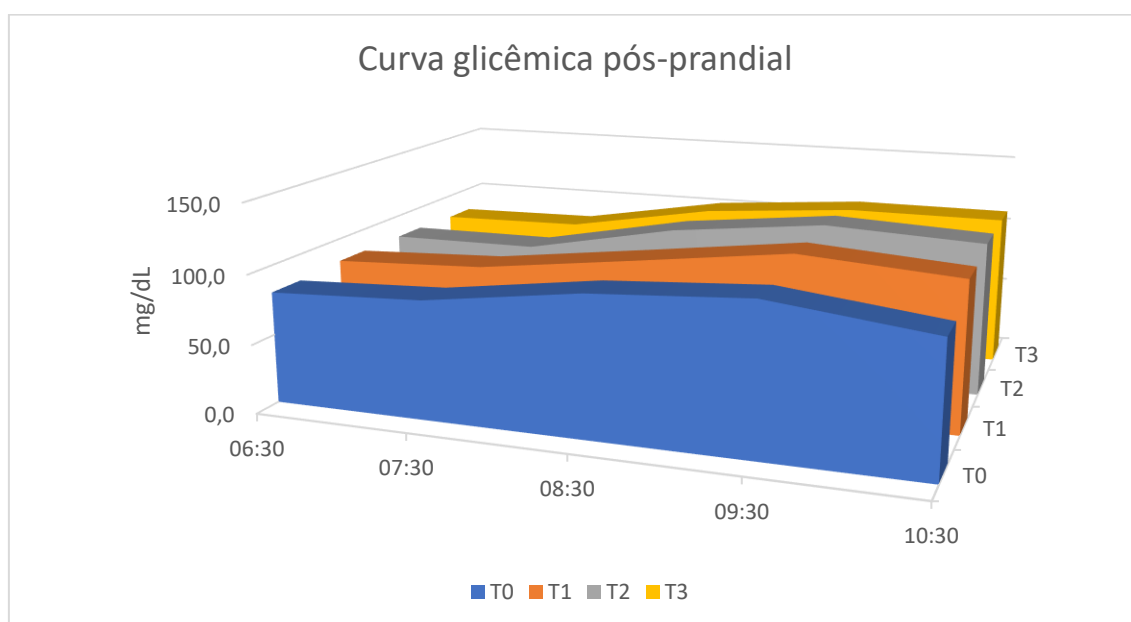
Letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

## 6.8 PARÂMETROS PLASMÁTICOS

### 6.8.1 Curva glicêmica e insulinêmica pós-prandial

No gráfico 2, podemos observar a curva glicêmica pós-prandial, não houve diferença significativa, todos os níveis mantendo-se dentro da faixa de normalidade.

**Gráfico 2:** Curva glicêmica (mg/dL) de pôneis recebendo dieta submetidos a rações com diferentes níveis de substituição de farelo de trigo por radícula de malte.



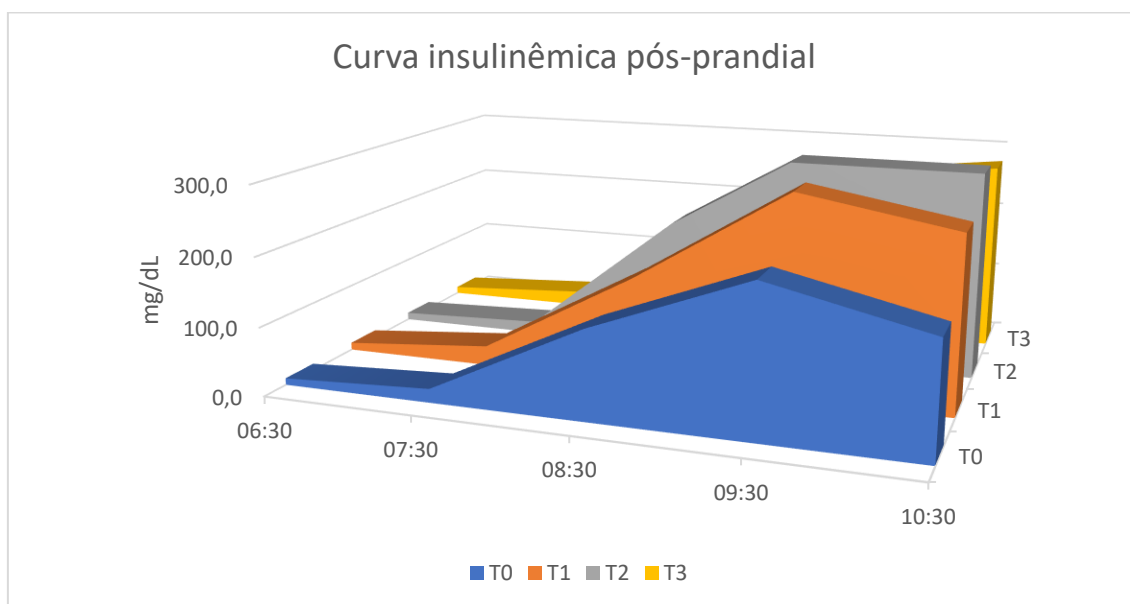
A dieta não promoveu diferença na resposta glicêmica, no entanto, induziu um aumento significativo da insulina e, conseqüentemente, uma resposta insulinêmica alta. Para equinos, uma dieta rica em amido leva a maior valor de insulina basal do que uma dieta rica em açúcar, porém a composição bromatológica das rações, apresentaram valores muito semelhantes, algo que nos leva a deduzir que a estrutura molecular presente nos carboidratos da radícula de malte possui ligações mais simples, o que pode promover maior disponibilidade durante o metabolismo.

A quantidade de amido e açúcar incitar a diminuição da sensibilidade à insulina, principalmente em equinos não obesos (HOFFMAN et al., 2003; TREIBER et al., 2005), condição que os pôneis apresentaram. Além disso,

Bamford et al. (2015) aponta que pôneis apresentam resposta insulinêmica mais acentuada em relação a outras raças.

Por fim, de acordo, com os resultados, é indicado que a radícula de malte substitua até 33% do farelo de trigo.

**Gráfico 3:** Curva insulinêmica (mg/dL) de pôneis recebendo dieta submetidos a rações com diferentes níveis de substituição de farelo de trigo por radícula de malte.

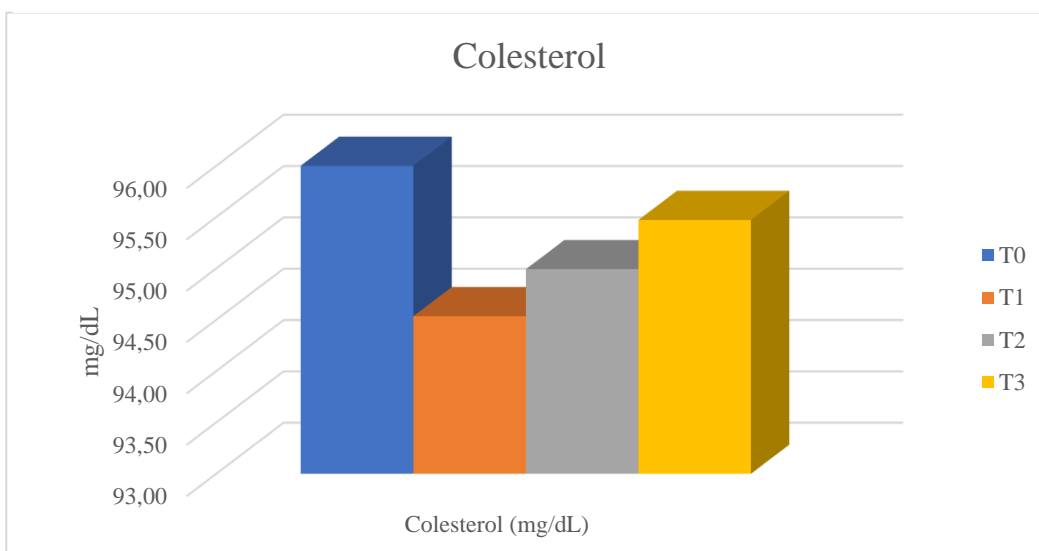


## 6.8.2 Gordura plasmática

### 6.8.2.1 Colesterol

Não houve diferença significativa entre os tratamentos, todos promoveram concentrações dentro da faixa de referência (75 e 150 mg/dL).

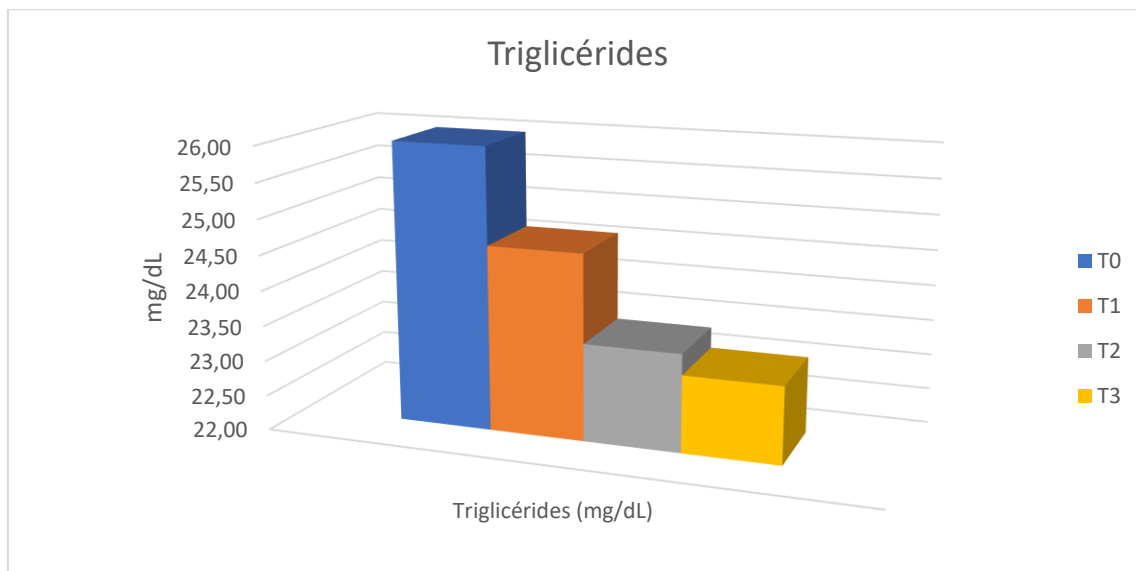
**Gráfico 4:** Níveis de concentração de colesterol (mg/dL), promovida por dietas com diferentes níveis de inclusão de radícula de malte em pôneis.



### 6.8.2.2 Triglicérides

Não houve diferenças significativas entre os tratamentos, todos encaixando-se na faixa de normalidade de triglicérides (4-44 mg/dL), de acordo com o gráfico 5, todas as rações promoveram níveis de triglicerídeos adequados.

**Gráfico 5:** Níveis de concentração de triglicérides (mg/dL), promovida por dietas com diferentes níveis de inclusão de radícula de malte em pôneis.

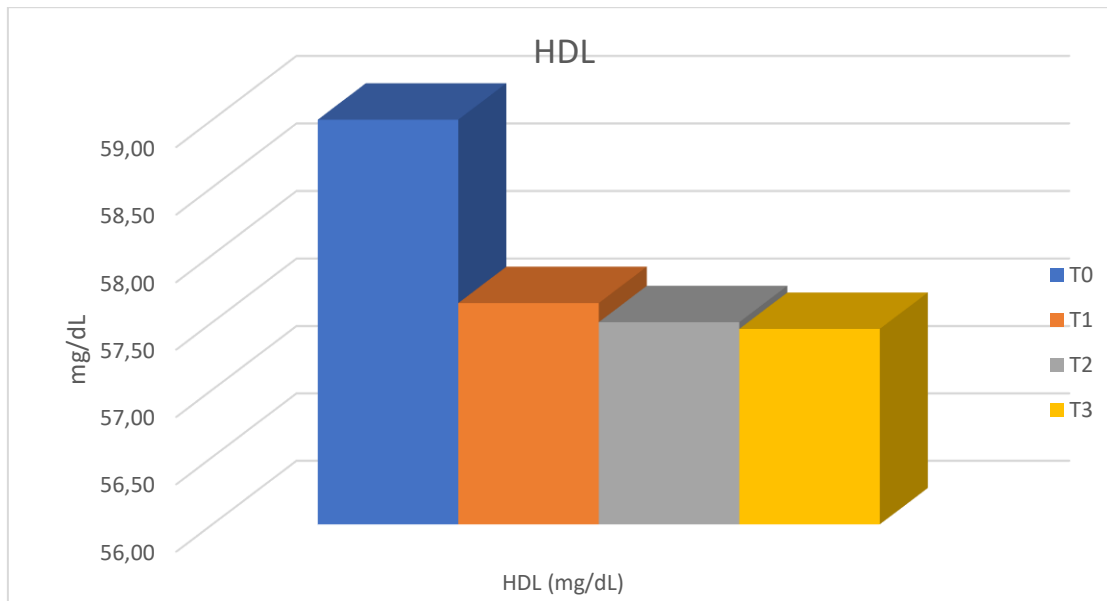


#### 6.8.2.3 LDL, HDL e VLDL

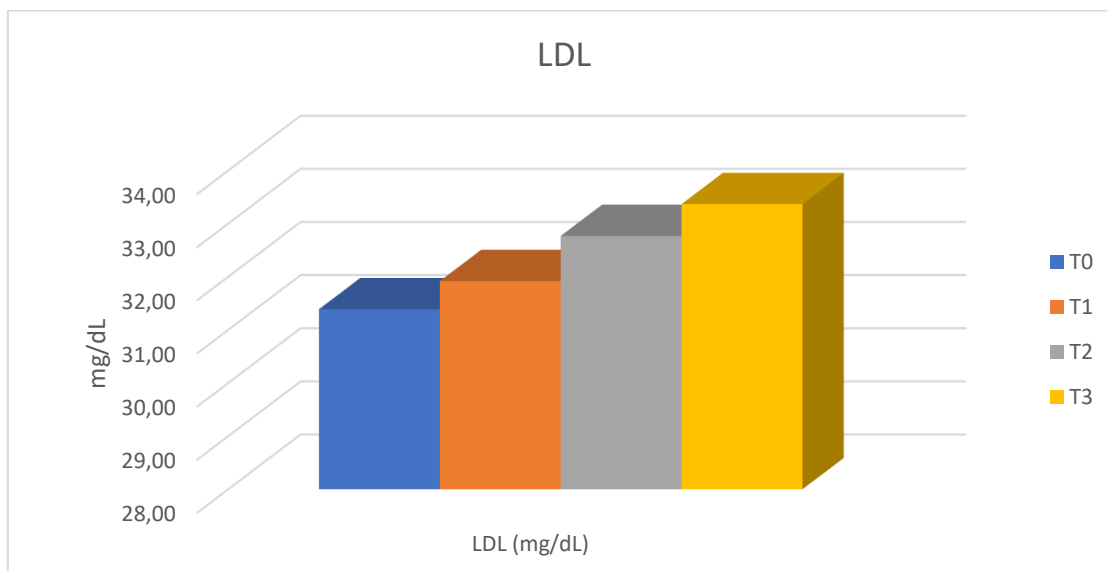
Os gráficos 6, 7 e 8 representam as concentrações plasmáticas promovidas pelas rações com diferentes níveis de substituição de farelo de trigo por radícula de malte, seguindo as referências da faixa de normalidade de resultados de cada parâmetro analisado. de 19,1 a 38,87 mg dL para o LDL; de 52,20 a 90,0 mg dL para o HDL; e de 0,77 a 7,9 mg dL VLDL (BRUSS, 2008; GOBESSO et al., 2011). Todos os tratamentos estão dentro da faixa de normalidade.

Não houve diferença significativas entre os tratamentos, exceto na variável HDL, onde existe a indicação que quanto maior a substituição de farelo de trigo por radícula de malte, menor as concentrações de HDL. No entanto, todos os resultados mantiveram-se dentro da normalidade.

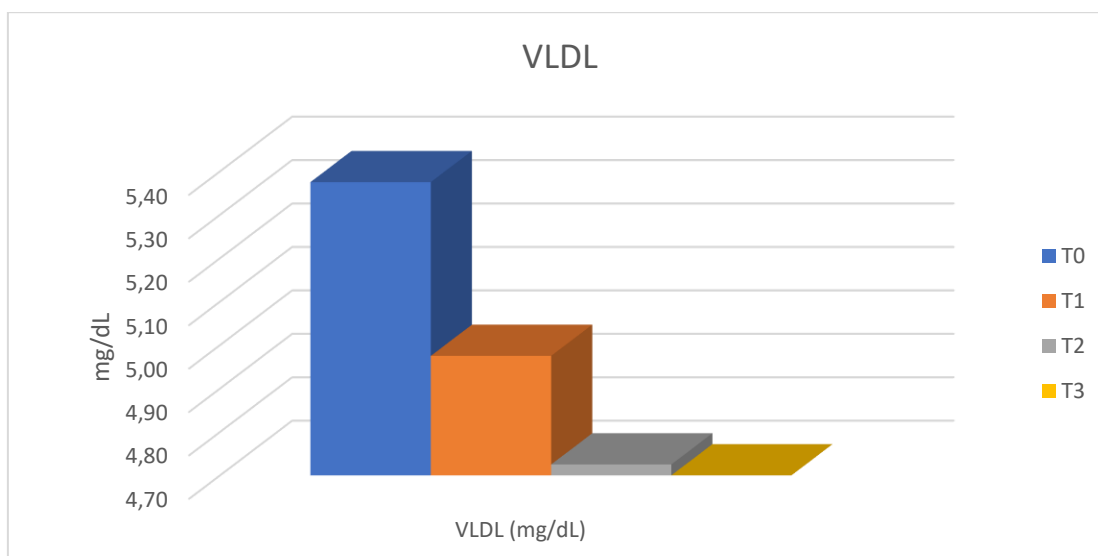
**Gráfico 6:** Níveis de concentração de HDL (mg/dL), promovida por dietas com diferentes níveis de inclusão de radícula de malte em pôneis.



**Gráfico 7:** Níveis de concentração de LDL (mg/dL), promovida por dietas com diferentes níveis de inclusão de radícula de malte em pôneis.



**Gráfico 8:** Níveis de concentração de VLDL (mg/dL), promovida por dietas com diferentes níveis de inclusão de radícula de malte em pôneis.



**Tabela 16:** Colesterol e triglicérides de pôneis (Médias + Erro Padrão) recebendo dieta submetidos a rações com diferentes níveis de substituição de farelo de trigo por radícula de malte.

Variáveis	Tratamentos				P valor
	RB	B1	B2	B3	
Insulina (mg/dL)	9,66±2,74	10,83±2,74	10,91±2,74	10,65±2,74	0,9624
Glicose (mg/dL)	80,83±1,35	83,09±1,35	82,96±1,35	81,69±1,35	0,3023
Triglicérides(mg/dL)	26,24±4,59	24,24±4,59	22,36±4,59	21,85±4,59	0,2518
Colesterol (mg/dL)	96,03±5,34	94,16±5,34	94,85±5,34	95,69±5,34	0,6941
HDL(mg/dL)	59,26±2,10 <sup>A</sup>	57,24±2,10 <sup>AB</sup>	57,03±2,10 <sup>B</sup>	56,94±2,10 <sup>B</sup>	0,0223
LDL(mg/dL)	31,39±4,21	32,05±4,21	33,33±4,21	34,38±4,21	0,0764
VLDL(mg/dL)	5,38±0,93	4,88±0,93	4,50±0,93	4,38±0,93	0,2762

Letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).



## **7 CONCLUSÕES**

De acordo com os resultados, podemos concluir que o uso da radícula de malte para equídeos é seguro e pode substituir até 100% o farelo de trigo, sem prejudicar a saúde digestiva, comportamento, parâmetros plasmáticos, fecais e digestibilidade, além disso, a substituição promoveu melhor índice de durabilidade aos péletes da ração.

## **IMPLICAÇÕES**

As dietas de equinos são compostas em maior parte por forragens, no entanto, muitos equinos recebem concentrados, compostos por grãos e cereais que também são utilizados na dieta humana. Constantemente a indústria de rações para animais procura novos ingredientes que possam substituir total ou parcialmente insumos já consolidados. Com isso, este trabalho propõe a utilização da radícula de malte como um novo ingrediente para uso em fórmulas de dietas para equinos.

Além das contribuições comerciais, o trabalho visa a avaliação da radícula de malte com um novo ingrediente. Por meio das avaliações dos parâmetros comportamentais, fecais e de análises plasmáticas, o que nos dá subsídio para utilização de radícula de malte, visando melhor desempenho nutricional e saúde digestiva para equinos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABORUS, Naji Elhadi et al. Powdered barley sprouts: composition, functionality and polyphenol digestibility. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 52, n. 1, p. 231-238, 2017.

ARONOFF, S. L., BERKOWITZ, K., SHREINER, B., WANT, L. Glucose metabolism and regulation: beyond insulin and glucagon. **Diabetes spectrum**, v. 17, n. 3, p. 183- 190, 2004.

BAMFORTH, C. W. "Malting technology and the uses of malt" in MACGREGOR, A. W (org). Barley chemistry and technology, Minnesota, USA: **American Association of Cereal Chemists**, Inc., 486p. 1993.

BAMFORD, N. J., BASKERVILLE, C. L., HARRIS, P. A., BAILEY, S. R. Postprandial glucose, insulin, and glucagon-like peptide-1 responses of different equine breeds adapted to meals containing micronized maize. *Journal of animal science*, v. 93, n. 7, p. 3377-3383, 2015.

BARROS, Caio Nunes de. Determinação da aceitabilidade entre os aromatizantes de banana e menta para equinos. **Dissertações - Biotecnologia Animal** - FMVZ. 2018.

BELLAVER, Claudio et al. Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. In: Embrapa Suínos e Aves-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: **reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia**, 21., 1984, Belo Horizonte. Anais...Belo Horizonte: SBZ, 1984, 1984.

BONNELLY, Samuel et al. Antioxidant activity of malt rootlet extracts. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 48, n. 7, p. 2785-2792, 2000.

BRANDI, Roberta Ariboni; FURTADO, Carlos Eduardo. Importância nutricional e metabólica da fibra na dieta de equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 246-258, 2009.

BRASIL. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução – CNNPA n° 12 de 1978. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12\\_78\\_malte.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_78_malte.htm)>. Acesso em: 25 jul. 2011.**

BUDARAJU, Sravanthi et al. Effect of pre-treatments on the antioxidant potential of phenolic extracts from barley malt rootlets. **Food chemistry**, v. 266, p. 31-37, 2018.

CAANITZ, H., O'LEARY, L., HOUP, K., PETERSSON, K., HINTZ, H. Effect of exercise on equine behavior. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 31, n. 1-2, p. 1-12, 1991.

DE OLIVEIRA RAMALHO, L., CAIADO, J. C. C., DE SOUZA, V. R. C., COELHO, C. S. Glicemia e concentrações séricas de insulina, triglicérides e cortisol em equinos da raça quarto de milha e mestiços usados em provas de laço em dupla. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 49, n. 4, p. 318-324, 2012.

ERWIN, E. S.; MARCO, G. J.; EMERY, E. M. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. **Journal of Dairy Science**, v.44, n.9, p.1768-1771, 1961.

FERREIRA, J. R. M. Evaluation of a phytotherapeutic as food additive on digestive and inflammatory parameters of horses fed a high starch diet. 2020. 97 f. **Dissertação (Mestrado em Ciências)** – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2021.

GETACHEW, G.; MAKKAR, H. O. S.; BECKER, K. Tropical browses: contents of phenolic compounds, *in vitro* gas production and stoichiometric relationship between short chain fatty acid and *in vitro* gas production. **Journal of Agricultural Science**, v.139, p.341-352, 2002.

GOACHET, A. G. et al. Effect of physical training on nutrient digestibility and fecal fermentative parameters in Standardbred horses. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 98, n. 6, p. 1081-1087, 2014.

GONÇALVES, S. et al. Using feces characteristics as a criterion for the diagnosis of colic in the horse: a clinical review of 207 cases. **Revue de Médecine Vétérinaire**, n.157, v.1, p.3-10, 2006. Disponível em: Acesso em: 15 jun. 2008.

GRIME, K. H.; BRIGGS, D. E. Release and activation of barley  $\beta$ -amylase. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 101, n. 5, p. 337-343, 1995.

HALL, M.B.; HEREJK, C. Differences in yields of microbial crude protein from *in vitro* fermentation of carbohydrates. **Journal of Dairy Science**, v.84, p.2486-2493, 2001.

HASHISH, S. M., and LD ABD EL SAMEE. Egg yolk cholesterol of hens fed barley malt rootlets. **Iranian Journal Of Applied Animal Science**. 83-88, 2012.

HASHITANI, Yoshitaka. On the chemical constituents of malt-rootlets with special reference to hordenine. **Journal of the College of Agriculture**, Hokkaido Imperial University, Sapporo, Japan, v. 14, n. 1, p. 1-56, 1925.

HEGAZI, Sayed M. et al. Nutritive value of barley rootlets, a by-product of malting. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 26, n. 8, p. 1077-1081, 1975.

HELESKI, C. R. et al. Influence of housing on weanling horse behavior and subsequent welfare. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 78, n. 2-4, p. 291-302, 2002.

HENNEKE, D. R. et al. Relationship between condition score, physical measurements and body fat percentage in mares. **Equine veterinary journal**, v. 15, n. 4, p. 371-372, 1983.

HOFFMAN, R. M., BOSTON, R. C., STEFANOVSKI, D., KRONFELD, D. S., HARRIS, P. A. Obesity and diet affect glucose dynamics and insulin sensitivity in Thoroughbred geldings. **J. Anim. Sci.**, p. 2333-2342, 2003.

HOFFMAN, R. M. Carbohydrate metabolism and metabolic disorders in horses. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.38, p.270-276, 2009.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE (INRA) requirements, recommended allowances and feed tables. **Equine nutrition, INRA nutrient.** 2015.

JIANG, G., & ZHANG, B. B. Glucagon and regulation of glucose metabolism. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 284, n. 4, p. E671-E678, 2003.

KUNZE, Wolfgang. **Technology brewing and malting.** 2. ed. Berlin: Vlb Berlin, p 726. 1999.

MAHALINGAM, Ramamurthy. Analysis of the Barley Malt Rootlet Proteome. **International journal of molecular sciences**, v. 21, n. 1, p. 179, 2020.

MARCHELLO, E. V., SCHURG, W. A., MARCHELLO, J. A., CUNEO, S. P. Changes in lipoprotein composition in horses fed a fat-supplemented diet. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 20, n. 7, p. 453-458, 2000.

MCKENZIE, H. C. Equine hyperlipidemias. **Veterinary Clinics: Equine Practice**, v. 27, n. 1, p. 59-72, 2011.

MEGLASSON, M. D., & MATSCHINSKY, F. M. Pancreatic islet glucose metabolism and regulation of insulin secretion. **Diabetes/metabolism reviews**, v. 2, n. 3-4, p. 163-214, 1986.

NOVELLO, Daiana; FONSECA, Ricardo Alves da; SANTOS, Jamile Kailer dos. Efeito da adição de radícula de malte na ração de frangos de corte: composição

físico-química e perfil de ácidos graxos da carne. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, n. 1, p. 93-100, 2012.

NURFETA, Ajobu; ABDU, Yunus. Feeding value of different levels of malt sprout and katikala atella on nutrient utilization and growth performance of sheep fed basal diet of Rhodes grass hay. **Tropical animal health and production**, v. 46, n. 3, p. 541-547, 2014.

OLIVEIRA R., Larize et al. Glicemia e concentrações séricas de insulina, triglicérides e cortisol em equinos da raça quarto de milha e mestiços usados em provas de laço em dupla. Brazilian Journal of **Veterinary Research and Animal Science**, v. 49, n. 4, p. 318324, 2012.

PFOST, H.B.; ALLEN, R.M.; GUTEKUNST, G.; MONTI, W.; STROUP, R.L. A Standard Method of Measuring Pellet Quality. **Proceedings of the 1962 Feed Production**, Chapter 4, 1962.

PORTO, Paula de Donati. Tecnologia de fabricação de malte: uma revisão. 2011.

PRYCE, J. D. A modification of the Barker-Summerson method for the determination of lactic acid. **Analyst**, v. 94, n. 1125, p. 1151-1152, 1969.

REZENDE, Marcelo José de Mello et al. Comportamento de cavalos estabulados do exército brasileiro em Brasília. **Universidade de Brasília**. 2006.

ROSE, Richard C. Ascorbic acid metabolism in protection against free radicals: a radiation model. **Biochemical and biophysical research communications**, v. 169, n. 2, p. 430436, 1990.

SAS, Statistical Analysis System. Version 9.0. **SAS Institute Inc.** Cary, NC. 2002.

SIDAGIS, Darius; UCHOCKIS, Virginijus; BLIZNIKAS, Saulius. Effect of malt sprouts on nutrient fermentation in the rumen of cows and their productivity. **Veterinarija ir Zootechnika**, v. 65, n. 87, 2013.

SINGH, A. k et al. Enhancement of attributes of cereals by germination and fermentation: a review. **Food Science and Nutrition**, v. 55, n. 11, p. 15751589, 2015.

STULL, Carolyn L.; RODIEK, Anne V. Responses of blood glucose, insulin and cortisol concentrations to common equine diets. **The Journal of nutrition**, v. 118, n. 2, p. 206-213, 1988.

TREIBER, K. H., BOSTON, R. C., KRONFELD, D. S., STANIAR, W. B., HARRIS, P. A. Insulin resistance and compensation in Thoroughbred weanlings adapted

to highglycemic meals. *Journal of animal science*, v. 83, n. 10, p. 2357-2364, 2005.

TSCHOPE, E. C.; Nohel, F. A malteação da cevada. Vassouras: **SENAI** - RJ, 1999.

VAN SOEST, PJ van; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutraldetergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of dairy science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

VIDAL, M. P.; AFERRI, G.; PEREIRA, A. S. C.; GAMEIRO, A. H. Modelo matemático para análise econômica de dietas: uma aplicação na avaliação dos diferentes cereais utilizados na alimentação de cordeiros em confinamento. **Boletim de Indústria Animal** (Online), v. 71, p. 273-283, 2014.

WIND, Jerry; MAHAJAN, Vijay. Marketing hype: a new perspective for new product research and introduction. **Journal of Product Innovation Management**, v. 4, n. 1, p. 43-49, 1987.

ZEYNER, A.; GEIBLER, C.; DITTRICH, A. Effects of hay intake and feeding sequence on variables in faeces and faecal water (dry matter, pH value, organic acids, ammonia, buffering capacity) of horses. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 88, n. 1- 2, p. 7-19, 2004.

ZSCHOERPER, Otto Paulo. **Apostila curso cervejeiro e malteador - AMBEV**. Porto Alegre:Ambev, 2009.