KÁTIA FELTRE

**Produção, utilização e comercialização de dieta completa
peletizada ou extrusada para equinos**

Pirassununga

2017

KÁTIA FELTRE

Produção, utilização e comercialização de dieta completa peletizada ou extrusada para equinos

Tese 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 Doutor em Ciências.

Departamento:

Nutrição e Produção Animal (VNP)

Área de concentração:

Nutrição e Produção Animal

Orientador:

Prof. Dr. Alexandre Augusto de Oliveira Gobesso

De acordo:

Orientador

São Paulo
2017

Obs: A versão original se encontra disponível na Biblioteca da FMVZ/USP

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

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

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

T.3504
FMVZ

Feltre, Kátia
Produção, utilização e comercialização de dieta completa peletizada ou extrusada
para equinos / Kátia Feltre. -- 2017.
127 p.

Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e
Zootecnia. Departamento de Nutrição e Produção Animal, Pirassununga, 2017.

Programa de Pós-Graduação: Nutrição e Produção Animal.

Área de concentração: Nutrição e Produção Animal.

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

1. Cavalos. 2. Economia. 3. Metabolismo. 4. Nutrição. 5. Processamento. I. Título.

Parecer da Comissão de Ética

FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Comissão de Ética no Uso de Animais

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado "Produção, utilização e comercialização de dieta completa peletizada e extrusada para equinos", protocolado sob o CEUA nº 610004, sob a responsabilidade de **Alexandre Augusto de Oliveira Gobesso** - 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 **aprovado** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (CEUA/FMZV) na reunião de 17/06/2015.

We certify that the proposal "Production, use and marketing of pelleted and extruded complete diet for horses", utilizing 8 Equines (8 males), protocol number CEUA 610004, under the responsibility of **Alexandre Augusto de Oliveira Gobesso** - 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 University of São Paulo (CEUA/FMZV) in the meeting of 06/17/2015.

Finalidade da Proposta: **Pesquisa**

Vigência da Proposta: de **01/2014** a **01/2015**

Área: **Nutrição E Produção Animal**

Procedência: **HOVET/FMZV/USP**

Espécie: **Equídeos**

sexo: **Machos**

idade: **a**

N: **8**

Linagem: **Mini horse**

Peso: **a**

Resumo: O projeto utilizará 8 equídeos para avaliar a inclusão de dieta completa peletizada produzida com diferentes gramíneas comparando com o arraçoamento tradicional (feno e concentrado) nos parâmetros comportamentais e nutricionais dos equinos. Apresentará alternativas que facilitam o manejo dos equinos nas propriedades bem como fornecerá ao proprietário um produto de boa qualidade e baixo custo e que viabilize a criação de equinos, principalmente para regiões com pouca variedade de espécies forrageiras utilizadas na alimentação desses animais.

Local do experimento:

São Paulo, 19 de abril de 2016

Profa. Dra. Denise Tabacchi Fantoni
Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

Roseli da Costa Gomes
Secretaria Executiva da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: FELTRE, Kátia

Título: Produção, utilização e comercialização de dieta completa peletizada ou extrusada para equinos

Tese 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 Doutor em Ciências.

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

*Aos meus amados pais, Olavo e Maria e
Às minhas queridas irmãs, Cristiane e Claudia
Dedico esta obra.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a todos os anjos que me acompanharam durante toda minha vida, me iluminando e indicando o melhor caminho a seguir. Que me deram forças para remover as pedras do meu caminho da melhor maneira possível. Que me deram paciência e sabedoria para lidar com as situações do dia-a-dia. Amém.

Aos meus maiores exemplos de vida, Olavo Feltre e Maria Carregari Feltre, que neste momento, não existem palavras para agradecer tudo o que fizeram por mim. Tudo o que sou e o que consegui são por causa do amor, carinho e incentivo que sempre me proporcionaram. Todos os dias eles me ensinam que a perseverança, a paciência, a honestidade e a determinação são fundamentais para alcançar nossos objetivos com sucesso. Às minhas amadas irmãs, amigas e cúmplices, Cristiane e Claudia Feltre, que sempre foram minhas inspirações além de me incentivar, me aconselhar e me acudir nos momentos difíceis. Agradeço ao meu cunhado/irmão Lázaro Melo (Tico) que sempre me proporciona momento de grandes alegrias e descontração e que, junto à minha irmã Claudia, me presenteou com a minha primeira sobrinha, Heloísa Feltre Melo, trazendo imensas alegrias e o prazer de experimentar a sensação de ser tia. À minha doce e pequena cadela Belinha, minha companheira de estrada e caminhadas que muito me ajudou desde que a adotei. Minha família é minha fortaleza, uma jóia muito rara, que amo e defendo com todas as forças que posso. Vocês são fundamentais na minha vida.

Agradeço ao meu mentor Alexandre Augusto de Oliveira Gobesso que me recebeu de braços abertos mesmo ciente da minha inexperiência com cavalos. Obrigada pela confiança, paciência e pela oportunidade de desenvolver esse projeto e por me proporcionar valiosos ensinamentos.

Obrigada aos funcionários do Departamento de Nutrição e Produção Animal (VNP), em especial à querida Edna Cunha que muitas vezes cedeu seus ouvidos e me aconselhou a seguir sempre pelo melhor caminho; ao professor Júlio Balieiro pela paciência e por tantas vezes me orientar nessa loucura chamada “estatística” e ao professor Augusto Hauber Gameiro por ter sido tão paciente com minha inexperiência na chamada Economia.

Agradeço também a todos os alunos pós-graduação e graduação integrantes do grupo LabEqui, que me ajudaram na execução do trabalho e me proporcionaram grandes alegrias, além de me confirmarem que nenhum de nós é tão importante

quanto todos nós juntos. Agradecimento especial às minhas amigas para toda vida laçanã Ferreira e Mayara Palagi que me receberam de braços abertos e me ensinaram tudo com muito carinho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela bolsa concedida e à empresa Nutriltex pelo auxílio financeiro para a realização desse trabalho.

Aos 8 anões protagonistas dessa história Dunga, Dengoso, Feliz, Zangado, Atchim, Branco de Neve, Soneca e Mestre, que foram fundamentais tanto para a realização desse trabalho, quanto para meu crescimento pessoal e profissional, me ensinando com muita paciência e cumplicidade o respeito e a dedicação que devemos ter com os animais. Não só a eles, mas também ao restante da turma: Maxiums, Taleeze, Al-Rhi, Darius, L'Espoir, Malcon, Shawan, Ramsey, Jazz, Jaffar, Britain e demais animais que pude ter o prazer de conhecer, e que me ensinaram que antes de ser um excelente profissional é preciso ser um bom humano.

Quando cheguei, minha experiência com cavalos era praticamente nula e, por isso, muitas vezes fui criticada por assumir posição de responsabilidade no laboratório. Porém, as críticas, e também os elogios, só aguçaram minha vontade de ser mais e melhor; de correr atrás daquilo que realmente me importava. Não digo que me tornei a pessoa mais experiente na área, pois ainda tenho muito que aprender, mas posso dizer que termino esse doutorado ciente de que minha “bagagem” ficou mais pesada e que sou melhor do que quando entrei.

Obrigada a todos!

RESUMO

FELTRE, K. **Produção, utilização e comercialização de dieta completa peletizada ou extrusada para equinos**. [Production, use and marketing of pelleted or extruded complete diet for horses]. 2017. 127f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

O objetivo dessa pesquisa foi avaliar os efeitos de um produto completo, peletizado ou extrusado, composto por diferentes fontes de fibra (rolão de milho, capim-elefante desidratado e feno de Tifton 85) no manejo alimentar de equinos bem como a sua viabilidade econômica. Foram utilizados oito pôneis, machos, castrados da raça Mini-Horse. As dietas foram divididas em *Dieta Controle* (50% de feno de Tifton 85 e 50% de concentrado peletizado, fornecidos separadamente) e *Dieta Completa* (50% de volumoso mais concentrado) fornecidas como produto único. O delineamento experimental foi dois Quadrados Latinos balanceados em esquema fatorial 2x4, com aplicação de contrastes a fim de comparar os efeitos do processamento em relação à dieta controle. Para comparar os efeitos dentro das dietas processadas, procedeu-se com a exclusão do grupo controle aplicando-se esquema fatorial 2x3. Para os resultados significativos, foi utilizado o teste de Tukey com $p < 0,05$. Foram realizados quatro períodos com 20 dias cada intercalados por 21 dias de intervalo. As variáveis avaliadas foram: parâmetros sanguíneos e fecais, os Coeficientes de Digestibilidade Aparente dos nutrientes (CDA) e a viabilidade econômica da produção. Os resultados dos contrastes apontaram diferenças ($p < 0,05$) para as frequências (%) do tempo em pé, de alimentação e de deslocamento e no tempo de ingestão da dieta (minutos); para a Área Abaixo da Curva (AAC) de glicose (G) e insulina (In); para a concentração de colesterol; nos CDA da matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA). A comparação feita entre as dietas processadas mostrou que a fonte de fibra interferiu ($p < 0,05$) nos valores de AAC-In: a dieta com rolão de milho apresentou maior AAC-In. O CDA da MS e da Matéria Orgânica foi menor para a dieta contendo capim-elefante desidratado. Para os CDA da FDN e FDA, a dieta com capim-tifton 85 apresentou melhores resultados. O processamento interferiu ($p < 0,05$) na AAC-G e AAC-In: a peletização resultou em maior AAC em relação ao produto extrusado; na concentração de ácido láctico nas fezes: a peletização apresentou maiores concentrações em relação à extrusão; no CDA da FDA: a extrusão melhorou a digestibilidade aparente para essa variável. Houve efeito interativo ($p < 0,05$) para as

concentrações de triglicérides e lipoproteína de muito baixa densidade: a dieta com feno de Tifton 85 extrusado apresentou maiores concentrações em relação à dieta contendo rolão de milho; e para o CDA do extrato etéreo (EE): a dieta contendo rolão de milho peletizado apresentou maior CDA em relação à extrusada. A análise econômica considerou os itens que compõem os custos de produção, desde a produção agrícola do volumoso até a comercialização da Dieta Completa e mostrou-se viável economicamente nos três cenários propostos. Pode-se concluir que as fontes de fibra interferem na AAC-In e na digestibilidade aparente dos nutrientes; o processamento interfere nas AAC de glicose e Insulina, bem como nas concentrações de ácido láctico e na digestibilidade aparente dos nutrientes. Além disso, a interação entre esses fatores influenciam no metabolismo lipídico e no CDA do EE. Porém, esses resultados não trazem prejuízos comportamentais e metabólicos aos equinos.

Palavras-chave: Cavalos. Economia. Metabolismo. Nutrição. Processamento.

ABSTRACT

FELTRE, K. **Production, use and marketing of pelleted or extruded complete diet for horses.** [Produção, utilização e comercialização de dieta completa peletizada ou extrusada para equinos]. 2017. 127f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

The aim of this research was to evaluate the effects of a complete product, pelleted or extruded, composed of different sources of fiber (dehydrated whole corn plant, dehydrated elephant-grass and Tifton 85 hay) in equine feeding management as well as its economic feasibility. For this research, we used eight male, geldings, ponies of the Mini-Horse breed. Diets were divided into Control Diet (50% Tifton 85 hay and 50% pelleted concentrate, supplied separately) and Complete Diet (50% roughage more 50% concentrated) provided as a single product. The experimental design was two Latin Squares balanced in a 2x4 factorial scheme, with contrasts applied in order to compare the effects of processing in relation to the control diet. In order to compare the effects within the processed diets, we proceeded to the exclusion of the control group applying a 2x3 factorial scheme. For the significant results, Tukey's test was used with $p < 0.05$. We used four periods with 20 days each, intercalated for 21 days of washout. We evaluated the following variables: blood and fecal parameters, the Apparent Digestibility Coefficients of the nutrients (ADC) and the economic feasibility of the production. The results of the contrasts indicated differences ($p < 0.05$) in the frequencies (%) of standing time, feeding and locomotion, and time of diet intake (minutes); for the Area Under the Curve (AUC) of glucose (G) and insulin (In); for cholesterol concentration; in ADC of dry matter (DM), neutral detergent fiber (NDF) and acid (ADF). The comparison made between the processed diets showed that the fiber source interfered ($p < 0.05$) in the AUC-In values: the dehydrated whole corn plant diet presented higher AUC-In. The ADC of DM and Organic Matter was lower for the diet containing dehydrated elephant-grass. For the ADC of NDF and ADF, the tifton 85 grass diet presented better results. Processing interfered ($p < 0.05$) in AUC-G and AUC-In: pelleting resulted in higher AUC in relation to the extrusion; in the concentration of lactic acid in feces: the pelleting presented higher concentrations in relation to the extrusion; in the ADC of ADF: the extrusion improved the apparent digestibility for this variable. There was an interactive effect ($p < 0.05$) for the concentrations of triglycerides and very low density lipoprotein: the diet with extruded Tifton 85 hay presented higher

concentrations in relation to the diet containing dehydrated whole corn plant; for the ADC of the ethereal extract (EE): the diet containing pelletized dehydrated whole corn plant, presented higher ADC than the extruded one. The economic analysis considered the items that make up the costs of production, from the agricultural production of the hay to the commercialization of the Complete Diet, and was economically feasible in the three proposed scenarios. It can be concluded that fiber sources interfere in AUC-In and apparent digestibility of nutrients; the processing interferes in AUC of glucose and Insulin, as well as in fecal lactic acid concentrations and in the apparent digestibility of the nutrients. In addition, the interaction between these factors influences the lipid metabolism and the ADC of the EE. However, these results do not bring behavioral and metabolic damages to horses.

Keywords: Horses. Economy. Metabolism. Nutrition. Processing

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Dados climáticos referentes ao período de coleta de dados.....	48
Figura 2 - Representação gráfica do período experimental.....	49
Figura 3 - Área abaixo da curva de glicose ($\text{mg dL}^{-1} \text{ h}^{-1}$) e insulina ($\mu\text{UI mL}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de pôneis alimentados com dietas completas produzidas com diferentes fontes de fibra (média±erro padrão).....	72
Figura 4 - Área abaixo da curva de glicose ($\text{mg dL}^{-1} \text{ h}^{-1}$) e insulina ($\mu\text{UI mL}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de pôneis alimentados com dietas completas peletizadas e extrusadas (média±erro padrão)	73
Figura 5 - Desdobramento da interação tratamento*processamento para as concentrações de VLDL _c (mg dL^{-1} ; média±erro padrão).....	79
Figura 6 - Desdobramento da interação tratamento*processamento para as concentrações de triglicérides (mg dL^{-1} ; média±erro padrão).....	79
Figura 7 - Resultado da análise de sensibilidade: custo dos serviços/produtos vendidos para a dieta completa de capim-elefante extrusado (a) e peletizado (b) no cenário 1.	101
Figura 8 - Resultado da análise de sensibilidade: custo dos serviços/produtos vendidos para a dieta completa de rolão de milho extrusado (a) e peletizado (b) no cenário 1.	101
Figura 9 - Resultado da análise de sensibilidade: custo dos serviços/produtos vendidos para a dieta completa de feno de Tifton 85 extrusado (a) e peletizado (b) no cenário 1.	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ingredientes e formulação das dietas.....	50
Tabela 2 - Composição bromatológica, corrigidas para 100% de matéria seca, das dietas completas peletizadas e extrusadas e dieta controle utilizadas no período experimental	51
Tabela 3 - Classificação do comportamento a partir das observações diretas.....	52
Tabela 4 - Frequência (%) das atividades comportamentais, consumo hídrico ($L\ kg^{-1}\ MS$) e tempo de consumo das dietas (minutos) de pôneis alimentados com dietas completas processadas (peletizadas e extrusadas) produzidas com diferentes fontes de fibra (média±EP)	65
Tabela 5 - Área abaixo da curva de glicose ($mg\ dL^{-1}\ h^{-1}$) e insulina ($\mu UI\ mL^{-1}\ h^{-1}$) de pôneis alimentados com dietas completas processadas (peletizadas e extrusadas) produzidas com diferentes fontes de fibra (média±EP).....	71
Tabela 6 - Concentração de lipídios ($mg\ dL^{-1}$) no soro de pôneis alimentados com dietas completas processadas (peletizadas e extrusadas) produzidas com diferentes fontes de fibra (média±EP).....	78
Tabela 7 - Concentração de leptina ($ng\ mL^{-1}$) no soro de pôneis alimentados com dietas completas processadas (peletizadas e extrusadas) produzidas com diferentes fontes de fibra (média±EP).....	82
Tabela 8 - Concentração sérica de fator de necrose tumoral alfa ($TNF-\alpha$; $pg\ mL^{-1}$) de pôneis alimentados com dietas completas processadas (peletizadas e extrusadas) produzidas com diferentes fontes de fibra (média±EP).....	85
Tabela 9 - Concentração (mM) de ácidos graxos de cadeia curta e lactato nas fezes de pôneis alimentados com dietas completas processadas (peletizadas e extrusadas) produzidas com diferentes fontes de fibra (média±EP).....	88
Tabela 10 - Valores de pH nas fezes de pôneis alimentados com dietas completas processadas (peletizadas e extrusadas) produzidas com diferentes fontes de fibra (média±EP)	91
Tabela 11 - Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA, %) dos nutrientes da dieta de pôneis alimentados com dietas completas processadas (peletizadas e extrusadas) produzidas com diferentes fontes de fibra (média±EP).....	94

Tabela 12 - Análise do projeto de viabilidade econômica da produção de dieta completa (DC) extrusada e peletizada para equinos. Avaliação de três possíveis cenários (C) de comercialização.....	99
--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	OBJETIVOS	18
2.1	GERAL.....	18
2.2	ESPECÍFICOS.....	18
3	HIPÓTESE.....	19
4	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
4.1	DIETA COMPLETA ÚNICA: HISTÓRICO E DEFINIÇÃO	19
4.2	PROCESSAMENTO DOS ALIMENTOS	23
4.3	METABOLISMO DOS CARBOIDRATOS.....	26
4.4	METABOLISMO LIPÍDICO	29
4.5	ENDOTOXEMIA	33
4.6	COMPORTAMENTO ALIMENTAR	35
4.7	DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES	38
4.8	FORRAGEIRAS.....	40
4.8.1	Capim-elefante (<i>Pennisetum purpureum</i> Schum.).....	40
4.8.2	Tifton 85 (<i>Cynodon</i> sp.)	43
4.8.3	Rolão de milho (<i>Zea mays</i> L.).....	44
5	MATERIAL E MÉTODOS.....	47
5.1	LOCAL.....	47
5.2	ANIMAIS E INSTALAÇÕES	48
5.3	DIETAS.....	49
5.4	PROCESSAMENTO DAS DIETAS	51
5.5	COMPORTAMENTO ALIMENTAR	52
5.6	PARÂMETROS SANGUÍNEOS	53
5.6.1	Resposta glicêmica e insulinêmica	53
5.6.2	Metabolismo lipídico	54
5.6.3	Fator de necrose tumoral alfa	54
5.6.4	Leptina.....	55
5.7	PARÂMETROS FECAIS	56
5.7.1	Ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e ácido láctico	56
5.7.2	pH fecal.....	57
5.8	DIGESTIBILIDADE APARENTE TOTAL.....	57

5.9	VIABILIDADE ECONÔMICA.....	58
5.10	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA	62
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
6.1	HIGIEDEZ DOS ANIMAIS	63
6.2	COMPORTAMENTO ALIMENTAR	63
6.3	PARÂMETROS SANGUÍNEOS	69
6.3.1	Resposta glicêmica e insulinêmica pós prandial.....	69
6.3.2	Metabolismo lipídico	75
6.3.3	Leptina.....	81
6.3.4	Fator de necrose tumoral alfa.....	83
6.4	PARÂMETROS FECAIS	87
6.4.1	Ácidos graxos de cadeia curta e ácido láctico	87
6.4.2	pH fecal.....	90
6.5	COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDADE APARENTE TOTAL	93
6.6	VIABILIDADE ECONÔMICA DA DIETA COMPLETA	97
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	103
7.1	PARTICULARIDADES.....	103
7.2	LIMITAÇÕES	103
8	CONCLUSÕES	104
	REFERÊNCIAS.....	105
	APÊNDICE A - Animais utilizados durante o experimento	126
	APÊNDICE B - Hemograma dos animais no início e ao final das fases.	127

1 INTRODUÇÃO

O número efetivo de cabeças de equinos no Brasil ainda não é bem definido, devido às divergências nas informações obtidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Essas divergências existem muitas vezes devido ao fato de que os relatórios apresentados não consideram o efetivo em estabelecimentos urbanos e/ou os criadores muitas vezes omitem informações por questões de sigilo. Estima-se que no Brasil há em torno de 5 milhões de cabeças de cavalos, sendo que 1,1 milhões são destinados ao esporte, lazer e criação e 3,9 milhões destinados ao trabalho (MAPA, 2016).

Com relação à expressividade do mercado de rações para cavalos, de acordo com dados das empresas produtoras de ração associadas ao SINDIRAÇÕES (2016), em 2015 foram produzidas 66,5 milhões de toneladas, sendo 1% da produção destinada aos equinos. Porém esses dados consideram apenas as empresas vinculadas ao Sindirações, subestimando esses números. Assim, considerando as demais empresas cadastradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), estima-se que esse mercado seja 60% maior (MAPA, 2016). Para 2017, a previsão é de aumento na produção, quantia ainda dependente da recuperação econômica do país, do comércio internacional, da confiança dos empreendedores e dos consumidores brasileiros.

Como qualquer sistema de produção, a criação de cavalos apresenta pontos desfavoráveis, sendo alguns desses pontos: o corte e fornecimento diário de material verde para os animais na época seca; o desperdício do feno quando o mesmo é fornecido no chão; a necessidade de estruturas de armazenamento de feno; e a poeira excessiva presente nessas instalações.

Além disso, situações onde os cavalos tem acesso limitado ao volumoso tanto pelo confinamento quanto por pequenas áreas disponíveis ao pastejo, como ocorre em Batalhões de Polícia Militar, hospitais veterinários e criadores urbanos; ou encontram-se em regiões com condições edafoclimáticas desfavoráveis à produção forrageira, como na região Nordeste, podem influenciar de forma negativa a saúde digestiva dos equinos e, como consequência, reduzir o desempenho durante o trabalho ou mesmo causar danos digestivos, podendo levá-los à morte.

Uma opção para contornar esses inconvenientes e oferecer aos produtores

soluções eficientes e econômicas dentro da alimentação, é a possibilidade de substituição plena e com segurança do arraçoamento tradicional (feno e concentrado fornecidos separadamente) pela dieta completa. Tal estratégia permite a redução nos custos de produção e a incorporação de alimentos alternativos em um único produto, sem comprometer as exigências de cada categoria animal e a qualidade do produto final.

Um bom manejo nutricional na criação de equinos depende diretamente dos custos de produção, sendo de extrema importância o aperfeiçoamento dos processos industriais (produção de ração, processamento e logística dos ingredientes que as compõem) e os processos de fabricação, como formulação, beneficiamento e estocagem dos ingredientes, moagem, mistura e tratamentos térmicos, inserindo-se, neste último, a peletização e a extrusão e todos os processos a elas vinculados.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

O objetivo do trabalho foi verificar a viabilidade industrial e produtiva bem como os efeitos fisiológicos e comportamentais do uso de dieta completa no manejo alimentar de equinos pelo emprego de um produto peletizado ou extrusado composto por diferentes fontes de fibra (rolão de milho, capim-elefante desidratado e feno de Tifton 85).

2.2 ESPECÍFICOS

Avaliar o efeito da substituição total da dieta tradicional (feno e concentrado fornecidos separadamente) pela dieta completa peletizada ou extrusada (produto únicos) sobre:

- Parâmetros comportamentais dos animais;

- Digestibilidade aparente dos componentes da dieta;
- Parâmetros sanguíneos, como resposta glicêmica e insulinêmica; concentrações séricas de leptina, colesterol, triglicérides e frações (HDL-C, LDL-C, VLDL-C);
- Concentração sérica de fator de necrose tumoral alfa (TNF- α) como indicativo de endotoxemia;
- Parâmetros fermentativos como quantificação de ácidos graxos de cadeia curta, ácido láctico e pH nas fezes dos equinos;
- Avaliação da viabilidade econômica de projeto de produção de dieta completa peletizada ou extrusada.

3 HIPÓTESE

A adoção de dieta completa utilizando um único produto (peletizado ou extrusado) na alimentação de equinos pode substituir a dieta tradicional de volumoso e concentrado fornecidos separadamente, mantendo a higidez, metabolismo digestivo sem alterar o comportamento alimentar, além de reduzir desperdício da fração volumosa com consequente redução nos custos de alimentação.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 DIETA COMPLETA ÚNICA: HISTÓRICO E DEFINIÇÃO

Entende-se como dieta completa única aquela que se destina à refeição para o animal sem nenhum ingrediente adicional, tendo como vantagens o fornecimento de todos os nutrientes, vitaminas e minerais combinados em uma mesma mistura. Esse tipo de alimento impede a separação dos componentes da dieta durante a apreensão e mastigação e, consequentemente, evita a seleção (LEWIS, 2000).

Além da diminuição com custos de mão de obra, facilidade na alimentação (especialmente quando número expressivo de animais está envolvido), outras vantagens como diminuição de espaço para armazenamento e transporte dos alimentos podem ser consideradas (MANZANO, 1987). Além disso, pode ser bastante benéfico para cavalos de manutenção difícil, especialmente aqueles com dificuldades mastigatórias, com dentes deteriorados (equinos idosos) ou que apresentam alergia respiratória ao feno (CHIBA, 2014).

O uso de dietas completas foi alvo de interesse russo na década de 30. Um relatório investigativo sobre o preparo de alimentações mistas, feito por Sorokin (1936), afirmava que a prensagem dos alimentos mistos (volumoso e concentrado) poderia ser feita com ou sem aglutinantes e que maiores pressões e tempo de compressão seriam necessários quando esses aglutinantes não fossem utilizados. O pré-aquecimento tanto da mistura quanto do compressor foi um fator importante na determinação da quantidade mínima de tempo e pressão necessários para a coesão adequada dos materiais. Os melhores resultados encontrados para a fabricação desse produto prensado, foram obtidos quando se utilizou um pré-aquecimento do compressor de 120 a 125°C; pré-aquecimento da mistura de 55 a 65°C, com 12 a 14% de umidade, pressões de 250 a 400 kgf cm⁻² e tempo de pressão de 30 a 45 segundos. A densidade obtida da massa resultante deste procedimento foi da ordem de 1,00 a 1,25 g cm⁻³.

No ano seguinte, Dyakov et al. (1937) relataram resultados de alguns testes práticos, onde as dietas tradicionais com feno e aveia foram comparados com uma dieta prensada feita a partir de 50% de feno picado, 25% de aveia laminada, 12,5% de polpa de beterraba e 12,5% de melaço. Com base nos resultados favoráveis, essas dietas foram recomendadas para cavalos em sistemas de transportes russos, em acampamentos de fazendas coletivas e em brigadas agrícolas soviéticas. Além disso, no mesmo ano, Patton et al. (1937) também definiram a superioridade nutricional de alimentos peletizados para aves sobre as misturas de alimentos.

Cinco anos mais tarde, a Divisão de Veterinária e Abastecimento do Exército Russo relatou excelentes resultados de um ensaio com uma dieta mista e prensada envolvendo 4.000 cavalos militares. Nesse ensaio, a fórmula utilizada foi 40% de feno, 30% de aveia, 10% de milho, 13% de farelo de trigo, 7% de melaço e 2,5 kg de sal por tonelada de ração. Como resultados, os animais que receberam a dieta mista e prensada beberam mais água e mantiveram o peso corporal com menos alterações

intestinais que os animais que receberam feno e aveia. Apesar de aparentemente suarem pouco mais que o grupo controle, o grupo da dieta mista apresentou capacidade normal de trabalho (KUZNETSOV, 1942).

As vantagens do uso de dietas completas e “prensadas” foram reconhecidas pelo exército alemão durante a Segunda Guerra Mundial para a alimentação dos cavalos em serviço militar. A dieta era composta de 33% de palha picada, 17% de feno de capim, 35% de aveia e cevada, 5% de amido, dextrina e açúcar e 10% de componentes finamente moídos, mas não identificados, e que podia incluir até, pedaços de carne. Para a produção dessa dieta, o feno e a palha eram picados a 0,5 a 2 polegadas e as misturas eram bem compactadas em blocos ou em fardos, os quais eram facilmente divididos em camadas de tamanho e forma adequados para facilitar o consumo e sem quebras excessivas. A aparência e o arranjo geral dos componentes na massa sugeriam que o volumoso tivesse passado por uma prensagem, já que as hastes apresentavam-se achatadas e, em seguida, eram pulverizadas com uma mistura de amido gelatinizado, dextrina e açúcar sendo direcionado para dentro do compressor resultando em camadas alternadas de volumoso e concentrado com densidade do bloco de, aproximadamente, $0,73 \text{ g cm}^{-3}$ ou 730 kg m^{-3} (EARLE, 1950).

No Departamento de Agricultura dos Estados Unidos durante a Segunda Guerra Mundial, foram realizados experimentos com dietas prensadas de massa e peso mínimos, adequadas para os cavalos do exército. As dietas consistiam em misturas de forragens e alimentos concentrados compactados em pellets de $0,125 \times 1 \times 1,16$ polegadas ($0,32 \times 2,54 \times 2,95 \text{ cm}$). Essas misturas peletizadas foram testadas tanto para cavalos quanto para pôneis e os resultados foram satisfatórios tanto para as questões de ócio como para trabalhos leves (EARLE, 1950).

Earle (1950) avaliou a produção de dieta completa peletizada de feno de alfafa e de capim-timóteo e observou que o tipo de forragem utilizado na mistura é fator determinante nas condições de temperatura e pressão necessárias para a produção da dieta. O produto obtido a partir de feno de alfafa contendo 5% de ligante (dextrina de milho), quando aquecido a 120°C , sob pressão de $35,13 \text{ kgf cm}^{-2}$ e tempo de compressão de 120 segundos, resultou em uma dieta satisfatória com densidade em torno de 1 g cm^{-3} (1.000 kg m^{-3}). No entanto, quando se utilizou feno de capim-timóteo, essa pressão foi insuficiente para obtenção dos pellets, mesmo com aumento do tempo de compressão para 360 segundos e dos compostos ligantes para 19%. Nesse

último caso as hastes do feno tendiam a endireitar para fora do corpo principal da massa. O aumento da pressão para 225 kgf cm^{-2} , tempo de compressão de 45 a 60 segundos, adição de 8% de dextrina melhorou o processo de fabricação somente se o produto passasse por um processo de resfriamento, resultando em um produto com densidade de $0,69$ a $0,82 \text{ g cm}^{-3}$ (690 a 820 kg m^{-3}).

Hintz e Loy (1966) avaliaram os efeitos da peletização sobre o valor nutritivo de dietas para cavalos. Nesse estudo a dieta (peletizada ou não) era similar e composta de 50% de feno de alfafa, 32,5% de cevada laminada, 10% de farelo de trigo, 5% de melaço, 2% de sebo e 0,5% de sal. Como resultado, os animais que ingeriram a ração peletizada apresentaram maior taxa de passagem (27 horas após a ingestão do alimento) com recuperação de 61% das partículas indicadoras. A recuperação das partículas nos animais que ingeriram ração não peletizada, foi da ordem de 29%, não sendo encontradas diferenças na digestibilidade aparente dos nutrientes. Porém, os animais que ingeriram a ração peletizada apresentaram menor tempo de consumo do alimento (76,7 min) e menor teor de matéria seca das fezes (25,5%) em relação aos animais que ingeriram a dieta não peletizada (107,9 min; 28,1%, respectivamente). Esse resultado foi atribuído à maior taxa de passagem do alimento peletizado.

Manzano (1977) avaliou a possibilidade de substituir o arraçoamento tradicional (concentrado e volumoso fornecidos separadamente duas vezes ao dia) por uma ração completa peletizada fornecida três vezes ao dia. As dietas eram constituídas de 60% de feno de alfafa, 34% de milho, 6% de farelo de soja e premix, sendo que para a produção da dieta completa peletizada, o feno de alfafa foi picado entre 6 e 8 mm e o diâmetro do produto final foi de 10 mm. Os resultados não mostraram diferenças nos parâmetros avaliados, como coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e índice de conversão alimentar. Além disso, o autor concluiu que, além de permitir um arraçoamento mais eficiente e menos oneroso, a dieta completa peletizada pôde substituir o arraçoamento tradicional sem danos aos animais. Os mesmos resultados foram obtidos por Gobesso et al. (2009) que avaliaram os efeitos da substituição plena da dieta tradicional pela dieta completa extrusada em equinos e não observaram alterações nos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes.

Schurg et al. (1977) avaliaram a composição nutricional e os efeitos da peletização da planta de milho inteira na alimentação de cavalos e coelhos. Na ocasião do experimento, a planta de milho foi colhida em um estágio de maturidade

mais avançado, finamente moída e seca de forma similar ao processo utilizado para o feno de alfafa. Em seguida, o produto desidratado foi comprimido em matriz de 6 mm e apresentou em torno de 6,2% de proteína bruta, 30,8% de fibra em detergente ácido, 1,8% de extrato etéreo e digestibilidade in vitro da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente ácido de 70, 53 e 47,5%, respectivamente. Os resultados mostraram que cavalos adultos foram capazes de digerir efetivamente a dieta, porém, apresentaram estereotípias (coprofagia e ingestão de cama) que foram relacionadas com o baixo teor proteico do alimento. Quando a soja foi adicionada à dieta, as estereotípias cessaram em 5 a 7 dias.

Hintz et al. (1985) compararam a taxa de consumo e a digestibilidade de dietas peletizadas, extrusadas e não processadas para equinos e observaram que a taxa de consumo para o alimento extrusado foi menor tanto para cavalos quanto para pôneis. Para os cavalos, os valores obtidos pelos autores para as dietas controle, peletizada e extrusada, respectivamente, foram 97, 109 e 67 g min⁻¹. Para os pôneis os valores encontrados foram 60, 68 e 45 g min⁻¹. Além disso, o aumento da digestibilidade para o alimento extrusado sugeriu que esses alimentos são mais bem utilizados pelos equinos em relação aos demais alimentos possivelmente devido à desnaturação das proteínas e geleificação do amido.

4.2 PROCESSAMENTO DOS ALIMENTOS

Harris e Crampton (1973) postularam que o processamento comercial dos alimentos apresentava pelo menos sete propósitos, os quais incluíam o isolamento de uma parte específica da dieta, melhorar a aceitabilidade (palatabilidade) e a digestibilidade dos nutrientes, alterar o tamanho das partículas e a composição dos alimentos, estender o tempo de prateleira ("shelf life") e melhorar a conservação do produto, além de eliminar possíveis fontes de intoxicação.

O processamento térmico influencia tanto na conformação das proteínas (por alterar a estrutura terciária, favorecer a desnaturação parcial e aumentar a eficácia da digestão), quanto na estrutura dos carboidratos, por desagregar os grânulos de amilose e amilopectina (geleificação) e facilitar a ação enzimática com o aumento da digestibilidade (VERVUERT et al., 2004; ROSENFELD; AUSTBØ, 2009; ROKEY et

al., 2010). Além disso, tem ação sobre as paredes celulares facilitando a ação dos agentes digestivos, com possível melhora na digestibilidade do alimento (KLEIN, 2009). A capacidade de geleificação do amido depende da proporção de amilopectina presente no mesmo. Quanto maior a quantidade de amilopectina, maior a capacidade de formação de géis na presença de água ou vapor (BORGES, 2000).

Alguns complexos são formados durante o processamento dos alimentos, tais como entre amido/lipídios e proteínas/lipídios. Essa habilidade de formar complexos com uma ampla gama de compostos orgânicos polares e não polares é utilizada para fracionar a amilose da amilopectina. Como exemplo, os complexos entre amido e lipídios são formados devido à capacidade da fração amilose de se ligar às gorduras, como os ácidos graxos (BHATNAGAR; HANA, 1994).

Segundo Thomas et al. (1998), diferentes fontes de fibra podem influenciar nas características do produto processado. Fibras solúveis em água, como glucanos, arabinoxilanos e pectinas, aumentam a viscosidade e incorporam as partículas mais grosseiras, com a redução da porosidade do alimento e melhora da integridade estrutural do aglomerado, resultando em alta durabilidade e dureza do produto. As fibras insolúveis em água podem ser benéficas no processamento, uma vez que podem dobrar e se entrelaçar entre as diferentes partículas ou fibras. Porém, devido à rigidez, ocorre mau contato entre fibras e demais partículas, o que prejudica o processo produtivo e estabilidade do produto.

Após o processamento, as paredes celulares das plantas ou as suas frações constituintes podem sofrer a reação de Maillard (THEANDER, 1980). Esses produtos podem afetar o conteúdo aparente de lignina e as características da parede celular, além de influenciar de forma negativa o valor nutritivo (VAN SOEST; MASON, 1991).

A peletização pode ser definida como um processo mecânico que compacta e formata o alimento pela passagem forçada de ingredientes moídos através da matriz da peletizadora, submetendo-os aos fatores temperatura (40 a 95°C), umidade (14 a 18%) e pressão (2 kgf cm⁻²) por um tempo determinado (9 a 240 segundos). Esses fatores podem ser alterados de acordo com o tipo de matéria prima utilizada. É o processo sobre o qual se tem menos dúvida em relação a sua viabilidade econômica, ou seja, a relação custo/benefício (KLEIN, 2009; CARCIOFI, 2013).

As vantagens do processo de peletização, segundo Klein (2009) são: *i)* aumento na palatabilidade da ração; *ii)* mudança na forma física (tamanho das partículas); *iii)* evita ou reduz a seleção dos ingredientes; *iv)* aumenta a densidade da

ração e reduz espaços de armazenamento e custos de transporte; v) diminui as perdas de ração tanto por geração de pó na armazenagem e no transporte quanto na cama dos animais; vi) promove redução dos micro-organismos e, conseqüentemente, aumenta a durabilidade (“*shelf life*”) da ração.

Já a extrusão, é um processo mais complexo em relação à peletização, uma vez que envolve umidade (20 a 30%), pré-condicionamento do material, alta pressão (30 a 37 kgf cm⁻²), temperatura elevada (120 a 200°C), trabalho mecânico (por 5 a 10 segundos) e expansão da mistura dos ingredientes, resultando em extrusados de baixa densidade. Promove maior geleificação do amido e aumento na exposição dos nutrientes contidos no interior das células vegetais, com modificação na matéria prima conferindo novas formas, estruturas e características funcionais e nutricionais (GUERREIRO, 2007; KLEIN, 2009; CARCIOFI, 2013).

Segundo Guerreiro (2007), o processo de extrusão dos alimentos, assim como o de peletização, apresenta algumas vantagens como: i) *versatilidade*: uma grande variedade de produtos pode ser fabricada a partir de um mesmo sistema básico de extrusão; ii) *alta produtividade*: uma extrusora fornece alta capacidade de produção, quando comparado a outros sistemas de cozimento/moldagem; iii) *alta qualidade dos produtos*: o processamento em altas temperaturas por curto período de tempo (HTST – *High Temperatura Short Time*) minimiza a degradação de nutrientes, enquanto destrói a maioria dos micro-organismos presentes; iv) *não gera resíduo*: não é produzido nenhum efluente ou material de risco durante ou após o processamento; v) *durabilidade*: assim como o processo de peletização, o produto final apresenta maior tempo de prateleira sem refrigeração.

O condicionamento dos alimentos é um pré-requisito para a compressão da massa em pellets e pode ser controlado pela temperatura, tempo e nível de umidade. O condicionamento apropriado, portanto, traz propriedades adesivas na superfície das partículas com melhora na qualidade do produto em termos de dureza ou redução de finos produzidos durante o manuseamento adicional (SKOCH et al., 1981).

A presença da água nos alimentos processados promove ligações de absorção e adsorção e facilita a geleificação, desnaturação e solubilização, com alterações na estrutura superficial dos demais materiais de tal forma que a ligação entre as partículas do alimento torna-se possível. Assim, a água afeta a integridade estrutural dos fragmentos pela modificação das características de compressão do alimento (THOMAS et al., 1997).

O uso de equipamentos de modelagem requer custos adicionais em termos de demanda energética e implementos adicionais como caldeiras para gerar calor, equipamentos de condicionamento, prensas e resfriadores. É importante que esses custos adicionais para investimento em equipamentos sejam considerados em relação ao ganho que pode ser conseguido devido à incorporação do processo (THOMAS; VAN DER POEL, 1996).

4.3 METABOLISMO DOS CARBOIDRATOS

O cavalo evoluiu como um herbívoro fermentador de uma gama de carboidratos hidrolisáveis e fermentáveis derivados das forragens, como sua principal fonte de energia, sem ciclos de alimentação-jejum de metabólitos e hormônios. Em cavalos livres, a capacidade de digestão do amido no intestino delgado é limitada devido à baixa ingestão de alimentos concentrados, com consequente redução na atividade das enzimas digestivas (HOFFMAN, 2003). Kienzle et al. (1994) avaliaram a atividade da amilase no trato gastrointestinal de cavalos e observaram que a dieta de grãos estimulou a ação dessa enzima em relação às dietas com feno, tubérculos e silagens com picos de atividade quatro a cinco horas após a alimentação.

Cavalos estabulados recebem praticamente metade da dieta de forma concentrada com altos níveis de carboidratos hidrolisáveis, geralmente em duas refeições diárias, sendo digeridos no intestino delgado até o ponto no qual a capacidade enzimática se torna sobrecarregada e o excesso de carboidratos é então, fermentado no intestino grosso junto aos carboidratos não hidrolisáveis remanescentes (CLARKE et al., 1990; HOFFMAN, 2003). Além disso, ciclos de alimentação-jejum evidentes nesses casos e desordens metabólicas, como laminite e resistência à insulina, podem ocorrer caso a capacidade crítica para sobrecarga de carboidratos hidrolisáveis (aproximadamente 0,4% do peso corporal por refeição) seja excedida (POTTER et al., 1992).

Após a digestão, a D-glicose e D-galactose são absorvidas através da borda em escova para o interior do enterócito por meio de proteínas transportadoras (SGLT1). O açúcar acumulado é então transportado para a circulação sistêmica via GLUT-2 e conduzido ao fígado, onde a maioria destes açúcares é convertida em

glicose-6-fosfato pelos hepatócitos e armazenados no fígado e nos músculos na forma de glicogênio. A glicose remanescente é liberada para a circulação geral, sendo utilizada em outros sistemas ou armazenada como triglicérides no tecido adiposo sob ação da insulina (HOFFMAN, 2003; JONES, 2003).

Hoffman et al. (2001) elaboraram um esquema abrangente de fracionamento dos carboidratos para análise apropriada para cavalos. Nesse contexto, os carboidratos hidrolisáveis (como hexoses, dissacarídeos, alguns oligossacarídeos e amidos) compõem o grupo produtor de açúcares principalmente glicose para o metabolismo; o grupo dos rapidamente fermentáveis [amidos resistentes (não fornecem glicose mas são fermentados no intestino grosso), galacto e fruto-oligossacarídeos, ceras, mucilagens e pectina] que produzem lactato e propionato; e o grupo dos lentamente fermentáveis (hemicelulose, celulose e ligno-celulose) que produzem acetato e butirato. Assim, os carboidratos não estruturais (CNE) fazem referência aos carboidratos rapidamente fermentáveis somados aos carboidratos hidrolisáveis. Porém, essa divisão inclui a pectina no grupo dos CNE, o que, segundo Detmann et al. (2012), seria um equívoco, pois a pectina é um composto fibroso solúvel com papel estrutural na planta. Assim, é de extrema importância definir metodologias que esclareçam essa classificação dos carboidratos para equinos.

Uma estimativa *in vivo* do conteúdo de carboidratos hidrolisáveis na dieta é a reflexão da glicose e da insulina à refeição. A resposta glicêmica à refeição depende do tipo de dieta fornecida, da composição do alimento, da taxa de consumo, do esvaziamento gástrico, das concentrações de carboidratos, da absorção de glicose e da utilização da mesma após a absorção. Baixas respostas insulínicas são relatadas em animais adaptados à dieta apenas com forragem quando comparados àqueles alimentados com dietas concentradas contendo maiores quantidades de carboidratos (RALSTON, 2002).

A concentração de glicose no sangue é reguladora da síntese e secreção da insulina, hormônio produzido pelo retículo endoplasmático rugoso das células pancreáticas β . Em adição à insulina, outros hormônios regulatórios estão envolvidos na homeostase da glicose como o glucagon, glicocorticoides, catecolaminas, ácidos graxos livres e hormônios de crescimento (LACERDA NETO et al., 1998; HOFFMAN, 2003).

Os carboidratos hidrolisáveis que escapam da digestão enzimática e os não hidrolisáveis chegam ao intestino grosso e são fermentados pela microbiota,

produzindo ácidos graxos e lactato. O acúmulo de ácido láctico pode suprimir os mecanismos tamponantes do ceco e cólon e reduzir o pH. Cavalos em pastejo apresentam pH intestinal entre 6,4 e 6,7, sendo pH 6 considerado como acidose subclínica. Valores inferiores a 6 foram associados com diarreia osmótica, supercrescimento de populações bacterianas indesejáveis e lise da população bacteriana desejável, com aumento do risco de endotoxemia e laminite (HOFFMAN, 2003; JULLIAND et al., 2006).

Em cavalos, o controle da glicose e insulina pode ser diferenciado por uma série de fases de vida tais como o crescimento, obesidade, gestação, disfunção da pituitária, laminite e envelhecimento (STULL; RODIEK, 1988; RALSTON, 2002). Pôneis saudáveis possuem maiores concentrações de glicose no sangue do que cavalos. Além disso, pôneis com alterações metabólicas (laminite e obesidade) apresentam retardamento no alcance do pico glicêmico e dificuldade de retorno aos valores basais, com níveis elevados de insulina (JEFFCOTT et al., 1986).

A presença de resistência à insulina em pôneis foi reportada por Haagsman e Van Golde (1984) como sendo resultado de uma seleção natural à sobrevivência sobre condições severas, como terreno acidentado, condições desfavoráveis de clima e baixa disponibilidade de um alimento desconhecido pelos animais. Como consequência, podem ter desenvolvido alta eficiência metabólica, onde há um grau de resistência à insulina no músculo, o que resulta em maior proporção de carboidratos sendo desviado para o fígado, que em presença de hiperinsulinemia e hiperglicemia, promovem a síntese de triglicérides. Essa adaptação se torna desvantajosa quando esses pôneis são domesticados e tem pronto fornecimento de alimentos de boa qualidade e ausência de atividade física.

Como anteriormente esclarecido, o processamento dos alimentos tem grande influência na digestão dos carboidratos bem como melhoram a absorção dos nutrientes. Hoekstra et al. (1999) avaliaram o efeito do processamento na resposta glicêmica em cavalos e concluíram que a resposta foi do maior para o menor resultado, quando o milho floculado, moído e quebrado, respectivamente, foram fornecidos aos animais, o que confirma o efeito do processamento nesse parâmetro.

Avaliando o efeito de dietas compostas por diferentes processamentos do grão de milho em equinos, Casalecchi et al. (2012) afirmaram que o processamento térmico do grão aumenta o índice glicêmico, com melhora na digestão e absorção da matéria orgânica no intestino delgado, sendo possível utilizar as concentrações de glicose

encontrados no experimento, como referência indireta da quantidade de amido digerido e absorvido no intestino anterior.

Estudos com dietas completas para equinos foram realizados por Weyenberg et al. (2007), para comparar os efeitos da frequência de arraçoamento na digestibilidade e na resposta glicêmica. Os cavalos foram tratados com dieta contendo feno de alfafa picado a 10 cm, grãos de cereais moídos e premix vitamínico-mineral fornecidos misturados como único alimento e não apresentaram diferenças na digestibilidade e nas concentrações de glicose plasmática. Os autores concluíram que o fornecimento conjunto de volumoso e concentrado não induz modificações nestes parâmetros.

4.4 METABOLISMO LIPÍDICO

Os lipídeos no sangue são originários da absorção intestinal, mobilização de reserva do tecido adiposo ou processos sintéticos (SCOTT, 1993). O colesterol (CT) é precursor dos hormônios esteroides, dos ácidos biliares e da vitamina D. Além disso, como constituinte das membranas celulares, o CT atua na fluidez destas e na ativação de enzimas ali situadas. Aproximadamente 70% do CT é produzido pelo próprio organismo no fígado, enquanto que os outros 30% é proveniente da dieta. Altas concentrações de CT no sangue vêm do aumento na produção de bile, uma vez que é necessária para a digestão e absorção de lipídios. No cavalo, a ausência de vesícula biliar resulta em constante liberação de bile pelo fígado (MARCHELLO et al., 2000).

Os triglicérides (TG) são a fonte de energia extra-hepática, sendo a maior forma de armazenamento de energia química de alimentos ingeridos acima da exigência imediata dos organismos (HAAGSMAN; GOLDE, 1984). São formados a partir de três ácidos graxos ligados a uma molécula de glicerol e constituem uma das formas de armazenamento energético mais importante no organismo, depositados nos tecidos adiposo e muscular (SPOSITO et al., 2007). Após a ingestão do alimento, as lipases pancreáticas hidrolisam o TG em ácidos graxos livres, monoglicerídeos e diglicerídeos. Sais biliares liberados na luz intestinal emulsificam esses e outros lipídeos oriundos da dieta e circulação entero-hepática, com formação de micelas. A solubilização dos lipídeos sob a forma de micelas facilita sua movimentação pela

borda em escova das células intestinais (XAVIER et al., 2013). O TG é, então, transportado pelas lipoproteínas plasmáticas e metabolizado pelo tecido adiposo, garantindo o armazenamento (JEFFCOTT et al., 1986).

Uma vez que a gordura é insolúvel em água, as lipoproteínas se tornam importantes como carreadoras no sangue, sendo classificadas de acordo com sua densidade e separadas em dois grupos: *i*) as de alta concentração de TG, maiores e menos densas, representadas pelos quilomícrons de origem intestinal; e pelas lipoproteínas de densidade muito baixa ou “*very low density lipoprotein*” (VLDL) de origem hepática; e *ii*) as de alta concentração proteica e CT de densidade baixa “*low density lipoprotein*” (LDL) e de densidade alta ou “*high density lipoprotein*” (HDL) (MARCHELLO et al., 2000; SPOSITO et al., 2007).

Watson et al. (1991) caracterizaram as lipoproteínas plasmáticas em equinos e concluíram que a HDL, VLDL e LDL contabilizaram 61%, 24% e 15% do perfil de lipoproteínas, respectivamente. Watson et al. (1993a) afirmaram que, em cavalos a maior parte de CT plasmático (61%) é transportada pela HDL enquanto que 29% pela LDL e 10% pela VLDL.

Fatores como raça, sexo, tipo de dieta, estágio fisiológico, escore de condição corporal, dentre outras, imprimem variações nas concentrações de lipídios no sangue em equinos. Em geral essas concentrações variam de 75 a 150 mg dL⁻¹ para o CT; de 4 a 44 mg dL⁻¹ para o TG; de 19,1 a 38,87 mg dL⁻¹ para o LDL; de 52,20 a 90,0 mg dL⁻¹ para o HDL; e de 0,77 a 7,9 mg dL⁻¹ VLDL (BRUSS, 2008; GOBESSO et al., 2011).

As concentrações de TG e VLDL no plasma são maiores em pôneis Shetland do que em cavalos puro sangue, sendo relatadas variações entre os sexos (VAN DIJK; WENSING, 1989; WATSON et al., 1991). Níveis plasmáticos de TG, CT e LDL são significativamente maiores em pôneis potros lactentes do que em pôneis adultos (WATSON, 1991). Em pôneis prenhes as concentrações de TG e CT apresentam-se maiores devido ao aumento das concentrações de VLDL e HDL, respectivamente (Watson et al., 1993b).

Em casos onde pôneis entram em balanço energético negativo devido à redução do consumo de alimento ou condições de estresse como transporte, gestação, lactação ou verminoses, os TG armazenados no tecido adiposo são mobilizados a ácidos graxos livres e glicerol e liberados para a circulação sistêmica. Esses ácidos graxos são metabolizados pelo fígado para a produção de energia e cetonas ou são re-esterificados a TG, podendo resultar em hiperlipemias, sendo mais

comum em pôneis e em fêmeas no final de gestação e raramente é observado em raças maiores. Sinais clínicos severos ocorrem quando as concentrações de TG excedem 500 mg dL^{-1} (JEFFCOTT et al., 1986).

A leptina (adipocina) é um hormônio peptídico secretado pelos adipócitos, com efeitos locais e sistêmicos. É um componente do sistema fisiológico que regula o armazenamento, o equilíbrio e o uso de energia pelo corpo. Sinaliza e modula o estado nutricional do organismo para outros sistemas fisiológicos, como a puberdade. Além disso, regula vários aspectos de ingestão de alimento, crescimento, metabolismo e reprodução, sendo evidente diante de seus efeitos inibitórios sobre o conjunto de alterações neuroendócrinas secundárias à privação alimentar. A massa total de tecido adiposo é um fator que está mais associado às concentrações de leptina no sangue do que a resposta às refeições (LICINIO et al., 1997; NEGRÃO; LICINIO, 2000; BUFF et al., 2002; RADIN et al., 2009).

Existem evidências de que as adipocinas podem contribuir para a regulação de diversos processos biológicos, os quais incluem inflamação e função imunológica, hemostasia e biologia vascular, hematopoiese e proliferação celular. Porém, como consequência da massa de gordura aumentada, observa-se desregulação da produção e secreção de adipocinas que impactam no controle da glicemia, inflamação e função cardiovascular (RADIN et al., 2009).

Buff et al. (2002) avaliaram as correlações entre concentrações de leptina e escore de condição corporal em cavalos e observaram correlação positiva, ou seja, animais com maior escore de condição corporal apresentaram maiores concentrações de leptina no soro. Além disso, os autores concluíram que para cada aumento de 1 ponto no escore corporal, as concentrações de leptina aumentaram $1,1 \text{ ng mL}^{-1}$.

Os efeitos da leptina se dão na forma adaptativa durante o jejum prolongado, com redução da fertilidade e do metabolismo basal; na reprodução com redução da atividade secretória do hormônio luteinizante e na redução do peso que se dá preferencialmente às custas da diminuição de tecido adiposo. Para esse último, uma possibilidade é que a leptina promova a oxidação de ácidos graxos e triglicérides possivelmente através de um efeito inibitório sobre a atividade da acetil-CoA carboxilase, uma das enzimas reguladoras da síntese de ácidos graxos (HALAAS et al., 1995; SCHWARTZ et al., 1995; BAI et al., 1996; CUNNINGHAM et al., 1999).

A anatomia fisiológica do intestino grosso de equinos possibilita o aproveitamento dos carboidratos estruturais presentes na parede celular das

forrageiras, com liberação de açúcares solúveis que são fermentados e reduzidos a ácidos graxos de cadeia curta (acético, propiônico e butírico), absorvidos no sangue portal, sendo conduzidos até o fígado e utilizados para a síntese de glicose ou gordura, ou metabolizados a adenosina trifosfato (ATP) utilizados como suprimento de energia (WOLTER, 1972; MEYERS, 1989; MEYER, 1995). Parte da energia corporal do cavalo (60-70%) é advinda desses ácidos, absorvidos a partir do ceco e no cólon (ARGENZIO et al., 1974; BERGMAN, 1990). Evidências em pôneis indicam que cerca de 7% da glicose sanguínea é derivada do propionato produzido no ceco (FRAPE, 2004).

Dietas de alta concentração de grãos tendem a favorecer o maior aporte de glicose sanguínea e a digestão dos carboidratos não-fibrosos, como amido no intestino delgado, enquanto dietas com alto teor de fibra resultam em maior fermentação pelos micro-organismos no ceco e cólon com produção de ácidos graxos de cadeia curta (CUNHA, 1991).

Ácidos graxos (AG) são ácidos carboxílicos, geralmente monocarboxílicos, que podem ser representados pela forma RCO_2H . Na maioria das vezes, o grupamento R é uma cadeia carbônica longa, não ramificada, com número par de átomos de carbono, podendo ser insaturada ou conter uma ou mais insaturações. O grupo carboxila constitui a região polar e a cadeia R, a região apolar da molécula. O tamanho da cadeia hidrocarbônica determina a classificação dos AGs em cadeia curta (dois a quatro átomos de carbono), média (seis a dez átomos de carbono) e longa (acima de doze átomos de carbono) (GRAZIOLA et al., 2002).

As concentrações de AG no conteúdo fecal de equinos pode ser alterada com variações na composição da dieta ou com o exercício físico. Goachet et al. (2014) avaliaram o efeito de cinco semanas de treinamento nos parâmetros fermentativos em equinos e observaram que, com a evolução (aumento) no programa de exercícios, as concentrações totais de AG, acetato e propionato, aumentaram sem alterações no pH, confirmando o impacto positivo do exercício físico na saúde digestiva dos animais.

De Fombelle et al. (2001) avaliaram três níveis de inclusão de cevada na dieta sobre a atividade e o perfil microbiano de equinos e observaram que 5 a 29 horas após a alteração da dieta houve aumento nas concentrações de lactato e propionato, sendo esses resultados mais evidentes quando a dieta passou de 100% de feno para 50% feno e 50% concentrado com consequente aumento na população microbiana

de *Lactobacillus* e *Streptococcus* no ceco. Porém, não foram observadas diferenças nos valores de pH dos compartimentos avaliados.

4.5 ENDOTOXEMIA

Endotoxinas são complexos de lipopolissacarídeos (LPS) estruturais com alto peso molecular e proteínas, associados à membrana externa de bactérias Gram-negativas (PEIRÓ; VALADÃO, 2002). Este componente estável ao calor tem três elementos estruturais: i) uma região externa de polissacarídeo que confere antigenicidade específica e é altamente variável; ii) uma região nuclear que consiste principalmente de monossacarídeos; e iii) um fragmento da molécula de endotoxina tóxico e altamente conservado, denominado lipídio A (porção ativa da membrana da bactéria Gram-negativa) (COLLATOS, 1995; MOORE, 1995).

Equinos alimentados com dietas concentradas apresentam sobrecarga da ação enzimática com consequente redução na capacidade de digestão. O amido remanescente no intestino grosso é fermentado e resulta em acidificação da digesta (redução no pH) devido ao aumento na produção de ácidos graxos de cadeia curta e ácido láctico (ZEYNER et al., 2004). As desordens gastrintestinais resultantes do baixo pH causam perturbações na mucosa intestinal, como degeneração e irritação, tornando-a permeável facilitando a passagem de endotoxinas do lúmen intestinal para a corrente circulatória (BARTON; COLLATOS, 1999).

Pequenos desequilíbrios no ciclo de fermentação no cólon podem favorecer a proliferação de micro-organismos indesejáveis e causar lise de bactérias Gram-negativas, desestabilizando a microbiota intestinal com liberação maciça dos complexos de LPS (endotoxinas) que, sendo absorvidos pelo epitélio intestinal, aumentam os riscos de laminite e síndrome cólica, conhecida como endotoxemia, “Síndrome de Resposta Inflamatória Sistêmica” ou choque endotóxico (MOORE et al., 1979; KRUEGER et al., 1986; WEEREN; MUIR, 1992). Assim, a regulação do pH luminal é um dos mais importantes mecanismos na preservação da função normal do intestino grosso (ARGENZIO, 1996; HOFFMAN, 2003).

Uma vez na cavidade peritoneal, a endotoxina age como um sinalizador de lesão intra-abdominal. Macrófagos peritoneais e células mesoteliais respondem

rapidamente à endotoxina por meio da liberação sistêmica de uma variedade de mediadores pró-inflamatórios, incluindo o fator de necrose tumoral (TNF- α) e interleucinas-6 (IL-6) (BARTON; COLLATOS, 1999). Pequenas quantidades de endotoxina que escapam para o interstício, vasos linfáticos e eventualmente na circulação sanguínea são eficazmente fagocitados pelas células de Kupffer no fígado ou são neutralizados pelos anticorpos anti-LPS naturais e lipoproteínas de alta densidade (BARTON, 2003).

Segundo Barton (2003), a grande população residente de bactérias Gram-negativas no trato intestinal equino produz um amplo reservatório de endotoxina, normalmente confinada ao lúmen do intestino saudável por barreiras protetoras da mucosa. No entanto, se a parede intestinal é danificada por isquemia, infecção, inflamação, hipoxemia (por exemplo, choque hemorrágico ou exercício extenuante), ou trauma, a endotoxina contida ganha acesso à circulação. Com a alta incidência de doenças gastrintestinais agudas em cavalos adultos, a endotoxemia é uma sequela comum à cólica. Doses moderadas de endotoxina causam primeiramente hipertensão arterial sistêmica ("fase hiperdinâmica"), seguido por uma queda da pressão arterial ("fase hipodinâmica"). A diminuição da resistência vascular periférica, depressão miocárdica, hipovolemia e trombose microvascular contribuem para a redução do fluxo sanguíneo para os órgãos vitais, que quando mais intensos, o processo torna-se irreversível.

A hiperglicemia é um achado frequente durante a fase inicial do quadro endotoxêmico e é decorrente do incremento da glicólise e da glicogenólise, promovido pela ação de catecolaminas e hormônios hiperglicemiantes (glucagon, hormônio do crescimento, etc) (WEIL et al., 1988; MCGUINNESS et al., 1995; WITEK-JANUSEK; YELICH, 1995; MUIR, 1998). Nessa fase, precoce e reversível, os mecanismos compensatórios, mediados pelos sistemas renina-angiotensina-aldosterona e arginina-vasopressina, sistema nervoso autônomo e a permeabilidade transcapilar, ainda estão intactos e são capazes de manter provisoriamente a pressão sanguínea, a perfusão tecidual e a glicemia, compondo o que se denomina de fase hiperdinâmica do estado de choque, de melhor prognóstico. Com a progressão da doença e a incapacidade de manutenção do tônus simpático por mais tempo, ocorre vasodilatação periférica e queda de pressão arterial, com consequente redução da perfusão sanguínea tecidual e da glicemia, o que contribui para a piora clínica progressiva e

resulta na fase hipodinâmica do choque, considerada a fase final da doença (BREITSCHWERDT et al., 1981; LANG; DOBRESU, 1991; MAITRA et al., 2000).

Por outro lado, descreve-se também a maior secreção de insulina nos quadros de endotoxemia (LEIFER et al., 1985; BATTELINO et al., 1996; AGWUNOBI et al., 2000) com depleção dos estoques de glicogênio para manutenção da fonte energética (ATP) e, de acordo com Yelich e Filkins (1982) e Virkamaki e Yki-Jarvinen (1994), esta constitui-se em um dos achados mais graves e consistentes no quadro endotoxêmico, capaz de contribuir para o agravamento da hipoglicemia e piora do quadro clínico, resultando na morte do animal.

Morris et al. (1990) avaliaram as correlações clínicas e dados laboratoriais com a atividade sérica do TNF- α em cavalos com endotoxemia induzida e observaram que antes da administração da endotoxina (lipopolissacarídeo de *E. coli*) os cavalos não apresentaram nenhuma atividade sérica da citocina. Por outro lado, 1 a 4 horas após o início da infusão foram observadas maiores atividades do TNF- α , sendo este um importante mediador da endotoxemia em equinos. Em resposta à endotoxemia, os cavalos apresentaram-se deprimidos com sinais de dor abdominal leve a moderada, desenvolveram taquicardia e febre, com leucopenia seguida de leucocitose. Para o grupo controle, os valores obtidos ficaram abaixo do nível de detecção do teste (5 pg mL⁻¹). Para os animais submetidos à infusão de endotoxemia, 1,5 horas após a infusão do LPS, as concentrações de TNF- α alcançaram valores próximos a 5.100 pg mL⁻¹.

4.6 COMPORTAMENTO ALIMENTAR

A utilização da espécie equina no transporte, trabalho e esporte, com o passar dos anos, determinaram mudanças na forma de criar e manter os animais, sendo as principais: a restrição do tamanho das áreas disponíveis ao pastejo, as alternativas alimentares e o tempo disponibilizado para a alimentação durante o dia. Esse manejo diferenciado desencadeou a simplificação da dieta em alimentos volumosos (pastos e forragens conservadas) e concentrados (alimentos com alto conteúdo energético e/ou proteico) com exclusiva preocupação em atendimento às necessidades nutricionais sem levar em consideração aspectos relacionados às formas de disponibilização destes alimentos e o comportamento alimentar dos equinos (DITTRICH et al., 2010).

Muitos cavalos são manejados em estábulos onde a quantidade de forragens e concentrados são controlados por muitos anos. Os alimentos são normalmente fornecidos aos animais duas vezes por dia e esse padrão de oferta de alimentos é incompatível com a adaptação filogenética dos cavalos em ambientes de pastagens, tendo importantes implicações sobre a utilização de nutrientes, tanto dos concentrados quanto dos volumosos, como a higidez do trato digestivo, a saúde e o bem-estar dos animais (HILL, 2007).

Broom (1991) se refere ao bem-estar como sendo o estado do animal em relação ao ambiente que lhe cerca, sendo claramente afetado pela dificuldade de lidar com determinadas situações e de ser desafiado, podendo essa dificuldade, estar associada a dor ou outro tipo de sofrimento. A definição de bem-estar apresenta algumas implicações como: 1) é uma característica própria de cada um e não é algo que possa ser dado; 2) pode variar de muito bom a muito ruim, ou seja, o indivíduo pode se encontrar em estado muito ruim, porém em condições de extremo bem-estar e vice-e-versa; 3) pode ser mensurado cientificamente independente de considerações morais; 4) observações de insucesso, evidenciados pela morte, falhas no crescimento e na reprodução, por exemplo, além de medidas do quão difíceis esses problemas são para os animais, fornecem informações sobre seu grau de bem-estar; 5) o conhecimento das preferências alimentares e comportamentais de um animal são importantes na determinação de seu bem-estar; e 6) os animais podem utilizar uma variedade de métodos na tentativa de lidar com determinada situação.

Quando o cavalo estabulado recebe suas exigências em energia em um reduzido período de tempo, atividades estereotípicas tais como tecelagem (“dança do urso”) e anormais como mastigação da estrutura das baias e níveis elevados de agitação podem ocorrer. Broom (1991) considera a estereotipia como indicadora de bem-estar e sendo definida como uma sequência de movimentos repetidos e invariáveis sem nenhuma proposta óbvia, os quais aparecem em situações onde os indivíduos perdem o controle de seu ambiente, especialmente daqueles que são frustrantes, ameaçadores ou sem nenhum estímulo, diferente dos comportamentos anormais que, segundo Fraser e Broom (1997), são definidos como comportamentos que diferem no padrão, frequência ou contexto daquilo que é exibido pelos demais membros da espécie em ambientes que permitem a expressão de grande variedade de comportamentos.

Meyer et al. (1985) afirmaram que o conteúdo de fibras de um alimento afeta o tempo de alimentação, a quantidade de mastigação e o conteúdo de matéria seca do bolo alimentar ingerido. Além disso, se a quantidade de alimento volumoso é insuficiente, os indicadores de saciedade podem não ser acionados e os cavalos continuam com alta motivação à procura de alimentos (MCGREEVY et al., 1995). Um dos métodos recomendados para reduzir o tempo ocioso e a incidência de estereotípias pré e pós-prandiais é o fornecimento dos alimentos em porções menores ao longo do dia (COOPER et al., 2005).

A incidência de comportamentos anormais, segundo McGreevy et al. (1995), está mais relacionada com as práticas alimentares do que o próprio confinamento. Além disso, outros fatores podem levar a comportamentos anormais como o desmame, a interação social (cavalos podem aprender estereotípias de animais vizinhos por observação), aglomerações e falta de exercício. A coprofagia pode ser considerada um comportamento normal em potros nos primeiros meses de vida, sendo observado em cavalos adultos após mudanças bruscas na dieta, desaparecendo após a adaptação dentro de 3 a 6 semanas. Porém, o tédio também pode ser fator de pré-disposição a esse comportamento anormal e, por isso, todos os fatores envolvidos na criação como a dieta seguida das práticas de exercício e do estímulo social, devem ser observadas com cautela (CROWELL-DAVIS; HOUP, 1985; RALSTON, 1986).

Segundo o NRC (2007), os fatores que afetam o consumo em cavalos a curto (minuto a minuto) e longo (24 horas) prazos podem ser identificados como percepções sensoriais (olfato, sabor e temperatura), metabólicos e hormonais (glicose sanguínea, insulina, hormônios de crescimento e sexuais), processos digestivos (quantidade e frequência das refeições, composição das fibras e conteúdo proteico dos alimentos, ingestão de água, produção de ácidos graxos de cadeia curta e pH da fermentação) e o estado físico (reservas de energia). Smyth et al. (1989) observaram que a alteração na forma física do alimento influenciou no tempo de ingestão, sendo a dieta peletizada ou a adocicada ingeridas mais rapidamente que o feno oferecido.

4.7 DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES

A fração digestível de um alimento é aquela que não é eliminada com as fezes correspondendo, não totalmente, à porção do alimento que ganha o meio interno através da parede do trato digestivo (MEYER, 1995). Os membros do gênero *Equus* são classificados como herbívoros não ruminantes (monogástricos) que utilizam os produtos da digestão enzimática no intestino delgado e da fermentação bacteriana (ácidos graxos) no ceco e cólon como fontes de energia metabolizável (RALSTON, 1984).

A apreensão dos alimentos efetua-se com o auxílio dos lábios, língua e dentes. A duração da mastigação depende da natureza do alimento, ou seja, cavalos demoram cerca de 10 minutos para mastigar 1 kg de aveia ou ração peletizada, enquanto demoram cerca de 40 minutos para mastigar 1 kg de feno (MEYER, 1995; CARVALHO et al., 1992).

O estômago é relativamente pequeno ajustado para uma recepção contínua de pequenas quantidades de alimentos. Para aumentar o tempo de permanência do alimento nesse compartimento (principalmente concentrados) é preciso evitar sobrecargas alimentares, através do fornecimento fracionado de ração, ou aumentar o teor de fibra nas rações concentradas. No intestino delgado as proteínas, gorduras e carboidratos solúveis sofrem digestão enzimática e são absorvidos. No intestino grosso a população microbiana coloniza o alimento e reduz as fibras em ácidos graxos de cadeia curta (acético, propiônico e butírico) importantes no metabolismo energético dos cavalos. Além disso, o intestino grosso tem a função de absorção de fósforo e eletrólitos e a habilidade de armazenar e absorver água (CARVALHO et al., 1992).

Vários fatores podem afetar a eficiência digestiva nos equinos, tais como a individualidade, composição química dos alimentos (especial atenção à fração de carboidratos fibrosos e não fibrosos), quantidade consumida, tipo de exercício, grau de moagem dos ingredientes que compõem a dieta, processamento da matéria prima, água contida, tempo de trânsito no trato digestivo e quantidade de fibra presente na dieta, bem como a atividade fibrolítica do ecossistema microbiano (HINTZ et al., 1979; DROGOUL et al., 2001).

O tempo médio de retenção (TMR) do alimento no intestino grosso varia com sua natureza. Assim, em dietas a base de feno, o TMR é de aproximadamente 21 a

40 horas, diminuindo dentro desta faixa à medida que a ingestão aumenta. A diminuição no TMR foi associada a menores coeficientes de digestibilidade (FRAPE, 2008). Foi reportado por Cabrera (1995) que o tempo médio de retenção foi maior quando os animais foram alimentados com uma dieta peletizada do que quando a dieta foi fornecida de forma bruta.

Moore-Colyer et al. (2000) avaliaram parâmetros fermentativos em pôneis alimentados com dietas à base de diferentes fontes de fibras e observaram maiores quantidades de lactato e propionato nas dietas que continham casca de aveia e aveia crua. Os autores atribuíram esse resultado ao fato de que a casca de aveia estimulou o peristaltismo (aumentou a taxa de passagem) levando consigo a aveia crua com amido, o qual escapou da ação enzimática no intestino delgado, alcançando o intestino grosso com fermentação e produção de ácidos graxos. Além disso, é possível que a digestibilidade dos nutrientes tenha sido comprometida, já que, segundo Pagan (1997), o aumento na taxa de passagem reduz o tempo de digestão enzimática do amido e das proteínas.

Existem na literatura poucas informações a respeito do efeito do processamento dos alimentos na digestibilidade dos nutrientes. Grande parte se refere à digestibilidade do amido nos diversos compartimentos em equinos (KIENZLE et al., 1997; MURRAY et al., 2001; JULLIAND et al., 2006). A expansão ou a peletização aumentam significativamente o desaparecimento do amido no estômago de equinos comparado com o alimento moído (JULLIAND et al., 2006), ao passo que o processamento mecânico, em especial a moagem, altera a forma física do grão por quebrar a macroestrutura dos grânulos de amido, o que aumenta a área de superfície e permite maior exposição dos grânulos às enzimas digestivas, com melhora na taxa de digestão no intestino delgado (KIENZLE et al., 1997; JULLIAND et al., 2006).

McLean et al. (2000) avaliaram parâmetros de fermentação intra-cecal em pôneis alimentados com uma dieta contendo 50% de cevada (micronizada, extrusada ou laminada) e 50% de feno em cubo e compararam com animais que receberam 100% da dieta na forma de feno em cubo. Os resultados sugeriram que a micronização ou extrusão da cevada oferece vantagens sobre a cevada laminada, já que os valores para os parâmetros de fermentação foram semelhantes aos dos pôneis alimentados com a dieta de 100% feno em cubo. Quando a cevada laminada foi fornecida, os parâmetros fermentativos foram alterados de forma negativa. Assim, em casos de necessidade de fornecimento de altas quantidades de cereais na dieta, a utilização de

produtos micronizados ou extrusados pode ser benéfica para minimizar a disfunção do intestino grosso.

Goachet et al. (2014) avaliaram o efeito de cinco semanas de treinamento na digestibilidade dos nutrientes em equinos e observaram que, com a evolução (aumento) no programa de exercícios, os coeficientes de digestibilidade aparente avaliados, exceto para FDA e celulose, aumentaram sem alterações no pH, confirmando o impacto positivo do exercício físico na digestibilidade dos nutrientes.

4.8 FORRAGEIRAS

4.8.1 Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.)

O capim-elefante originário da África é uma gramínea perene com hábito de crescimento cespitoso, pode atingir até 5 metros de altura com colmos eretos dispostos em touceiras, que alcançam 2 cm de diâmetro, com entrenós de até 20 cm. Possuem rizomas curtos, folhas com inserções alternadas, que podem alcançar 10 cm de largura e 110 cm de comprimento. Sua inflorescência é uma panícula que tem, em média, 15 cm de comprimento, formada por espiguetas envolvidas por cerdas de tamanhos desiguais e de coloração amarelada ou púrpura (NASCIMENTO JR., 1981; ALCÂNTARA; BUFARAH, 1983; DERESZ, 1999).

Adapta-se bem em regiões com altitude até 2.200 m e com temperaturas que variam de 18 a 30°C e pode suportar frios e geadas. Cresce bem em regiões quentes e úmidas com precipitação anual entre 800 e 4.000 mm, sendo a característica mais importante a sua distribuição ao longo do ano, onde 70-80% de sua produção ocorre na época das águas. Possui baixa tolerância a solos muito encharcados e à seca, podendo atravessar a estação seca com baixa produção se possuir raízes bem estabelecidas (ALCÂNTARA; BUFARAH, 1983).

Considerando as principais características, importância agrônômica e a constituição genética, Pereira (1993) definiu grupos de cultivares com relação aos tipos básicos:

- Grupo Anão: as cultivares deste grupo são mais adaptadas para pastejo em função do menor comprimento dos entrenós. As plantas desse grupo apresentam porte baixo (1,5 m) e elevada relação lâmina:colmo. Um exemplo é a cultivar Mott.
- Grupo Cameroon: apresentam plantas de porte ereto, colmos grossos, predominância de perfilhos basilares, folhas largas, florescimento tardio (maio a julho) ou ausente e touceiras densas. Têm-se como exemplo as cultivares Cameroon, Piracicaba, Vruckwona e Guaçú.
- Grupo Mercker: Caracterizado por apresentar menor porte, colmos finos, folhas finas, menores e mais numerosas, e época de florescimento precoce (março a abril). As cultivares Mercker, Mercker comum e Mercker Pinda fazem parte deste grupo.
- Grupo Napier: As cultivares deste grupo apresentam variedades de plantas com colmos grossos, folhas largas, época de florescimento intermediária (abril a maio) e touceiras abertas. Têm exemplares como as cultivares Napier, Mineiro e Taiwan A-146.
- Grupo dos Híbridos: Resultantes do cruzamento entre espécies de *Pennisetum*, principalmente *P. purpureum* e *P. americanum*.

Um exemplo comum do grupo dos híbridos é o *P. hybridum* (capim-elefante cv. Paraíso) resultado do cruzamento entre capim-elefante (*P. purpureum* Schum.; $2n = 4X = 28$) e milheto (*P. glaucum* (L) R. Br; $2n = 2X = 14$) que caracteriza-se por associar a rusticidade e o potencial de produção de massa seca do capim-elefante com a tolerância à seca e doenças, além da qualidade forrageira (LEÃO et al., 2012).

Quando o capim-elefante é utilizado em forma de capineira, o uso de áreas extensas para a cultura é dispensável já que apresenta alta produtividade. Porém a atenção ao manejo é indispensável, pois apresenta crescimento rápido e diminui o valor nutritivo com o avançar da maturidade (LIMA et al., 2010). Com relação à produtividade, é fato reconhecido que o capim-elefante é uma planta que apresenta elevado potencial de produção de biomassa e que o uso de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio no momento da implantação e na manutenção pode potencializar essa produção.

A produção de massa seca é muito variável dependendo do cultivar, fertilidade do solo, região geográfica, condições edafoclimáticas, estação do ano e manejo de

corte e adubação. Dependendo dessas condições e do objetivo da produção a quantidade de massa seca pode variar de 15 a 60 t ha⁻¹ ano⁻¹ permitindo de dois a quatro cortes anuais (SANTOS et al., 2001; ANDRADE et al., 2005; MORAIS et al., 2009; FLORES et al., 2012).

Lima et al. (2007) avaliaram a produção de massa seca e proteína bruta de genótipos de capim-elefante fixando 56 dias de rebrotação e observaram que a cultivar Cameroon apresentou maior produção (14,5 t ha⁻¹ de MS) em relação à cultivar Napier (9,20 t ha⁻¹ de MS). As diferenças encontradas na produção de massa seca foram relacionadas com a altura aos 56 dias de rebrotação de 2,27 m para o Cameroon e 2,05 para o Napier. Porém, não foram observadas diferenças entre as quantidades de proteína bruta, sendo de 1.591 kg ha⁻¹ (10,9%) para o Cameroon e 988,7 kg ha⁻¹ (10,7%) para o Napier.

Machado et al. (2008) avaliaram nutricionalmente o capim-elefante em diferentes idades de rebrota (33, 48, 63, 78 e 93 dias) e observaram que o teor de proteína bruta reduziu de 14,1% para 5,2% dos 33 para os 93 dias de rebrotação. Resultados semelhantes foram obtidos para o coeficiente de digestibilidade aparente total que caiu de 75,5% para 47,4% para as mesmas idades. Em contrapartida, os teores de matéria seca e fibra em detergente neutro apresentaram aumento com o avanço da maturidade, sendo para a matéria seca de 9,2% para 17,5% e para FDN 60,6% para 69,2%, respectivamente, para 33 e 93 dias de rebrotação.

Fernandes et al. (2011) avaliaram as características produtivas e bromatológicas do feno de capim-elefante cv. Paraíso em três idades de corte (45, 60 e 75 dias de rebrota) em relação ao tempo de desidratação e observaram que, independente da idade, apresentou composição químico-bromatológica satisfatória com média de 11% de proteína bruta, 66% de fibra em detergente neutro, 39% de fibra em detergente ácido e 65% de digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Aparentemente, com 60 dias de rebrota o capim-elefante cv. Paraíso apresentou vantagens relacionadas ao tempo de secagem em galpão alcançando ponto de fenação em torno de 30 horas. Quando o corte foi realizado aos 45 dias de rebrotação, esse ponto foi alcançado com aproximadamente 41 horas após o corte.

Leão et al. (2012) avaliaram o comportamento agrônomo de combinações genômicas oriundas do cruzamento de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) Leek) e observaram produção de massa seca, em t ha⁻¹ corte⁻¹, de 9,76, 5,82 e 2,81 para os genótipos Pioneiro (cv. Três Rios

x cv. Merker de Santa Rita), Cameroon (*Pennisetum purpureum* Schum) e Paraíso (*Pennisetum purpureum* Schum. x *Pennisetum glaucum* (E.) Leek), respectivamente. Os diferentes estádios de maturidade das plantas no momento do corte determinaram as diferenças nas características nutricionais. Com 60 dias de idade o genótipo Paraíso apresentou as melhores características bromatológicas (37,46% de FDA, 65,01% de FDN, 7,64% de PB e 57,98% de DIVMS) com menor altura (1,24 metros) em relação aos demais genótipos, sendo o Pioneiro (38,97% de FDA, 67,70% de FDN, 5,03% de PB e 56,65% de DIVMS) com altura de 2,04 metros e Cameroon (41,68% de FDA, 69,72% de FDN, 4,77% de PB e 55,06% de DIVMS) com 1,75 metros.

4.8.2 Tifton 85 (*Cynodon* sp.)

Essa gramínea é um cultivar híbrido interespecífico F1 resultado do cruzamento de uma grama bermuda (PI 290884 – *Cynodon dactylon*) e uma grama estrela (Tifton 68 – *Cynodon nlemfuensis*) e foi selecionado por apresentar relação folha/colmo superior ao Tifton 68, o que lhe confere melhor qualidade; maior produtividade e digestibilidade, quando comparado com a maioria das outras bermudas híbridas (PEDREIRA, 1996; ATHAYDE et al, s/d). Segundo Burton e Monson (1993), o Tifton 85 produziu 26% mais massa seca e apresentou digestibilidade 11% maior que o cultivar Coastal.

É uma gramínea de ciclo fotossintético C₄, subtropical, perene, que apresenta um crescimento prostrado característico; é estolonífera e rizomatosa, sendo considerada como grama bermuda. Apresenta porte mais alto, hastes delgadas e lisas, folhas menores e mais estreitas, e de cor verde mais escura do que as outras bermudas híbridas como o Coastal, o Tifton 44 e o Tifton 78. Os estolões são abundantes, verdes de tom arroxeado e os rizomas são mais grossos e desenvolvidos, porém, em menor quantidade. A sua inflorescência é pequena, formada por cinco racemos digitados no ápice da ráquis, não produzindo sementes viáveis por ser um híbrido interespecífico (2n = 50) e, com isso, a sua propagação é vegetativa (ATHAYDE et al, s/d).

Tem bom desenvolvimento desde precipitações de 500 a 1.800 mm ano⁻¹ e altitudes de até 2.300 m. Tolerante seca e geada por apresentarem rizomas e

temperaturas próximas a 37°C são ideais para uma ótima atividade fotossintética do gênero. Em condições de temperaturas adequadas o gênero *Cynodon* pode ter um bom crescimento durante 6-8 meses no ano.

Quanto aos teores de fibra em detergente neutro e ácido, Oliveira et al. (2000) observaram aumento desses parâmetros com o avanço da idade da planta até os 51 dias, quando o valor máximo de 79,24% de FDN foi atingido, sendo que aos 21 dias estes valores já superavam 65%.

Isepon et al. (2004), estudaram a produção de massa seca (MS) de cultivares de *Cynodon* irrigados submetidos à adubação nitrogenada e intervalos de cortes de 35 a 37 dias e obtiveram valores de 11,71 t ha⁻¹ de MS para a dose de 60 kg de N ha⁻¹. Ribeiro et al. (1998), avaliaram o Tifton 85 e observaram maior produção de MS (25,1 t ha⁻¹ ano⁻¹) com intervalo de cortes de quatro semanas e aplicação de 400 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹. Ataíde Jr. et al. (2000) observaram que, em diferentes dias de rebrota (28 e 56) os teores de proteína bruta e carboidratos totais variaram de 17 a 11% e 73 a 81%, respectivamente em feno de Tifton 85.

Azar et al. (2009) avaliaram o rendimento forrageiro e as características morfológicas de oito cultivares de *Cynodon* nos períodos chuvoso e seco no estado do Piauí e observaram que, para os cultivares Florakirk e Tifton 85, a média das produções de massa seca foram superiores (10,5 e 9,36 t ha⁻¹ respectivamente) às demais. No período chuvoso e seco o cultivar Tifton 85 apresentou produções de massa seca em torno de 8,62 e 10,09 t ha⁻¹, respectivamente, confirmando a superioridade e resistência em condições ambientais desfavoráveis. Além disso, foi o cultivar que apresentou maior relação folha/colmo média (1,53) em relação aos demais cultivares.

4.8.3 Rolão de milho (*Zea mays* L.)

O milho é uma gramínea pertencente à família Poaceae que apresenta metabolismo C₄, ou seja, o primeiro produto estável formado na fotossíntese possui quatro átomos de carbono (ácido oxaloacético) o que resulta em alta eficiência na utilização da luz e CO₂. Adapta-se bem a altitudes que variam desde o nível do mar a 3.600 metros, aproximadamente e em locais com precipitações de 300 a 5.000 mm

anuais, podendo ser cultivado em sistemas de rotação, consorciação e sucessão (safrinha) de culturas (MAGALHÃES E DURÃES, 2006; FERREIRA et al., 2011).

Com o crescimento do mercado equestre, a utilização de alimentos alternativos com o intuito de reduzir custos sem causar danos à saúde dos animais tem sido alvo das indústrias de alimentos. Assim, o processamento da planta de milho inteira desidratada tem potencial para fornecer um alimento fibroso e ser usado por cavalos e outros herbívoros não ruminantes.

Rolão é o nome que se dá à planta inteira de milho que é seca naturalmente no campo, constituído da palhada (colmos e folhas) com ou sem a espiga (grãos, sabugo e a brácteas da espiga). Para a espécie equina, o rolão de milho pode ser uma alternativa para as épocas de estiagem, suprimindo a baixa qualidade do volumoso, podendo entrar como suplementação concentrada devido à presença dos grãos de milho contendo alta concentração de amido. Quando produzido sem a espiga, a composição bromatológica é inferior, sendo um produto rico em fibras e pobre nos demais nutrientes. Quando a espiga entra na composição do produto o valor nutritivo melhora, entretanto, pode aumentar os custos com a moagem (GOES et al., 2013).

A distribuição vertical dos componentes da planta de milho tem considerável importância para a nutrição, pois a qualidade do grão e a porção fibrosa (colmo, folhas, sabugos e palha da espiga) combinada com a porcentagem de cada uma dessas partes determinam o valor nutritivo do material (MAYOMBO et al., 1997). Essas características são dependentes do híbrido utilizado, condições edafoclimáticas associadas com a região geográfica, estágio de maturação e manejo de adubação. Produções de 1,38 Mg ha⁻¹ de sabugo, 8,64 Mg ha⁻¹ de palha (incluindo sabugo) e 9,16 Mg ha⁻¹ de grãos no estágio de maturidade fisiológica foram maiores que as observadas no ponto de colheita de grãos de 1,33 Mg ha⁻¹ de sabugo, 7,30 Mg ha⁻¹ de palha 9,60 Mg ha⁻¹ de grãos (WILHELM et al., 2011).

Antes da colheita dos grãos, Shinnars et al. (2007) observaram diferentes proporções dos componentes presentes na planta inteira, sendo de 51,4% de grãos, 6,1% de sabugo, 4,2% de palha da espiga, 9,3% de folhas e 29% de colmo. Leask e Daynard (1973) avaliando características nutritivas e de produção da planta de milho no ponto de maturidade do grão, observaram proporções de 49,7% de grãos, 11,8% de sabugo, 8,9% de palha da espiga, 12% de folha e 17,6% de colmo. Além disso, com 30% de umidade do grão, a digestibilidade in vitro da matéria seca dos componentes das plantas de milho testadas variou de 42 a 63% quando o grão

apresentava em torno de 30% de umidade com significativa redução 2 semanas após a maturação do grão.

A época ideal para se preparar o rolão está entre 150 e 200 dias após o plantio quando a planta encontra-se no estágio de maturidade fisiológica, ou seja, no ponto de máxima produção com menos de 30% de umidade, contribuindo para redução das perdas por mofo ou apodrecimento. O armazenamento pode ser feito em galpões, sendo o material triturado e ensacado ou a granel, ou armazenado no campo em medas, cobertas por lona plástica (RIBEIRO JÚNIOR et al., 2009).

Para Magalhães e Durães (2006) a maturidade fisiológica é o ponto onde há paralisação total do processo de acúmulo de massa seca nos grãos com máximo enchimento, dando início ao estágio de senescência natural das plantas, as quais gradativamente começam a perder sua coloração verde característica. Além disso, caracteriza o momento adequado para a colheita, ou ponto de máxima produção, com 30 a 38% de umidade. Porém, no caso de armazenamento, o material deve passar por um processo de secagem artificial para evitar a fermentação e proliferação de fungos e bactérias.

Zopollatto et al. (2009) avaliaram as relações biométricas entre o estágio de maturação e a produtividade de seis híbridos de milho em dois cortes e observaram que o avanço da idade da planta acarretou aumento da produtividade e teor de matéria seca. Do primeiro para o oitavo corte, respectivamente, a média da produtividade e o teor de matéria seca, observados para o híbrido AG1051, por exemplo, variou de 11 para 24 t de MS ha⁻¹ e de 16 para 53% de matéria seca.

Com relação à composição do rolão de milho, Melotti (1969) em experimento com ovinos, obteve valores para a análise bromatológica e coeficiente de digestibilidade do rolão de milho (pé de milho integral seco e triturado) de, respectivamente, 90,17% e 49,47% de matéria seca, 7,48% e 47,51% de proteína bruta, 2,68% e 76,61% de extrato etéreo, 30,42% e 39,24% de fibra bruta e 55,17% e 56,54% para o extrativo não nitrogenado. Valadares Filho et al. (2000) apresentaram valores para a composição bromatológica para o rolão de milho de 6,76% de proteína bruta; 3,06% de extrato etéreo; 0,12% de cálcio; 0,14% de fósforo; 62,5% de fibra em detergente neutro e 40,9% de fibra em detergente ácido.

Martínez et al. (2006) determinaram o valor nutritivo da planta inteira de milho desidratada em três estádios de maturidade (precoce, intermediário e tardio) e os efeitos de dois níveis de inclusão (20 e 40%) em dietas peletizadas no desempenho e

características de carcaça em coelhos. Com relação ao valor nutritivo, os autores observaram que com a maturidade a relação espiga/palha aumentou, fazendo com que o conteúdo de fibra e proteína bruta diminuísse e a energia digestível aumentasse, proporcionalmente, devido à maior quantidade de amido presente nos grãos. Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca e da energia bruta melhoraram com a maturidade equiparando-se com a dieta controle e indicando que a planta de milho inteira e desidratada pode ser utilizada em dietas para coelhos com taxas de 20% de inclusão sem afetar o consumo e as características de carcaça.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 LOCAL

O experimento foi conduzido no Laboratório de Pesquisa em Alimentação e Fisiologia do Exercício em Equinos (LabEqui) pertencente ao Departamento de Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo no Campus Administrativo Fernando Costa, em Pirassununga (SP), Latitude: 21°36'00"S; Longitude: 47°18'00"W. O período experimental foi de novembro de 2015 a abril de 2016 e os dados climáticos do período estão apresentados na Figura 1.

Figura 1 - Dados climáticos referentes ao período de coleta de dados

Fonte: Estação Meteorológica, Campus Fernando Costa, USP, Pirassununga.

5.2 ANIMAIS E INSTALAÇÕES

Foram utilizados oito equinos (APÊNDICE A) machos castrados da raça Mini-Horse, com idade aproximada de cinco anos, peso de $139,5 \pm 17,0$ kg (média $\pm$ DP), escore de condição corporal entre 5 e 7 (HENNEKE, 1983), vermifugados e imunizados contra raiva, influenza, tétano e encefalomielite. No primeiro e último dia de cada fase do experimento todos os animais foram monitorados com relação à higidez (APÊNDICE B) por meio de hemogramas em equipamento Bioclin (Hematoclin 2.8 Vet).

Durante o período de adaptação (15 dias) os animais foram mantidos em baias individuais de aproximadamente 10 m² com piso de concreto coberto com cama de maravalha, bebedouro de alvenaria com capacidade conhecida e cocho de fibra de vidro para ração. Durante o período de coleta de fezes (5 dias) a cama de maravalha foi removida e, para evitar a contaminação das amostras com feno, pelos, crinas e poeira, as baias foram limpas todos os dias. Para o período de intervalo das fases (21 dias) os animais foram mantidos em piquete coletivo sem acesso à pastagem e receberam diariamente 2% do peso corporal em matéria seca de feno de Tifton 85

(*Cynodon* sp. cv. Tifton 85); suplemento mineral¹ (Kromium, Tortuga DSM) e água foram fornecidos *ad libitum*. O planejamento do período experimental pode ser observado na Figura 2.

Fonte: FELTRE (2017)

Legenda: CTF=coleta total de fezes; AGCC=ácidos graxos de cadeia curta

5.3 DIETAS

Durante cada fase (adaptação + coleta) o consumo diário de matéria seca foi de 1,75% do peso corporal, sendo a proporção adotada de 50% volumoso e 50%

¹Níveis de garantia: Cálcio (mín/máx): 130,00/146,00 g/kg; Fósforo (mín):75,00 g/kg; Enxofre (mín): 5.000,00 mg/kg; Sódio (mín): 150,00 g/kg; Cobalto (mín): 14,00 mg/kg; Cobre (mín): 1.000,00 mg/kg; Cromo (mín): 40,00 mg/kg; Ferro (mín): 2.500,00 mg/kg; Iodo (mín): 90,00 mg/kg; Manganês (mín): 2.000,00 mg/kg; Selênio (mín): 11,00 mg/kg; Zinco (mín): 3.700,00 mg/kg; Flúor (máx): 750,00 mg/kg.

concentrado, seguindo as recomendações do Instituto Nacional de Pesquisa Agrícola (INRA – França) para pôneis em manutenção (MARTIN-ROSSET, 2015) com acesso livre à água. As dietas foram pesadas em balança digital (Toledo®, modelo: M2098/61, d=e=0,01 kg) e fornecida três vezes ao dia às 07h00min, às 13h00min e às 19h00min.

As dietas isoproteicas foram divididas em *Dieta Controle* (dieta tradicional contendo 50% de feno de Tifton 85 e 50% de concentrado formulado [farelo de trigo, farelo de soja 46, milho moído, casca de soja, melaço, núcleo mineral, antifúngico², antioxidante³, óleo de soja e sal comum] peletizado, fornecidos separadamente) e *Dieta Completa* composta por 50% de volumoso (rolão de milho, capim-elefante desidratado ou feno de Tifton 85) adicionado dos mesmos ingredientes do concentrado, e submetidas à peletização ou extrusão. Os ingredientes e a composição de cada dieta estão descritos nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Ingredientes e formulação das dietas

Ingredientes (%)	Feno de Tifton 85	Capim-elefante	Rolão de milho	Controle ²
Volumoso	50,00	50,00	50,00	50,00
Farelo de trigo	12,25	5,30	11,45	12,25
Farelo de soja 46	2,00	12,40	6,35	2,00
Milho moído	15,00	12,90	3,65	15,00
Casca de soja	12,20	10,85	20,00	12,20
Melaço	2,00	2,00	2,00	2,00
Núcleo mineral	2,00	2,00	2,00	2,00
Aditivos ¹	0,75	0,75	0,75	0,75
Óleo de soja	3,30	3,30	3,30	3,30
Sal comum	0,50	0,50	0,50	0,50
<i>Total (%)</i>	<i>100,00</i>	<i>100,00</i>	<i>100,00</i>	<i>100,00</i>

Fonte: FELTRE (2017)

¹Antifúngico Ammo CURB® (Kemin) e Antioxidante Banox® (Alltech); ²Concentrado peletizado + Volumoso;

² Ammo CURB®, Kemin.

³ Banox®, Alltech.

Tabela 2 - Composição bromatológica, corrigidas para 100% de matéria seca, das dietas completas peletizadas e extrusadas e dieta controle utilizadas no período experimental

Ingredientes (%)	-----Peletizado-----			-----Extrusado-----			Controle ¹
	Feno de Tifton 85	Capim-elefante	Rolão de milho	Feno de Tifton 85	Capim-elefante	Rolão de milho	
Matéria seca	94,85	93,55	94,12	95,38	93,50	93,09	92,61
Matéria orgânica	91,51	90,93	92,24	91,25	91,29	92,22	92,49
Proteína bruta	14,91	14,49	14,54	14,08	14,12	14,10	14,71
Extrato etéreo	4,23	2,35	3,04	4,02	2,83	2,22	4,27
FDN _c ²	45,76	46,24	40,23	48,11	46,96	41,98	50,46
FDA ³	26,27	34,20	23,35	31,41	37,81	32,18	28,89
Matéria mineral	8,49	9,07	7,77	8,75	8,71	7,78	7,51
CNE ⁴	46,11	39,89	51,31	41,74	36,53	43,73	44,62
Amido	15,82	12,95	21,59	14,44	14,27	19,17	15,20

Fonte: FELTRE (2017)

¹Concentrado peletizado + Volumoso; ²Fibra em Detergente Neutro, corrigida para matéria seca e cinzas; ³Fibra em Detergente Ácido, ⁴Carboidratos Não Estruturais (CNE = 100 - PB - FDN_c - EE - MM; Adaptado de HOFFMAN et al. (2001) e JOSE-CUNILLERAS et al. (2004).

5.4 PROCESSAMENTO DAS DIETAS

As dietas peletizadas foram produzidas em peletizadora de biomassa (Eng-Maq, modelo: Eng 0200V) de matriz plana de 15 mm de diâmetro adaptada para receber volumoso picado com aproximadamente 30 mm de comprimento. O diâmetro da matriz foi determinado após tentativas realizadas com matriz de 6 e 10 mm e sem sucesso. A matéria-prima foi processada à temperatura de 80 a 95°C, umidade de entrada em torno de 20% e de saída 15% e tempo de resfriamento em torno de 5 minutos, sob ventilação de ar não viciado. A produtividade média estimada para esse produto foi de 3,5 t hora⁻¹ em escala industrial. O comprimento médio do produto final foi 43 mm, com comprimento de fibra de até 20 mm.

As dietas extrusadas foram produzidas em extrusora (fabricação própria) em matriz de 10 mm de diâmetro, definida a partir de experimentos anteriores (Gobesso et al., 2009), adaptada para receber volumoso picado com aproximadamente 30 mm de comprimento. A matéria-prima foi submetida à temperatura de 90 a 120°C, umidade de entrada de 21% e de saída 16% e tempo de resfriamento em torno de 5 minutos, sob ventilação de ar não viciado. A produtividade média estimada para esse produto em escala industrial foi de 5,0 t hora⁻¹. O comprimento médio do produto final foi 54 mm apresentando comprimento de fibra de até 30 mm.

5.5 COMPORTAMENTO ALIMENTAR

Para a análise comportamental, foram tomadas amostras instantâneas a cada 10 minutos em um período de 12 horas (das 07h00min às 19h00min) por três dias (do 11º ao 13º dias do período de adaptação de cada fase) com o intuito de avaliar o comportamento diurno dos animais (adaptado de DE MELO REZENDE et al., 2006). Além de um observador, os animais foram monitorados por meio de câmeras (Intelbras modelo VIP S3230) fixadas no canto superior de cada baia. As categorias comportamentais foram classificadas de acordo com o modelo apresentado na Tabela 3, adaptado de Heleski et al. (2002). O total de amostras instantâneas para cada categoria comportamental foi contabilizado para comparação das frequências.

Tabela 3 - Classificação do comportamento a partir das observações diretas

Comportamento	Observação
Em pé	Parado, em posição alerta (orelhas e pescoço para cima) ou relaxada (orelhas e pescoço para baixo), dormindo, sem realizar qualquer outra atividade;
Descanso	Deitado em decúbito esternal ou lateral;
Alimentação	Ingestão de ração ou feno / dieta completa;
Deslocamento	Movimentação em círculos, para frente ou para trás, diagonal;
Anormal	Mordendo ou lambendo as estruturas da baia (batente, porta ou barras de segurança), coiceando a parede ou cavando;
Água	Ingestão de água;
Outros	Interação com os objetos pendurados na baia (galhos de árvore e bola), coçando, defecando, urinando, rolando, investigando o ambiente, interação social (comunicação com o animal da baia vizinha), vocalização, etc.

Fonte: Adaptado de Heleski et al. (2002).

Com o intuito de minimizar a condição de estresse dos animais, todas as baias foram adaptadas com barras de ferro e madeira, as quais permitiam a visualização do meio exterior por um período de 12 horas. Além disso, durante o período de adaptação, incluindo os dias de comportamento, os animais foram soltos no período da manhã, por uma hora, em piquete de terra sem acesso à pastagem. Para reduzir o tempo ocioso e como forma de enriquecer o ambiente, dentro de cada baia, foram instalados objetos (galhos de árvore e bolas de plástico) pendurados por cordas de sisal os quais permaneceram durante todo o período experimental.

Nos três dias de avaliação comportamental no horário das 19 horas, o consumo aparente de água foi mensurado por meio de balde plástico graduado com capacidade para 20 L, sendo que nesse horário, os bebedouros foram completados com água até

o limite e, no dia seguinte, as sobras foram contabilizadas e os valores de consumo de água obtidos por diferença, expresso por kg de matéria seca ingerida ($L\ kg^{-1}$ de MS; MARTIN-ROSSET, 2015).

5.6 PARÂMETROS SANGUÍNEOS

5.6.1 Resposta glicêmica e insulinêmica

Para a dosagem de glicose no plasma e insulina no soro, o sangue foi coletado por meio de punção da veia jugular às 6h30min (30 minutos antes do fornecimento da dieta), 07h30min, 08h30min, 09h30min e 10h30min. Para a análise de glicose plasmática, o sangue foi colhido em tubos Vacutainer BD® com Fluoreto de sódio. Para a análise de insulina sérica, foi utilizado tubos Vacutainer BD® sem anticoagulantes. As amostras foram mantidas em repouso em ambiente com temperatura controlada (18°C) por aproximadamente 20 minutos e, posteriormente, centrifugados por 10 minutos a 4.000 rpm (centrífuga modelo 80-2B-15ML, Centribio; 1.800xg) (STULL; RODIEK, 1988; RAMALHO et al., 2012). Após esse procedimento, o sobrenadante foi transferido para microtubos de 1,5 mL de plástico, devidamente identificados e mantidos em freezers a -20°C (STULL; RODIEK, 1988), posteriormente encaminhadas para laboratório particular (DAC – Diagnósticos Análises Clínicas, Pirassununga, SP) para serem analisadas.

A concentração de insulina foi mensurada por quimioluminescência utilizando kit de reagentes Access Ultrasensitive Insulin (Beckman Coulter, ref.: 33410) enquanto que a glicose foi mensurada por meio de teste enzimático colorimétrico utilizando o kit Glicose Enzimática (VIDA Biotecnologia, ref.: 100/410). A área total abaixo da curva (AAC) de glicose e insulina, definida como sendo a área abaixo da curva até o eixo das abscissas, foi calculada pela área do trapézio proposto por Matthews et al. (1990).

5.6.2 Metabolismo lipídico

Para análise de colesterol total (CT), frações de colesterol ligadas à lipoproteínas (de alta densidade – HDLc; de baixa densidade – LDLc; e muito baixa densidade – VLDLc) e de Triglicérides (TG), foram colhidas amostras de sangue 30 minutos antes da primeira refeição (às 6h30min) como sugerido por Marchello et al. (2000). As coletas foram realizadas por meio de punção da veia jugular, em tubos Vacutainer BD® sem anticoagulante. As amostras permaneceram em descanso por aproximadamente 30 minutos em ambiente com temperatura controlada (18°C), seguido por 10 minutos de centrifugação a 4.000 rpm (centrífuga modelo 80-2B-15ML, Centrifio; 1.800xg) para a separação do soro, o qual foi acondicionado em microtubos de 1,5 mL, congelados a -20°C e, posteriormente, encaminhadas para laboratório particular (VetLab Medicina Veterinária Diagnóstica, Petrópolis, RJ) para serem analisadas.

O CT e o TG foram determinados pelo método colorimétrico (enzimático de Trinder) utilizando kits Colesterol Liquiform e Triglicérides Liquiform, respectivamente (Labtest Diagnóstica). A HDLc e LDLc foram quantificadas pelo método colorimétrico (Homogêneo Seletivo – Labtest Diagnóstica). VLDLc foi calculado pela equação de Friedewald (1972), dividindo-se o valor de TG por 5.

5.6.3 Fator de necrose tumoral alfa

Para análise das concentrações de TNF- α no soro foram colhidas amostras de sangue 210 minutos após a refeição da manhã (às 10h30min). As coletas foram realizadas por meio de punção da veia jugular, em tubos Vacutainer BD® sem anticoagulantes. As amostras permaneceram em descanso por aproximadamente 30 minutos. Em seguida, foram centrifugadas por 10 minutos (centrífuga modelo 80-2B-15ML, Centrifio) a 4.000 rpm (1.800xg) para a separação do soro e, na sequência, acondicionadas em microtubos criogênicos de 1,5 mL, congeladas a -80°C (CAMPEBELL et al., 2007; LAVOIE-LAMOREUX et al., 2010) e, posteriormente, encaminhadas ao Laboratório de Oncologia Comparada e Translacional da Faculdade

de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP, Campus Fernando Costa, Pirassununga, SP) para determinação.

As concentrações de TNF- α foram determinadas por teste imunoenzimático utilizando o kit comercial DuoSet ELISA Equine TNF- α (R&D Systems – ref.: DY1814) seguindo as instruções do fabricante. A curva padrão foi realizada em triplicata, sendo construída utilizando software on-line (elisaanalysis.com) capaz de gerar uma curva de regressão com 4 parâmetros. As concentrações de TNF- α (pg mL⁻¹) das amostras de soro foram realizadas em duplicata. Tanto a curva padrão quanto as concentrações de TNF- α nas amostras foram calculadas com base nos valores médios das densidades óticas, corrigidos para o branco. As leituras foram feitas em equipamento de leitura colorimétrica de multiplacas (leitor de ELISA Thermo Scientific Multiskan EX), ajustado para 450 nm.

5.6.4 Leptina

Para análise de leptina no soro foram colhidas amostras de sangue 30 minutos antes da primeira refeição (BUFF et al., 2002). As coletas foram realizadas por meio de punção da veia jugular, em tubos Vacutainer BD® sem anticoagulantes. As amostras permaneceram em descanso por aproximadamente 30 minutos, centrifugadas por 10 minutos a 4.000 rpm (centrífuga modelo 80-2B-15ML, Centribio; 1.800xg) para a separação do soro, o qual foi acondicionado em microtubos de plástico de 1,5 mL, congelados a -20°C e, posteriormente, encaminhadas para laboratório particular (VetLab Medicina Veterinária Diagnóstica, Petrópolis, RJ) para serem analisadas.

As concentrações foram determinadas pelo teste imunoenzimático (ELISA) utilizando o kit comercial Leptin ELISA (Diagnostics Biochem Canada – ref.: CAN-L-4260).

5.7 PARÂMETROS FECAIS

5.7.1 Ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e ácido láctico

Para a análise de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC – acético, propiônico e butírico), foram coletadas 10 g de fezes imediatamente após a defecação e acondicionadas em recipiente de plástico com tampa. As amostras foram diluídas em 20 mL de água destilada e, após homogeneização, o material foi coado em tecido poroso (dessora) e, do conteúdo coado, 4 mL de amostra foram transferidos para tubos Vacutainer BD® sem anticoagulante contendo previamente 1 mL de ácido fórmico PA grau HPLC 98-100%. Em seguida, os tubos foram centrifugados por 12 minutos a 4.000 rpm (centrífuga modelo 80-2B-15ML, Centribio; 1.800xg) e 2 mL do sobrenadante foram transferidos para Microtubo Axygen® e congelados a -20°C. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Fermentabilidade Ruminal da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP, Campus Fernando Costa, Pirassununga, SP) para análise.

As concentrações de AGCC nas fezes foram medidas por cromatografia em fase gasosa (GC-2014, Shimadzu, Japão) por meio de coluna capilar (Stabilwax®, Restek, EUA) a 145°C (isotérmica) e um injetor split/splitless e detector dual FID a 250°C, utilizando o método descrito por Erwin et al. (1961), adaptado por Getachew et al. (2002). O Hélio foi utilizado como gás de arraste, o ar sintético como comburente e o hidrogênio como combustível. As amostras foram descongeladas a temperatura ambiente e centrifugadas a 14.500xg durante 10 minutos. O sobrenadante (800 µL) foi transferido para um frasco seco e limpo com 100 µL do padrão interno (ácido 2-etil-butírico 100 mM, Chemservice, USA). O padrão externo foi preparado com ácidos acético, propiônico, isobutírico, butírico, isovalérico e valérico (Chemservice, USA). O software GCSolution® (Shimadzu, Japão) foi utilizado para os cálculos.

Para a análise de ácido láctico nas fezes, foram coletados 2 g de fezes no momento de defecação espontânea, acondicionadas em tubos falcon de 15 mL e congeladas a -20°C. Em seguida, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Bromatologia da Faculdade de Medicina e Veterinária (FMVZ/USP, Campus

Fernando Costa, Pirassununga, SP) e o método utilizado para a determinação do ácido foi o Espectrofotométrico para fluidos biológicos (PRYCE, 1969).

5.7.2 pH fecal

O pH das fezes foi aferido no terceiro dia de coleta total de fezes em um período de 12 horas como forma de observar possíveis alterações gastrintestinais geradas pela chegada excessiva de carboidratos solúveis no intestino grosso. As amostras de fezes para mensuração do pH foram coletadas nos momentos de defecação espontânea, diluídas na proporção de 1:1, ou seja, 50 g de fezes para 50 mL de água destilada, homogeneizadas e, em seguida, imergindo o eletrodo do pHmetro (Quimis Q400AS) para leitura do pH. Devido à variação na coleta dos dados, os resultados foram agrupados em faixas de horário com 3 horas cada, sendo F1 = 07-10h; F2 = 10-13h; F3 = 13-16h e F4 = 16-19h (adaptado de WILLARD et al., 1977).

5.8 DIGESTIBILIDADE APARENTE TOTAL

Todos os alimentos fornecidos aos animais durante o experimento foram amostrados para a realização das análises químico-bromatológicas. Durante todas as fases, as sobras foram contabilizadas como forma de controlar a ingestão da dieta.

As amostras de fezes foram colhidas no momento de defecação espontânea com o auxílio de vassouras e pás e acondicionadas em sacos plásticos protegidos da luz solar. A urina foi removida da baia com o auxílio de rodos. As fezes eventualmente contaminadas com urina foram pesadas e em seguida, descartadas. Todos os dias, às 07h00min e às 19h00min, os sacos das fezes foram recolhidos, pesados, homogeneizados e uma alíquota de 10% (amostras simples) foi retirada e armazenada em freezer a -20°C. Antes das análises laboratoriais, as amostras simples foram descongeladas a temperatura ambiente e, o total dos 5 dias de cada animal em cada fase, foi homogeneizado formando as amostras compostas encaminhadas para estufa de ventilação forçada a 55°C até peso constante com

posterior moagem em moinhos de facas tipo Willey com peneira de 1 mm, acondicionadas em recipiente próprio e identificado.

Foram avaliados os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE) de acordo com AOAC (2005), fibra em detergente neutro (FDN) fibra em detergente ácido (FDA) pelo método de partição de fibras proposto por Van Soest et al. (1991). A análise do amido foi conduzida segundo o método enzimático descrito por Hendrix (1993). Os carboidratos não estruturais (CNE) foram calculados por diferença de acordo com metodologia adaptada de Hoffman et al. (2001) e Jose-Cunilleras et al. (2004) sendo $CNE = 100 - PB - FDN_c - EE - MM$, onde FDN_c representa a fração fibrosa corrigida para cinzas.

A partir dos resultados das análises laboratoriais, das estimativas de consumo e produção fecal, foram 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 (MO), 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 1.

$$DA (\%) = \frac{NC - NE}{NC} \times 100$$

Equação 1

Onde:

DA = Coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes;

NC = Quantidade do nutriente consumido (g);

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

5.9 VIABILIDADE ECONÔMICA

A análise do projeto de viabilidade econômica da dieta completa peletizada ou extrusada foi desenvolvida com o apoio do Laboratório de Análises Socioeconômicas e Ciência Animal (LAE/FMVZ/USP), Campus Fernando Costa, Pirassununga/SP, por meio de levantamento detalhado e elaboração de custos em planilhas eletrônicas. O método utilizado seguiu os mesmos preceitos de Feltre et al. (2016), e incluiu desde

a produção agrícola do volumoso, beneficiamento industrial e transporte até a comercialização da dieta completa peletizada e extrusada para a espécie equina. Para tal simulação, foi considerada a hipótese de que toda produção seria comercializada, portanto, sem ociosidade no sistema.

Para o desenvolvimento do estudo foi considerada como referência uma propriedade rural localizada na cidade de Londrina (PR). O método de contabilidade de custos, tanto agrícolas quanto industriais, seguiu o proposto por Martins (1990). Todos os preços de insumos e serviços foram levantados junto ao mercado por meio de ligações telefônicas, pesquisas na internet ou visitas aos estabelecimentos.

No referente ao custo dos insumos agrícolas foi considerada a produção de massa seca para cada volumoso de acordo com a literatura (ISEPON et al., 2004; ZOPOLLATTO et al., 2009; FLORES et al., 2012). Foram considerados os custos indiretos de 5 anos, referentes às práticas de correção do solo (calagem); indiretos de 10 anos, referentes às práticas de semeadura e preparo do solo (aração, gradagem e adubação de plantio); e os custos diretos anuais, referentes à adubação em cobertura, tratamentos fitossanitários, defensivos e equipamentos para a produção de cada cultura (feno de Tifton 85, capim-elefante e rolão de milho).

Para os custos dos insumos industriais foram considerados os equipamentos específicos (peletizadora, extrusora, moinho, misturador e secador), a quantidade e proporção dos ingredientes necessários para cada dieta, os custos com energia elétrica da região (COPEL/PR) acrescentando-se os custos das embalagens e respectivas identificações.

Para os custos de transporte, os valores foram atualizados de acordo com ESALQ-LOG considerando os custos da empresa (salário e horas de trabalho do motorista), custos operacionais e de mercado (referente à aquisição do conjunto e manutenção do caminhão, além dos custos com combustível) e o raio de distribuição das mercadorias de 300 km.

As regulamentações envolvidas na produção de alimentos para animais e comercialização do produto, foram obtidas junto à base de dados do Diário Oficial da União. Com relação aos tributos foi considerada a alíquota de 23,93% sobre o faturamento, assumindo lucro presumido, conforme informações fornecidas por escritório de contabilidade.

Para o estudo de marketing, foram pesquisados os principais canais de comercialização (locais, público, formas de transporte, pagamentos, etc.) potenciais

para escoamento do produto, bem como os preços que eventualmente poderiam ser praticados a partir do conhecimento dos custos e da comparação com produtos correlatos disponíveis no mercado (concentrado comum e feno comum).

Os parâmetros econômicos avaliados foram: capital imobilizado (imóveis e benfeitorias, máquinas e equipamentos, móveis e utensílios), insumos (agrícolas e industriais), despesas com pessoal (operacionais e administrativas), despesas operacionais gerais (materiais de escritório, telefonia, internet, serviços de contabilidade, dentre outros), indicadores da produção (quantidade em toneladas por hora, mês e ano e o preço), equivalência nutricional das dietas completas (feno de Tifton 85, capim-elefante e rolão de milho), tributação (municipal, estadual e federal) e transporte (até mercado consumidor). Com os parâmetros foram elaborados a demonstração de resultado do exercício (DRE mensal) e o fluxo de caixa (anual, para 30 anos).

Foram propostos três cenários para as três fontes volumosas baseados em preços diferenciados de venda da dieta completa ao consumidor final (criador de cavalos). Para se obter esse preço final, considerou-se o custo equivalente à dieta completa, composta pelos ingredientes necessários para a fabricação do mesmo, porém, obtidos separadamente (concentrado comercial, sal mineral, sal e feno). Todas as dietas foram formuladas a fim de apresentarem o mesmo valor nutricional. O preço ao consumidor considerado para o primeiro cenário foi de R\$ 1,42/kg. Devido à praticidade de manejo da dieta completa, considerou-se para os cenários 2 e 3, adicionais de 10% e 20%, respectivamente, em relação ao preço do cenário base. Dessa forma, os preços de venda do produto para os cenários 2 e 3 foram R\$ 1,56/kg e R\$ 1,69/kg, respectivamente.

Para a simulação do volume de venda foi considerado um mercado cativo referente ao consumo exclusivamente da dieta completa para 2.250 e 3.215 animais⁴ em manutenção, por ano, para o produto peletizado e extrusado, respectivamente. Além disso, foi considerado que a distribuição comercial do mesmo seria realizada por um representante que receberia uma margem bruta de 20%.

⁴Valores calculados em função do consumo anual dos animais em manutenção (média de peso de 450 kg, ingestão de matéria seca de 2% do peso corporal) em relação à capacidade de produção anual da peletizadora (3,5 t hora⁻¹) e da extrusora (5,0 t hora⁻¹), respectivamente.

Na planilha do fluxo de caixa, estimaram-se as receitas e despesas durante o horizonte do projeto de 30 anos. Neste investimento, a taxa de desconto r (considerada como a taxa mínima de atratividade, TMA; Equação 2), de 7,20% a.a., foi obtida a partir da taxa de juros nominal média diária (SELIC, 2016) de janeiro a dezembro de 2016, e pela taxa de inflação representada pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC/IBGE) acumulado até novembro de 2016.

$$r = \left[\frac{(1+j)}{(1+in)} \right]^{-1}$$

Equação 2

Sendo:

r = taxa de juros real;

j = taxa de juros nominal;

in = taxa de inflação;

Para avaliar a viabilidade da produção da dieta completa, foram utilizados os seguintes indicadores de rentabilidade financeira: valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e o *Payback* simples (tempo necessário para a recuperação do investimento inicial). No presente trabalho, o investimento foi considerado viável quando a TIR foi maior ou igual à taxa de desconto (ou TMA) e, consequentemente, VPL maior que zero.

O VPL de um fluxo de caixa é igual ao valor atualizado para o presente, da soma dos fluxos líquidos de caixa previstos para o horizonte do projeto. No presente trabalho, o VPL foi calculado de acordo com a Equação 3.

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t}$$

Equação 3

Sendo:

VPL = Valor Presente Líquido (R\$);

FC_t = Fluxo de caixa líquido no período t ;

t = momento em que o fluxo de caixa ocorreu;

r = taxa de desconto real (%);

n = período de tempo

A TIR faz com que os valores das despesas sejam iguais aos valores do retorno do investimento, ambos trazidos para o valor presente. De maneira geral, é a taxa de desconto capaz de tornar o VPL igual a zero. Esta taxa é obtida por meio de simulação computacional.

Para identificar o item ou os itens que podem afetar os resultados econômicos de um sistema e influenciar na viabilidade financeira da atividade, foi realizada análise de sensibilidade. Por meio desta análise é possível determinar até que ponto a mudança em uma variável influencia os resultados do sistema e proporciona uma avaliação mais rigorosa que gera uma interpretação mais precisa dos riscos associados à atividade (JERÔNIMO, 2013), além de permitir que o investidor saiba que variações futuras podem proporcionar perdas ou ganhos econômicos. No presente trabalho, a variável sensibilizada foi *custos dos serviços/produtos vendidos*, a qual inclui os custos com insumos, pessoal, despesas operacionais gerais, manutenção, depreciação e arrendamento da terra.

5.10 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os animais e os tratamentos foram distribuídos aleatoriamente em dois quadrados latinos, balanceados e simultâneos. Os dados foram submetidos à análise de variância, onde foi utilizado o modelo misto do pacote PROC MIXED do programa SAS (*Statistical Analysis System*) considerando uma variância para cada quadrado e os efeitos fixos de período, processamento e tratamento, interação processamento*tratamento, além dos efeitos aleatórios animal dentro de quadrado e resíduo. A análise de variância considerou esquema fatorial 2x4 aplicando-se contrastes (PxC = demais dietas peletizadas vs controle e ExC = demais dietas extrusadas vs controle) como forma de verificar possíveis diferenças dos processamentos em relação às dietas controles (sem processamento). As estimativas dos contrastes foram calculadas somando-se as médias das dietas processadas menos 3 vezes a média da dieta controle (exemplo: $PxC = A+B+C-3D$, onde A , B e C representam as dietas contendo rolão de milho, capim-elefante e feno de Tifton 85 peletizados; e D , o controle).

Após as análises dos contrastes, as dietas controles foram excluídas e novas análises foram realizadas. Os mesmos efeitos anteriormente descritos foram considerados, porém, utilizou-se esquema fatorial 2x3 (2 processamentos x 3 fontes de fibras) como forma de identificar possíveis diferenças entre os tratamentos submetidos ao processamento. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, utilizando $p < 0,05$ como referência para os valores significativos.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 HIGIDEZ DOS ANIMAIS

Todos os animais apresentaram-se hígidos durante a fase experimental, sem exibir alterações clínicas. É possível verificar os resultados dos hemogramas realizados durante os períodos de coleta de dados no APÊNDICE B. Os valores obtidos estão dentro do intervalo de referência sugeridos por Grondin e Dewitt (2010) não sendo observadas alterações hematológicas já que, segundo os mesmos autores, podem ser influenciadas por diversos fatores, dentre eles, raça, idade, gênero, treinamento, estado fisiológico, manejo durante a coleta, dentre outros.

6.2 COMPORTAMENTO ALIMENTAR

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados para as frequências das atividades comportamentais (%), do tempo de consumo (minutos) e do consumo hídrico ($L\ kg^{-1}\ MS$).

A comparação realizada através dos contrastes foram significativos para as frequências do tempo em pé ($p < 0,01$), de alimentação ($p < 0,01$), para o deslocamento ($p < 0,05$) e para o tempo de ingestão da dieta ($p < 0,05$). Os contrastes PxC e ExC mostraram maior frequência de alimentação (%) e do tempo de ingestão da dieta

(minutos) com menor frequência do tempo em pé (%) para o grupo controle em relação ao grupo que recebeu as dietas processadas.

Para a frequência do deslocamento, o contraste ExC foi significativo ($p < 0,05$), ou seja, os animais que receberam as dietas extrusadas apresentaram maior frequência de deslocamento (2,24%) em relação ao do grupo controle (0,86%). Para as demais variáveis os contrastes não acusaram diferenças ($p > 0,05$) entre o grupo controle e as dietas peletizadas ou extrusadas.

A análise de variância mostrou que entre as dietas processadas, as diferentes fontes de fibra e os tipos de processamento não proporcionaram ($p > 0,05$) alterações nas variáveis avaliadas.

Tabela 4 - Frequência (%) das atividades comportamentais, consumo hídrico (L kg⁻¹ MS) e tempo de consumo das dietas (minutos) de pôneis alimentados com dietas completas processadas (peletizadas e extrusadas) produzidas com diferentes fontes de fibra (média±EP)

(Continua)										
Atividade	Tratamentos			Proc. ¹	Controle ²	Valor de p			Valor de p dos Contrastes (Estimativas)	
	Rolão de milho	Capim-elefante	Feno de Tifton 85			Trat.	Proc	Tr*Pr	PxC	ExC
-----Em pé (%)-----										
Peletizado	72,34±2,84	75,33±2,84	75,23±3,27	73,97±2,28	59,58±3,84					
Extrusado	75,19±2,96	72,14±2,52	71,90±2,52	73,08±1,86	61,82±3,32	0,9484	0,7716	0,4299	0,0009	0,0063
Trat.	73,78±2,05	73,74±1,90	73,07±2,06		60,70±2,54				(44,56)	(33,89)
-----Descanso (%)-----										
Peletizado	0,98±0,40	0,25±0,40	0,80±0,47	0,68±0,28	0,12±0,40					
Extrusado	0,16±0,43	0,25±0,36	0,74±0,36	0,38±0,22	0,25±0,36	0,4395	0,4293	0,5390	0,2195	0,7112
Trat.	0,57±0,29	0,25±0,27	0,77±0,30		0,18±0,27				(1,65)	(0,48)
-----Alimentação (%)-----										
Peletizado	17,53±1,40	15,66±1,40	17,16±1,52	16,78±1,28	24,44±1,45					
Extrusado	16,25±2,62	17,26±2,55	19,60±2,55	17,70±2,48	22,12±2,66	0,1143	0,7516	0,1384	0,0003	0,0138
Trat.	16,89±1,49	16,46±1,45	18,38±1,48		23,28±1,51				(-23,84)	(-13,75)
-----Deslocamento (%)-----										
Peletizado	0,99±0,45	0,86±0,45	1,67±0,53	1,17±0,28	2,22±0,48					
Extrusado	2,02±0,91	2,98±0,84	1,73±0,84	2,24±0,77	0,86±0,78	0,6947	0,2303	0,1597	0,0792	0,0277
Trat.	1,50±0,51	1,92±0,48	1,70±0,50		1,54±0,46				(-3,22)	(4,20)
-----Anormal (%)-----										
Peletizado	3,59±1,99	3,70±1,99	1,68±2,06	2,99±1,93	4,05±2,35					
Extrusado	2,05±1,74	2,45±1,66	2,35±1,66	2,29±1,59	4,46±1,90	0,3424	0,7859	0,3046	0,4904	0,1033
Trat.	2,82±1,32	3,08±1,30	2,02±1,32		4,25±1,50				(-3,24)	(-6,20)
-----Água (%)-----										
Peletizado	0,25±0,31	0,62±0,31	0,48±0,33	0,45±0,28	0,49±0,26					
Extrusado	0,24±0,24	0,37±0,21	0,25±0,21	0,28±0,17	0,62±0,25	0,3437	0,6386	0,7195	0,9346	0,0734
Trat.	0,24±0,19	0,49±0,19	0,36±0,19		0,56±0,18				(-0,04)	(-0,97)
-----Outros (%)-----										
Peletizado	4,32±1,06	3,58±1,06	4,18±1,26	4,03±0,65	5,67±1,40					
Extrusado	5,06±1,31	4,56±1,11	3,44±1,11	4,35±0,73	6,62±1,39	0,7486	0,7471	0,7267	0,3050	0,1939
Trat.	4,69±0,84	4,07±0,77	3,81±0,84		6,14±0,99				(-5,22)	(-6,69)

(Conclusão)										
Atividade	Tratamentos			Proc. ¹	Controle ²	Valor de <i>p</i>			Valor de <i>p</i> dos Contrastes (Estimativas)	
	Rolão de milho	Capim-elefante	Feno de Tifton 85			Trat.	Proc	Tr*Pr	PxC	ExC
-----Consumo hídrico (L kg ⁻¹ MS)-----										
Peletizado	3,26±0,69	3,34±0,69	3,51±0,73	3,37±0,64	3,17±0,59					
Extrusado	3,53±0,54	3,31±0,48	3,95±0,48	3,60±0,41	2,90±0,41	0,5222	0,7743	0,7923	0,5319 (0,73)	0,1065 (1,97)
Trat.	3,40±0,44	3,33±0,42	3,73±0,44		3,03±0,36					
-----Tempo de Ingestão (minutos)-----										
Peletizado	59,17±4,74	52,92±4,74	57,88±5,14	56,66±4,31	82,08±4,81					
Extrusado	54,94±9,01	58,38±8,77	66,67±8,77	59,99±8,55	74,17±8,95	0,1087	0,7376	0,1327	0,0002 (-78,96)	0,0149 (-44,27)
Trat.	57,05±5,09	55,65±4,98	62,28±5,08		78,13±5,08					

Fonte: FELTRE (2017)

Legenda: ¹Média dos tratamentos processados; ²Sem processamento; Trat=efeito principal do tratamento; Proc.=efeito principal do processamento; Tr*Pr=Interação entre tratamento x processamento; Contrastes: PxC=demais dietas peletizadas vs controle; ExC=demais dietas extrusadas vs controle; Estimativas=resultado da equação A+B+C-3D, onde A, B e C representam as médias das dietas com rolão de milho, capim-elefante e feno de Tifton 85, respectivamente, e D a dieta controle.

Os resultados para frequência do tempo em pé e de alimentação corroboram os dados encontrados por Elia et al. (2010). Quando apenas a dieta completa peletizada foi fornecida, os animais passaram, em média, mais tempo em pé e menos tempo se alimentando, do que quando apenas a dieta de feno foi fornecida, onde os animais gastaram menos tempo em pé e mais tempo se alimentando. No presente trabalho, quando as dietas peletizadas e extrusadas foram fornecidas, os cavalos passaram menor frequência do tempo se alimentando (16,78 e 17,70%, respectivamente) e maior frequência do tempo em pé (73,97 e 73,08%). Quando a dieta controle (feno e concentrado fornecido separadamente) foi fornecida, os animais passaram maior frequência do tempo se alimentando (média de 23,28%) e menor frequência do tempo em pé (média de 60,7%).

De Melo Rezende et al. (2006) avaliaram as atividades comportamentais de cavalos da raça Bretã e Percheron estabulados, sendo alimentados com volumoso e concentrado separadamente e observaram que, em média, os cavalos passaram 6,7% do tempo se alimentando, frequência menor do que a observada no presente trabalho para o grupo controle. Os autores observaram também que os cavalos passaram em torno de 88,4% do tempo em pé, porém, para essa variável desconsiderou-se apenas o momento de alimentação e descanso (deitado). Além disso, os autores observaram que, em média, os cavalos passaram 0,84% do tempo se deslocando dentro da baia.

Gordon et al. (2008) trabalharam com dietas semelhantes submetidas a diferentes processamentos obtendo produto final de diferentes dimensões e não observaram diferenças no tempo de consumo para o alimento peletizado (4 mm x 12-20 mm) e extrusado (5 mm x 10-12 mm) os quais corroboram com os resultados encontrados no presente trabalho. Porém observaram que o alimento oval (19 mm x 25-30 mm) proporcionou maior tempo de consumo, possivelmente devido à forma física do produto final que era consideravelmente maior que os demais. Os valores encontrados para tempo de ingestão da dieta peletizada (18,35 minutos), extrusada (19,82 minutos) e oval (22,94 minutos) foram inferiores quando comparados aos do presente trabalho (56,66 e 59,99 minutos para o produto peletizado e extrusado, respectivamente), possivelmente devido à maior forma física obtida (média de 43 e 54 mm para o produto peletizado e extrusado, respectivamente).

A maior preocupação do fornecimento de dietas completas e processadas para cavalos estabulados se refere à quantidade de água ingerida durante o dia e a redução

no tempo gasto para ingestão do alimento, com consequente aumento na ociosidade favorecendo o aparecimento de comportamentos anormais e estereotipados seguidos de problemas fisiológicos e emocionais. No presente trabalho a frequência dos comportamentos anormais, observados para as dietas completas processadas (média de 2,64%) não diferiu do grupo controle (média de 4,23%), sendo inferior à frequência de 14,86% encontrada por De Melo Rezende et al. (2006), indicando que o fornecimento das dietas três vezes ao dia bem como a adoção de práticas de enriquecimento ambiental podem ser benéficas para a saúde mental e digestiva de cavalos em baias.

Alguns trabalhos demonstram que, quando pôneis são privados do contato físico com outros animais, comportamentos anormais como a mastigação de madeira e a coprofagia, podem ser devidos aos métodos de fornecimento da dieta restritos à horários pré-determinados, frustração e/ou tédio e não necessariamente às dietas peletizadas, como sugerem outros autores (HEDIGER, 1955; SCHURG et al., 1978; RALSTON, 1986).

Os padrões de ingestão de água por cavalos são alterados pela fonte e disponibilidade de água e pela idade, tipo de trabalho realizado e estágio fisiológico do animal, bem como são inversamente proporcionais à quantidade de água presente na dieta (NRC, 2007; MARTIN-ROSSET, 2015). No presente trabalho os cavalos submetidos às dietas processadas ingeriram água em torno de 3,49 L kg⁻¹ MS, o qual está acima dos valores para cavalos em manutenção recomendados pelo NRC (2007) que variam de 2 a 3 L kg⁻¹ MS de água, aproximadamente 5% do peso corporal. Além disso, o valor médio da frequência de ingestão de água de 0,37% (aproximadamente 5,26 minutos) para o grupo que recebeu as dietas processadas, está dentro dos valores obtidos por Nyman e Dahlborn (2001) de 3 a 15 minutos diários para cavalos castrados, independente da estrutura de fornecimento.

6.3 PARÂMETROS SANGUÍNEOS

6.3.1 Resposta glicêmica e insulinêmica pós prandial

A concentração de glicose variou de 73,3 a 98,2 mg dL⁻¹ e a insulina de 9,3 a 136,7 µUI mL⁻¹ no jejum e pós prandiais, respectivamente. Essas concentrações estão de acordo com os limites considerados normais para a espécie equina.

As concentrações de glicose e insulina no sangue durante o jejum, podem variar de 60 a 90 mg dL⁻¹ e de 5 a 20 µUI mL⁻¹, respectivamente (ANDERSON, 1997; RALSTON, 2002). As concentrações pós-prandiais, após o fornecimento de dietas contendo maiores quantidades de carboidratos solúveis, ou alimentos processados resultam em picos de glicose que variam de 70 a 220 mg dL⁻¹ em 60 a 120 minutos após o fornecimento da dieta. Os picos de insulina podem atingir valores acima de 190 µUI mL⁻¹ em 120 minutos após a refeição dependendo do tipo de alimento, condição corporal, estágio fisiológico e raça (JEFFCOTT et al., 1986; SMYTH et al., 1989; WILLIAMS et al., 2001).

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados de área abaixo da curva de glicose (AAC-G; mg dL⁻¹ h⁻¹) e de insulina (AAC-In; µUI mL⁻¹ h⁻¹). A comparação realizada através dos contrastes foi significativa para AAC-G e AAC-In ($p < 0,05$). Os contrastes PxC e ExC mostraram que a AAC, tanto de glicose quanto de insulina, foi maior para o grupo que recebeu as dietas processadas em relação ao grupo controle.

Esses resultados corroboram com Smyth et al. (1989) e Williams et al. (2001), os quais afirmam que menores respostas glicêmicas e insulinêmicas são observadas quando os animais são alimentados com forragem. Além disso, Hoekstra et al. (1999) observaram maior índice glicêmico e AAC de glicose para o milho floculado em relação ao milho quebrado e moído para uma mesma quantidade de amido (2 g kg⁻¹ refeição⁻¹). Esse resultado sugere que a maior resposta glicêmica é um reflexo das mudanças na digestibilidade do amido pré-cecal pelo processamento térmico do milho.

A análise de variância mostrou que, entre as dietas processadas, as diferentes fontes de fibras (tratamentos) não proporcionaram ($p > 0,05$) alterações na AAC-G. Porém, foi possível verificar interferência desse fator ($p < 0,05$) nos valores de AAC-In. Além disso, foi possível identificar diferenças ($p < 0,05$) de acordo com os tipos de

processamento, ou seja, o grupo peletizado apresentou maior AAC de glicose e insulina ($365,11 \text{ mg dL}^{-1} \text{ h}^{-1}$ e $446,17 \text{ } \mu\text{UI mL}^{-1} \text{ h}^{-1}$, respectivamente) em relação ao grupo extrusado ($325,73 \text{ mg dL}^{-1} \text{ h}^{-1}$ e $219,73 \text{ } \mu\text{UI mL}^{-1} \text{ h}^{-1}$, respectivamente). Não foi observado efeito interativo de tratamento*processamento para as variáveis avaliadas ($p>0,05$).

Tabela 5 - Área abaixo da curva de glicose ($\text{mg dL}^{-1} \text{ h}^{-1}$) e insulina ($\mu\text{UI mL}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de pôneis alimentados com dietas completas processadas (peletizadas e extrusadas) produzidas com diferentes fontes de fibra (média±EP)

	Fontes de Fibra (Tratamentos)			Proc. ¹	Controle ²	Valor de p			Valor de p dos Contrastes (Estimativas)	
	Rolão de milho	Capim-elefante	Feno de Tifton 85			Trat.	Proc	Tr*Pr	PxC	ExC
-----Glicose-----										
Peletizado	389,12±15,15	345,37±15,15	360,84±16,69	365,11±13,43 _A	338,13±15,86	0,0637	0,0305	0,2778	0,0178 (76,72)	0,0392 (64,60)
Extrusado	330,81±10,74	319,62±9,05	326,75±9,05	325,73±5,57 _B	304,50±8,31					
Trat.	359,97±9,28	332,50±8,82	343,80±9,49		321,31±8,95					
-----Insulina-----										
Peletizado	568,59±83,23	380,61±78,40	389,31±83,24	446,17±74,25 _A	289,54±79,58	0,0466	0,0364	0,1609	0,0108 (428,61)	0,0369 (325,84)
Extrusado	242,60±55,22	167,70±48,48	248,89±48,48	219,73±40,11 _B	112,11±54,66					
Trat.	405,59± 50,16 _a	274,16±46,09 _b	319,10±48,16 _{ab}		200,83±48,27					

Fonte: FELTRE (2017)

Legenda: ¹Média dos tratamentos processados; ²Sem processamento; Trat.=Efeito Principal do Tratamento; Proc.=Efeito Principal do Processamento; Tr*Pr=Interação entre tratamento x processamento; Contrastes: PxC=demais dietas peletizadas vs controle; ExC=demais dietas extrusadas vs controle; Estimativas=resultado da equação $A+B+C-3D$, onde *A*, *B* e *C* representam as médias das dietas com rolão de milho, capim-elefante e feno de Tifton 85, respectivamente, e *D* a dieta controle; Letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A Figura 3 ilustra a influência das fontes de fibra na AAC-In, comparando-se as médias entre as dietas que sofreram algum processamento. As médias do grupo controle foram inseridas para comparação visual como opção de análise estatística.

Figura 3 - Área abaixo da curva de glicose ($\text{mg dL}^{-1} \text{h}^{-1}$) e insulina ($\mu\text{UI mL}^{-1} \text{h}^{-1}$) de pôneis alimentados com dietas completas produzidas com diferentes fontes de fibra (média $\pm$ erro padrão)

Fonte: FELTRE (2017)

Legenda: Letras maiúsculas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os grupos que utilizaram o rolão de milho e capim-elefante desidratado como fonte de fibra para a fabricação das dietas, apresentaram, respectivamente, maior ($359,97 \text{ mg dL}^{-1} \text{h}^{-1}$) e menor ($332,50 \text{ mg dL}^{-1} \text{h}^{-1}$) AAC de glicose e insulina (Tabela 5). O grupo que utilizou feno de Tifton 85 assumiu valor intermediário tanto para AAC-G ($343,80 \text{ mg dL}^{-1} \text{h}^{-1}$) quanto para AAC-In ($319,10 \mu\text{UI mL}^{-1} \text{h}^{-1}$). Essas diferenças podem estar relacionadas à quantidade de amido e CNE que, na dieta de rolão de milho, apresentou maiores valores em relação às demais.

A Figura 4 ilustra as médias obtidas para AAC de glicose e insulina entre os grupos das dietas processadas. As médias do grupo controle foram inseridas apenas para comparação visual como opção de análise estatística.

Figura 4 - Área abaixo da curva de glicose ($\text{mg dL}^{-1} \text{h}^{-1}$) e insulina ($\mu\text{UI mL}^{-1} \text{h}^{-1}$) de pôneis alimentados com dietas completas peletizadas e extrusadas (média±erro padrão)

Fonte: FELTRE (2017)

Legenda: Letras diferentes minúsculas comparam AAC-G e maiúsculas, AAC-In pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O produto peletizado proporcionou, em média, maior AAC-G ($365,11 \text{ mg dL}^{-1} \text{h}^{-1}$) e AAC-In ($446,17 \mu\text{UI mL}^{-1} \text{h}^{-1}$) em relação ao produto extrusado ($325,73 \text{ mg dL}^{-1} \text{h}^{-1}$ e $219,73 \mu\text{UI mL}^{-1} \text{h}^{-1}$, respectivamente para AAC-G e AAC-In). Porém, esses resultados vão de encontro aos resultados obtidos na literatura, já que quanto maior o grau de processamento do alimento, mais susceptíveis ficam os nutrientes à digestão enzimática e microbiana (HOEKSTRA et al., 1999; JULLIAND et al., 2006; KLEIN, 2009), com maiores resultados de resposta glicêmica e insulinêmica (GOBESSO et al., 2008).

Gobesso et al. (2008) avaliaram a substituição de milho por sorgo (ambos triturados ou extrusados) na resposta glicêmica e insulinêmica, bem como as respectivas AAC e observaram maiores respostas quando as dietas extrusadas foram fornecidas.

Esses resultados demonstram que, nas condições em que o experimento foi realizado (maior tamanho da fibra na massa) e nas configurações utilizadas nos equipamentos (peletizadora e extrusora), representam novas informações com relação ao processamento de dietas completas para equinos.

Lewis (2000) sugere que o aquecimento e a moagem suficientes para desintegrar o grão de milho e sua estrutura granular aumentam a quantidade de amido digerido no intestino delgado dos equinos. Porém, Potter et al. (1992) afirmaram que

o processamento tem pequeno efeito sobre a digestibilidade em todo o trato gastrointestinal dos equinos, mas pode ser diferenciado dependendo do local de digestão de determinados nutrientes.

Vervuert e Coenen (2005) sugerem que alterações ou melhora na resposta glicêmica dependem da quantidade de amido consumido. Potter et al. (1992) recomendaram que a ingestão máxima de amido seja de 3,5 a 4 g kg⁻¹ de peso por refeição (aproximadamente 0,4% do peso corporal por refeição) para não ocorrer sobrecarga da função enzimática no intestino delgado com consequente fermentação do amido no intestino grosso. No presente trabalho, a quantidade de amido variou de 0,8 a 1,26 g kg⁻¹ por refeição (0,08 a 0,13% do peso corporal por refeição), estando dentro dos limites recomendados pelos autores, sem causar maiores danos fermentativos aos animais.

O conceito de índice glicêmico foi desenvolvido na nutrição como tentativa de caracterizar os alimentos de acordo com sua resposta glicêmica pós-prandial ao invés de utilizar apenas a composição química. Esse índice, ou seja, a capacidade que o carboidrato contido em um alimento tem em aumentar a glicemia é calculada como sendo a relação entre área sob a curva de glicose produzida por uma quantidade de carboidrato (geralmente 50 g) no alimento testado e a área produzida pela mesma quantidade de carboidrato (50 g) de uma fonte padrão, usualmente pão branco ou glicose, multiplicado por 100. Ou seja, para uma mesma quantidade de alimento padrão, quanto maior a área sob a curva, maior será seu índice glicêmico (JENKINS et al., 1981).

Uma possível explicação para a menor resposta glicêmica e insulinêmica do produto extrusado é que, nas condições em que foi realizada (90 a 120°C), a extrusão não foi suficiente para romper as estruturas dos grânulos de amido bem como da parede celular e expor o conteúdo à digestão no intestino delgado. Segundo Menezes e Lajolo (2002) a integridade da parede celular exerce importante função na utilização do amido, atuando como barreira física que dificulta o entumescimento, a completa geleificação dos grânulos e a ação das enzimas digestivas sobre o amido. Segundo Julliand et al. (2006) quando a temperatura foi aumentada de 83°C para 140°C, a quantidade de carboidratos rapidamente digestíveis aumentou de 54,2 para 65,0% para o milho e de 30,3 para 47,8% para a cevada.

Gordon et al. (2008) avaliaram três dietas semelhantes quimicamente, porém, submetidas a diferentes processamentos e, diante dos resultados, os autores

concluíram que a extrusão não pareceu retardar a digestão, aumentar a absorção de nutrientes, nem produzir resposta glicêmica diferente do oval e o peletizado. Além disso, a natureza das moléculas de amido (principalmente dentro da fibra) pode não ter sido afetada pela extrusão de forma a afetar sua absorção.

Outro ponto importante que pode estar relacionado com os resultados apresentados é o tempo médio de retenção (TMR) da dieta. Cabrera (1995) reportou maiores TMR quando dietas mistas foram oferecidas na forma peletizada comparada com os ingredientes brutos. Drogoul et al. (2001) postularam que quanto maior a proporção de feno na dieta, maior é a velocidade de passagem pelo trato gastrointestinal, conseqüentemente, menor TMR. Os autores observaram que o fornecimento da dieta moída e peletizada apresentou maior tempo de retenção, principalmente no cólon (80%), quando comparado com a dieta picada. Segundo De Fombelle et al. (2001) partículas finas fluem mais rapidamente pelo ceco, porém, permanecem por mais tempo no cólon. Nas condições em que o presente trabalho foi realizado, a dieta extrusada apresentou maior tamanho de fibra em relação ao produto peletizado (item 5.4). Com isso sugere-se que a dieta extrusada pode ter passado pelo trato gastrointestinal mais rapidamente em relação à dieta peletizada, com menor tempo de ação enzimática sobre o amido no intestino delgado.

Outra possibilidade está relacionada à existência de microbiota abundante envolvida na fermentação estomacal, com possível desaparecimento do amido nesse compartimento, podendo chegar de 23 a 27% para o milho, 65 a 70% para a cevada (DE FOMBELLE et al., 2003) com produção de ácido láctico, o qual não é absorvido como glicose. Além disso, alguns estudos sugerem que a expansão ou a peletização aumentam significativamente o desaparecimento do amido no estômago comparado com o alimento moído (JULLIAND et al., 2006). Assim, a menor resposta glicêmica observada para o produto extrusado pode ser devido ao maior desaparecimento dos carboidratos hidrolisáveis no estômago em relação ao produto peletizado.

6.3.2 Metabolismo lipídico

As concentrações de colesterol total (CT), lipoproteína de alta densidade (HDLc) e lipoproteína de baixa densidade (LDLc), lipoproteína de muito baixa

densidade (VLDLc) e triglicérides (TG) apresentaram-se dentro dos limites considerados normais para a espécie equina, segundo Watson et al. (1991), Bruss (2008) e Gobesso et al. (2011).

Na Tabela 6 são apresentados os resultados para as concentrações (mg dL^{-1}) de lipídios no soro de equinos em jejum. A comparação realizada através dos contrastes (PxC e ExC) foi significativa ($p < 0,05$) para as concentrações de CT, sendo que o grupo que recebeu a dieta peletizada apresentou menor concentração ($99,53 \text{ mg dL}^{-1}$) em relação ao grupo controle ($113,50 \text{ mg dL}^{-1}$).

Considerando que os cavalos ingerem o alimento em pequenas porções distribuídas ao longo do dia e da noite (DITTRICH et al., 2010), é possível inferir que os animais do grupo controle levaram mais tempo para ingerir a dieta de feno e concentrado (82,08 minutos) fornecidos separadamente, distribuindo essa ingestão ao longo do período noturno com liberação constante de bile para digestão do alimento e consequente aumento nas concentrações de CT em relação ao grupo que recebeu a dieta peletizada, o qual ingeriu a dieta em menor tempo (56,66 minutos) e sem intercalar com períodos de descanso.

Aproximadamente 30% do colesterol é proveniente da dieta e 70% tem origem metabólica, sendo o aumento na produção de bile a contribuição direta para o aumento das concentrações no sangue, uma vez que é necessária para a digestão e absorção de lipídios. No cavalo, a ausência de vesícula biliar resulta em constante liberação de bile pelo fígado (MARCHELLO et al., 2000).

Na análise de variância, a comparação feita entre as dietas processadas mostrou que houve efeito interativo ($p < 0,05$) tratamento*processamento para as concentrações de TG e VLDLc. Foi possível observar que para a dieta composta por feno de Tifton 85 extrusada apresentou maiores concentrações de TG e VLDL em relação à dieta contendo rolão de milho. Porém, ambas não diferiram da dieta com capim-elefante. Para as demais variáveis avaliadas, não foi observado efeito das fontes de fibra e dos tipos de processamento ($p > 0,05$).

Segundo Haagsman e Golde (1984), o TG é fonte de energia extra-hepática, sendo a maior forma de armazenamento de energia química de alimentos ingeridos acima da exigência imediata dos organismos. Quando o animal se encontra em jejum, ocorre estímulo para a secreção da VLDL pelo fígado e consequente mobilização de gordura do tecido adiposo na forma de TG para a produção de energia. No presente trabalho, a coleta foi realizada em condição de jejum e, os animais que receberam a

dieta com feno de Tifton 85 extrusada, secretaram mais VLDL com maior mobilização de TG para produção de energia, em relação aos demais tratamentos. Esse resultado pode estar relacionado à melhor digestibilidade da dieta contendo feno de Tifton 85 (item 6.5), a qual possivelmente apresentou rápido aproveitamento dos nutrientes. Porém, os resultados obtidos para leptina (item 6.3.3) mostram que todas as dietas foram capazes de manter a homeostase sem causar alterações metabólicas graves aos animais.

Tabela 6 - Concentração de lipídios (mg dL⁻¹) no soro de pôneis alimentados com dietas completas processadas (peletizadas e extrusadas) produzidas com diferentes fontes de fibra (média±EP)

Fontes de Fibra (Tratamentos)						Valor de p			Valor de p dos Contrastes (Estimativas)	
	Rolão de milho	Capim-elefante	Feno de Tifton 85	Proc. ¹	Controle ²	Trat.	Proc	Tr*Pr	PxC	ExC
-----Colesterol total-----										
Peletizado	99,25±5,94	98,50±5,94	100,84±6,70	99,53±5,04	113,50±5,44	0,8541	0,3503	0,9415	0,0349 (-40,00)	0,2567 (-20,19)
Extrusado	104,73±6,69	107,00±5,93	108,25±5,93	106,66±5,03	113,75±6,33					
Trat.	101,99±4,47	102,75±4,20	104,54±4,47		113,63±4,17					
-----Triglicérides-----										
Peletizado	30,63±4,06	25,25±4,06	23,37±4,61	26,42±3,37	31,25±4,26	0,5959	0,9413	0,0401	0,2986 (-16,25)	0,7779 (-4,32)
Extrusado	19,16±4,60 _b	26,00±4,05 _{ab}	33,00±4,05 _a	26,05±3,36	28,63±4,26					
Trat.	24,89±3,07	25,63±2,86	28,19±3,07		29,94±3,02					
-----HDL _c -----										
Peletizado	53,00±3,06	54,50±3,06	53,46±3,30	53,65±2,81	59,50±2,46	0,3224	0,2974	0,3882	0,1056 (-15,06)	0,4514 (-6,73)
Extrusado	54,52±1,87	56,75±1,57	59,75±1,57	57,01±0,97	59,25±2,52					
Trat.	53,76±1,79	55,63±1,72	56,60±1,83		59,38±1,76					
-----LDL _c -----										
Peletizado	29,25±1,65	28,00±1,65	31,25±1,95	29,50±1,01	32,75±1,72	0,3759	0,5805	0,7885	0,1205 (-9,81)	0,7929 (-1,58)
Extrusado	31,67±1,95	29,00±1,65	30,75±1,65	30,33±1,01	31,00±1,68					
Trat.	30,25±1,28	28,50±1,17	31,00±1,28		31,88±1,20					
-----VLDL _c -----										
Peletizado	6,13±0,81	5,05±0,81	4,67±0,92	5,28±0,67	6,25±0,85	0,5959	0,9413	0,0401	0,2986 (-3,25)	0,7779 (-0,86)
Extrusado	3,83±0,92 _b	5,20±0,81 _{ab}	6,60±0,81 _a	5,21±0,67	5,73±0,85					
Trat.	4,98±0,61	5,13±0,57	5,64±0,61		5,99±0,60					

Fonte: FELTRE (2017)

Legenda: ¹Média dos tratamentos processados; ²Sem processamento; Trat.=Efeito Principal do Tratamento; Proc.=Efeito Principal do Processamento; Tr*Pr=Interação entre tratamento x processamento; HDL_c=*High Density Lipoprotein*; LDL_c=*Low Density Lipoprotein*; VLDL_c=*Very Low Density Lipoprotein*; Contrastes: PxC=demais dietas peletizadas vs controle; ExC=demais dietas extrusadas vs controle; Estimativas=resultado da equação A+B+C-3D, onde A, B e C representam as médias das dietas com rolão de milho, capim-elefante e feno de Tifton 85, respectivamente, e D a dieta controle; Letras minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As Figuras 5 e 6 ilustram os resultados da interação tratamento*processamento para as concentrações de TG e VLDLc, comparando-se as médias entre as dietas que sofreram algum processamento. As médias do grupo controle foram inseridas apenas para comparação visual como opção de análise estatística.

Figura 5 - Desdobramento da interação tratamento*processamento para as concentrações de VLDLc (mg dL⁻¹; média±erro padrão)

Fonte: FELTRE (2017)

Legenda: Letras minúsculas para os tipos de fibra diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 6 - Desdobramento da interação tratamento*processamento para as concentrações de triglicérides (mg dL⁻¹; média±erro padrão)

Fonte: FELTRE (2017)

Legenda: Letras minúsculas para os tipos de fibra diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fatores como raça, sexo, tipo de dieta, estágio fisiológico, escore de condição corporal, dentre outras, imprimem variações nas concentrações de lipídios no sangue de equinos. Nazifi et al. (2005) avaliaram as concentrações lipídicas e de lipoproteínas em 50 *Caspian Miniature Horses* saudáveis em diferentes idades e gêneros e observaram que os valores foram semelhantes para machos e fêmeas. Porém, a idade influenciou em todos os parâmetros avaliados, sendo que os animais mais velhos (acima de 5 anos) apresentaram concentrações mais altas em relação aos mais jovens (1,5 a 3 anos).

Burlikowska et al. (2015) compararam os parâmetros hematológicos e bioquímicos em cavalos utilizados para o esporte e recreação e não observaram diferenças nas concentrações de colesterol total ($87,3 \text{ mg dL}^{-1}$), triglicérides ($23,89 \text{ mg dL}^{-1}$) e LDL ($32,82 \text{ mg dL}^{-1}$), sendo que a HDL foi maior em cavalos de salto ($54,44 \text{ mg dL}^{-1}$) em relação aos de recreação ($50,20 \text{ mg dL}^{-1}$).

A anatomia fisiológica do intestino grosso de equinos apresenta microbiota que possibilita o aproveitamento dos carboidratos estruturais presentes na parede celular das forrageiras, com liberação de açúcares solúveis que são fermentados e reduzidos a ácidos graxos de cadeia curta (acético, propiônico e butírico) absorvidos no sangue portal, sendo conduzidos até o fígado e utilizados para a síntese de glicose ou gordura, ou metabolizados a adenosina trifosfato (ATP) utilizados como suprimento de energia (WOLTER, 1972; MEYERS, 1989; MEYER, 1995). No presente trabalho, as concentrações de AGCC nas fezes (item 6.4.1) não foram alteradas pelos diferentes tipos de dietas, sugerindo não interferir nos parâmetros lipídicos dos equinos.

As concentrações de lipídios no sangue podem ser alteradas de acordo com a quantidade de gordura presente na dieta. Marchello et al. (2000) avaliaram mudanças na composição das lipoproteínas em cavalos alimentados com dietas de alto teor de gordura (aproximadamente 7% de óleo de milho) e observaram que as concentrações dos lipídios totais aumentaram nos cavalos suplementados. Porém, a subsequente diminuição após algumas semanas, levou os autores a concluir que os animais conseguiram se adaptar à dieta com óleo devido à melhora na atividade da lipoproteína lipase, já que o peso dos animais permaneceu sem alterações.

Gobesso et al. (2011) avaliaram a inclusão de diferentes fontes de óleo vegetal (aproximadamente 5% da dieta) na concentração plasmática de colesterol total,

triglicérides, LDLc, HDLc e VLDLc em cavalos em jejum e não observaram diferenças nas variáveis avaliadas, de acordo, portanto, com os dados encontrados no presente trabalho, o qual utilizou 3,3% de óleo de soja na dieta.

6.3.3 Leptina

Na Tabela 7 estão apresentados os resultados das concentrações (ng mL^{-1}) de leptina no soro de equinos. A comparação realizada através dos contrastes não foi significativa ($p>0,05$) e, portanto, as concentrações de leptina do grupo controle foram semelhantes àsquelas encontradas para o grupo que recebeu as dietas processadas. A análise de variância mostrou que, entre as dietas processadas, as diferentes fontes de fibra e os tipos de processamentos não interferiram nas concentrações de leptina ($p>0,05$).

Tabela 7 - Concentração de leptina (ng mL^{-1}) no soro de pôneis alimentados com dietas completas processadas (peletizadas e extrusadas) produzidas com diferentes fontes de fibra (média $\pm$ EP)

	Fontes de Fibra (Tratamentos)			<i>Proc.</i> ¹	<i>Controle</i> ²	Valor de <i>p</i>			Valor de <i>p</i> dos Contrastes (Estimativas)	
	Rolão de milho	Capim-elefante	Feno de Tifton 85			Trat.	Proc	Tr*Pr	PxC	ExC
Peletizado	0,90 $\pm$ 0,37	1,00 $\pm$ 0,37	1,37 $\pm$ 0,44	1,09 $\pm$ 0,23	1,08 $\pm$ 0,18					
Extrusado	1,51 $\pm$ 0,44	1,40 $\pm$ 0,37	0,98 $\pm$ 0,37	1,30 $\pm$ 0,23	0,83 $\pm$ 0,18	0,9968	0,5512	0,4599	0,9628 (0,06)	0,2844 (1,37)
<i>Trat.</i>	1,21 $\pm$ 0,29	1,20 $\pm$ 0,26	1,17 $\pm$ 0,29		0,95 $\pm$ 0,25					

Fonte: FELTRE (2017).

Legenda: ¹Média dos tratamentos processados; ²Sem processamento; Trat.=Efeito Principal do Tratamento; Proc.=Efeito Principal do Processamento; Tr*Pr=Interação entre tratamento x processamento; Contrastes: PxC=demais dietas peletizadas vs controle; ExC=demais dietas extrusadas vs controle; Estimativas=resultado da equação $A+B+C-3D$, onde *A*, *B* e *C* representam as médias das dietas com rolão de milho, capim-elefante e feno de Tifton 85, respectivamente, e *D* a dieta controle.

A leptina atua como informante do cérebro, se os estoques de energia no organismo em forma de gordura estão adequados, tendo o hipotálamo como mediador. Alguns trabalhos tem fornecido evidências de que a leptina é um importante indicador endócrino de massa adiposa e status nutricional, bem como um importante regulador de vários aspectos da ingestão de alimentos, crescimento, metabolismo e reprodução. O efeito das refeições normais tem pouco impacto sobre seu nível sérico, sugerindo que sua atividade no controle energético e saciedade se deem mais a médio e longo prazos (NEGRÃO; LICINIO, 2000; BUFF et al., 2002). No presente trabalho foi adotado rotina de arraçoamento comum no dia-a-dia da propriedade, podendo ser o motivo pelo qual não foram observadas diferenças nas concentrações de leptina.

Buff et al. (2002) avaliaram as correlações entre concentrações de leptina de acordo com a idade e o gênero e observaram que garanhões e cavalos castrados apresentaram maior concentração de leptina (3,5 e 3,4 ng mL⁻¹, respectivamente) em relação às fêmeas (1,85 ng mL⁻¹). Além disso, os animais mais velhos apresentaram tendência a ter maiores concentrações de leptina em relação aos mais novos, sendo de 2,38; 2,64; 2,93 e 3,67 ng mL⁻¹, respectivamente para os animais com 2, 2-4, 5-12 e acima de 12 anos. Gordon et al. (2007) avaliaram as concentrações de leptina plasmática em cavalos exercitados ou não e observaram correlação positiva entre a porcentagem de gordura e as concentrações de leptina no sangue. Os resultados obtidos para os cavalos exercitados foram de 1,0±0.6 versus 4,4±2.4 ng mL⁻¹ para os cavalos que não foram.

No presente trabalho, os valores encontrados para concentração de leptina permaneceram intermediários aos encontrados na literatura para cavalos saudáveis. Porém, mais trabalhos devem ser desenvolvidos a fim de padronizar metodologias e valores de referência para equinos.

6.3.4 Fator de necrose tumoral alfa

Na Tabela 8 estão apresentados os resultados das concentrações (pg mL⁻¹) de fator de necrose tumoral alfa (TNF-α) no soro de equinos. A comparação realizada através dos contrastes não foi significativa (p>0,05). Com isso, os resultados obtidos para o grupo controle (volumoso e concentrado fornecidos separadamente)

apresentam as mesmas concentrações de TNF- α que o grupo que recebeu as dietas processadas (peletizadas ou extrusadas). Na análise de variância foi possível observar que, entre as dietas processadas, as diferentes fontes de fibra e os tipos de processamentos não interferiram nas concentrações de TNF- α ($p>0,05$).

Existe na literatura considerável variação tanto nas técnicas utilizadas quanto nas concentrações de TNF- α obtidas em soro de equinos saudáveis. Os valores médios variam de não detectáveis ($<3 \text{ pg mL}^{-1}$) a valores próximos a $84.000 \text{ pg mL}^{-1}$ (MORRIS et al., 1990; LAVOIE-LAMOREUX et al., 2010).

Tabela 8 - Concentração sérica de fator de necrose tumoral alfa (TNF- α ; pg mL⁻¹) de pôneis alimentados com dietas completas processadas (peletizadas e extrusadas) produzidas com diferentes fontes de fibra (média $\pm$ EP)

	Fontes de Fibra (Tratamentos)			<i>Proc.</i> ¹	<i>Controle</i> ²	Valor de <i>p</i>			Valor de <i>p</i> dos Contrastes (Estimativas)	
	Rolão de milho	Capim-elefante	Feno de Tifton 85			Trat.	Proc	Tr*Pr	PxC	ExC
Peletizado	19,23 $\pm$ 25,65	23,18 $\pm$ 25,64	41,77 $\pm$ 29,38	28,06 $\pm$ 23,44	41,03 $\pm$ 28,43					
Extrusado	58,48 $\pm$ 24,15	31,65 $\pm$ 22,32	35,38 $\pm$ 22,32	41,84 $\pm$ 20,44	18,78 $\pm$ 23,69	0,6741	0,6770	0,3458	0,4040 (-44,14)	0,1470 (65,22)
<i>Trat.</i>	38,86 $\pm$ 17,61	27,41 $\pm$ 17,00	38,57 $\pm$ 18,45		29,90 $\pm$ 18,51					

Fonte: FELTRE (2017).

Legenda: ¹Média dos tratamentos processados; ²Sem processamento; Trat.=Efeito Principal do Tratamento; Proc.=Efeito Principal do Processamento; Tr*Pr=Interação entre tratamento x processamento; Contrastes: PxC=demais dietas peletizadas vs controle; ExC=demais dietas extrusadas vs controle; Estimativas=resultado da equação A+B+C-3D, onde A, B e C representam as médias das dietas com rolão de milho, capim-elefante e feno de Tifton 85, respectivamente, e D a dieta controle.

Campebell et al. (2007) avaliaram o efeito da infusão de lipopolissacarídeo de *E. coli* em equinos tratados previamente com anti-inflamatórios e observaram que o grupo controle apresentou concentração média de TNF- α de 21,6 pg mL⁻¹. Morris et al. (1990) avaliaram as correlações clínicas e dados laboratoriais com a atividade sérica do TNF- α em cavalos com endotoxemia induzida e, para o grupo controle, os valores obtidos ficaram abaixo do nível de detecção do teste (5 pg mL⁻¹). Por sua vez, Vick et al. (2007) avaliaram as correlações entre citocinas inflamatórias, obesidade e sensibilidade à insulina em 60 cavalos e obtiveram valores para concentração de TNF- α que variaram de 156 a 5.000 pg mL⁻¹, ao passo que Lavoie-Lamoureux et al. (2010) encontraram valores médios de 105,2 pg mL⁻¹ para cavalos saudáveis, sendo que esses valores estão acima dos encontrados no presente trabalho.

Equinos alimentados com dietas alto teor de amido podem apresentar capacidade de digestão reduzida e, o amido remanescente, fermentado no intestino grosso resultando em acidificação da digesta devido ao aumento na produção de ácidos graxos de cadeia curta e ácido láctico (ZEYNER et al., 2004). Essa digesta ácida pode irritar ou mesmo degenerar o epitélio intestinal, além de promover morte de bactérias Gram-negativas com a liberação de endotoxinas que, se absorvidas, produzem quadro clínico de endotoxemia (MOORE et al., 1979; KRUEGER et al., 1986).

Uma vez na cavidade peritoneal, a endotoxina age como um sinalizador de lesão intra-abdominal. Macrófagos peritoneais e células mesoteliais respondem rapidamente à endotoxina por meio da secreção de uma variedade de mediadores pró-inflamatórios, incluindo o TNF- α e interleucinas-6 (IL-6) (BARTON; COLLATOS, 1999).

O TNF- α atua também como controlador da transcrição da leptina, inibidor da diferenciação do adipócito com redução na capacidade de armazenamento de lipídios, na mobilização de lipídios, dentre outros. Em indivíduos não obesos, esses efeitos podem promover a disponibilidade de energia, porém, em obesos, a hiperlipidemia e lipotoxicidade é exacerbada (RADIN et al., 2009). Assim é possível inferir que no presente trabalho os resultados encontrados para leptina são consistentes com os de TNF- α , já que não foram observadas alterações para esses dois parâmetros.

Segundo Morris et al. (1990), o TNF- α é um importante mediador da endotoxemia em equinos, podendo ser observado sinais de depressão, dor abdominal leve a moderada, taquicardia e febre, com leucopenia seguida de leucocitose. No

presente trabalho, além de não se observar efeito estatístico nas concentrações dessa citocina, é possível concluir também que as dietas não prejudicaram a higidez dos animais, já que não apresentaram nenhum sinal clínico citado acima durante o período experimental.

É importante ressaltar que o TNF- α é uma citocina pró-inflamatória que pode ser produzida por vários estímulos como vírus, fungos e pela porção de lipopolissacarídeos das bactérias Gram-negativas. Durante o período experimental, fatores de alteração dessa citocina foram controlados, sendo possível atribuir os resultados ao tipo de dieta fornecida. Porém, mais pesquisas devem ser realizadas para determinar faixas seguras de concentração de TNF- α no soro de equinos, bem como padronizar técnicas para sua determinação.

6.4 PARÂMETROS FECAIS

6.4.1 Ácidos graxos de cadeia curta e ácido láctico

Na Tabela 9 estão apresentados os resultados das concentrações (mM) de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e ácido láctico nas fezes de equinos. A comparação realizada através dos contrastes não foi significativa ($p>0,05$), mostrando que as concentrações de AGCC e ácido láctico entre o grupo controle e o grupo que recebeu as dietas processadas foram semelhantes.

A análise de variância mostrou que, entre as dietas processadas, as diferentes fontes de fibra (tratamentos) e os tipos de processamentos não interferiram ($p>0,05$) nas concentrações dos AGCC. Porém, foi possível observar interferência ($p<0,05$) do processamento nas concentrações de ácido láctico, ou seja, as dietas peletizadas proporcionaram maiores concentrações de ácido láctico nas fezes do que as dietas extrusadas.

Tabela 9 - Concentração (mM) de ácidos graxos de cadeia curta e lactato nas fezes de pôneis alimentados com dietas completas processadas (peletizadas e extrusadas) produzidas com diferentes fontes de fibra (média±EP)

Fontes de Fibra (Tratamentos)						Valor de p			Valor de p dos Contrastes (Estimativas)	
	Rolão de milho	Capim-elefante	Feno de Tifton 85	Proc. ¹	Controle ²	Trat.	Proc	Tr*Pr	PxC	ExC
-----Acetato-----										
Peletizado	11,18±1,66	12,70±1,66	13,17±1,97	12,35±1,14	9,73±1,54	03098	0,2380	0,3784	0,1683 (7,74)	0,3701 (4,94)
Extrusado	9,00±2,21	12,64±1,90	8,22±1,90	9,95±1,47	8,30±1,84					
Trat.	10,09±1,38	12,67±1,26	10,69±1,37		9,02±1,20					
-----Propionato-----										
Peletizado	3,51±0,41	3,99±0,41	3,82±0,48	3,77±0,26	3,55±0,41	0,1554	0,8232	0,4282	0,6532 (0,67)	0,3844 (1,31)
Extrusado	3,29±0,57	4,51±0,49	3,20±0,49	3,67±0,38	3,24±0,50					
Trat.	3,40±0,35	4,25±0,32	3,51±0,34		3,40±0,32					
-----Butirato-----										
Peletizado	1,06±0,21	1,14±0,21	1,11±0,24	1,10±0,17	1,06±0,24	0,1544	0,6108	0,2274	0,9480 (0,04)	0,2816 (0,74)
Extrusado	0,90±0,25	1,33±0,23	0,67±0,23	0,97±0,19	0,73±0,24					
Trat.	0,98±0,16	1,24±0,15	0,89±0,16		0,90±0,17					
-----Lactato-----										
Peletizado	6,99±1,11	3,52±1,11	3,99±1,31	4,83±0,80 _A	2,93±0,94	0,4387	0,0322	0,1584	0,0927 (5,78)	0,5874 (1,77)
Extrusado	1,58±1,18	2,24±0,99	2,62±0,99	2,15±0,61 _B	1,58±0,90					
Trat.	4,28±0,81	2,88±0,75	3,30±0,82		2,25±0,65					

Fonte: FELTRE (2017).

Legenda: ¹Média dos tratamentos processados; ²Sem processamento; Trat.=Efeito Principal do Tratamento; Proc.=Efeito Principal do Processamento; Tr*Pr=Interação entre tratamento x processamento; Contrastes: PxC=demais dietas peletizadas vs controle; ExC=demais dietas extrusadas vs controle; Estimativas=resultado da equação A+B+C-3D, onde A, B e C representam as médias das dietas com rolão de milho, capim-elefante e feno de Tifton 85, respectivamente, e D a dieta controle; Letras maiúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A maior concentração de ácido láctico no produto peletizado pode estar relacionado com as condições de processamento (80 a 95°C), ou seja, produzido com menor grau em relação ao extrusado, podendo não ter sido totalmente digerido pelas enzimas no intestino delgado alcançando o intestino grosso, com maior fermentação e produção de ácido láctico. Essa mesma resposta foi observada para as dietas peletizadas que utilizaram rolão de milho como fonte de fibra, que apesar de não significativo, apresentaram maior concentração de ácido láctico (6,99 mM) em relação à extrusada, possivelmente devido à maior quantidade de amido que foi menos processado na dieta.

A regulação do pH luminal é um dos mais importantes mecanismos na preservação da função normal do intestino grosso (ARGENZIO, 1996). O ácido láctico, ao contrário dos ácidos acético, butírico ou propiônico, apresenta maior capacidade de causar alterações no pH do cólon devido ao seu baixo valor de pK_a (3,86) tornando-se, assim, um ácido mais forte do que os ácidos acético ($pK_a=4,76$), butírico ($pK_a=4,82$) e propiônico ($pK_a=4,87$), podendo causar lise de bactérias e aumentar o risco de endotoxemia e laminite (HOFFMAN, 2003; DALY et al., 2012). No presente trabalho, apesar do produto peletizado proporcionar maiores concentrações de ácido láctico, não foi suficiente para alterar os valores de pH nas fezes (item 6.4.2).

Julliand et al. (2001) avaliaram três níveis de inclusão de cevada na dieta (0, 30 e 50%) sobre a atividade e o perfil microbiano de equinos e observaram que, apesar de estatisticamente indiferente, à medida que a proporção de cevada na dieta aumenta de 0 para 50%, a concentração de ácido láctico aumenta de 0,59 para 4,84 mM.

De Fombelle et al. (2001), utilizando as mesmas proporções de cevada na dieta, observaram que quando os animais passaram de uma dieta contendo 0% para 30% e de 0% para 50% de concentrado, as concentrações de acetato foram, respectivamente, de 58,7 para 62,9 mM, o propionato de 20,9 para 27,5 mM e o butirato de 6,4 para 6,8 mM após 29 horas de adaptação à dieta, valores esses acima dos encontrados no presente trabalho.

Medina et al. (2002) observaram que o maior conteúdo de feno na dieta proporcionou maiores concentrações de acetato tanto no ceco quanto no cólon e o inverso foi observado para o propionato e butirato. Os valores médios obtidos pelos autores para as dietas com feno e com alto teor de amido, respectivamente, variaram

de 59,5 a 51,8 mM para o acetato, de 15,2 a 18,9 mM para o propionato e de 4,96 a 6,68 mM para o butirato.

Williams et al. (2001) trabalhando com diferentes dietas (concentrado peletizado, com alto teor de açúcar e amido e alto teor de fibra e gordura) em éguas prenhes afirmaram que o maior conteúdo de fibra na dieta causou maior produção de acetato, propionato e butirato no intestino. Porém, no presente trabalho, não foram observadas diferenças para as concentrações de AGCC inferindo que as dietas processadas apresentaram mesmo padrão fermentativo em relação ao grupo controle.

6.4.2 pH fecal

Na Tabela 10 estão apresentados os valores de pH fecal de equinos em todas as faixas de horário avaliadas. A comparação realizada através dos contrastes, mostrou que o pH do grupo controle, em todas as faixas de horário, foi semelhante ($p>0,05$) ao pH fecal dos animais que receberam as dietas processadas. A análise de variância mostrou que, entre as dietas processadas, as diferentes fontes de fibra e os tipos de processamentos não interferiram ($p>0,05$) nos resultados.

É importante salientar que todos os valores de pH obtidos no presente trabalho apresentaram-se acima de 5,0, uma vez que pH igual ou menor que 5 pode causar lesões na mucosa do intestino (SWENSON et al., 1993).

Tabela 10 - Valores de pH nas fezes de pôneis alimentados com dietas completas processadas (peletizadas e extrusadas) produzidas com diferentes fontes de fibra (média±EP)

	Fontes de Fibra (Tratamentos)			Proc. ¹	Controle ²	Valor de p			Valor de p dos Contrastes (Estimativas)	
	Rolão de milho	Capim-elefante	Feno de Tifton 85			Trat.	Proc	Tr*Pr	PxC	ExC
-----Faixa 1-----										
Peletizado	6,74±0,21	6,94±0,18	6,47±0,22	6,72±0,16	6,46±0,18	0,0837	0,9571	0,7796	0,2614 (0,77)	0,0947 (1,74)
Extrusado	6,60±0,23	7,04±0,19	6,55±0,19	6,73±0,14	6,15±0,30					
Trat.	6,67±0,15	6,99±0,13	6,51±0,14		6,31±0,17					
-----Faixa 2-----										
Peletizado	6,40±0,10	6,61±0,12	6,12±0,15	6,37±0,09	6,57±0,10	0,1380	0,4830	0,0954	0,1263 (-0,61)	0,6520 (0,19)
Extrusado	6,32±0,20	6,59±0,18	6,64±0,18	6,52±0,17	6,46±0,20					
Trat.	6,36±0,11	6,60±0,11	6,38±0,12		6,52±0,11					
-----Faixa 3-----										
Peletizado	6,04±0,20	6,63±0,16	6,17±0,16	6,28±0,10	6,31±0,15	0,1561	0,5062	0,5152	0,8709 (-0,09)	0,7877 (0,17)
Extrusado	6,36±0,18	6,50±0,18	6,31±0,15	6,39±0,11	6,33±0,20					
Trat.	6,20±0,13	6,56±0,12	6,24±0,11		6,32±0,13					
-----Faixa 4-----										
Peletizado	6,24±0,09	6,39±0,09	6,26±0,11	6,30±0,05	6,24±0,09	0,2634	0,6281	0,8663	0,6500 (0,15)	0,9534 (0,02)
Extrusado	6,12±0,14	6,33±0,14	6,25±0,12	6,23±0,11	6,21±0,13					
Trat.	6,18±0,08	6,36±0,08	6,26±0,08		6,22±0,08					

Fonte: FELTRE (2017).

Legenda: ¹Média dos tratamentos processados; ²Sem processamento; Trat.=Efeito Principal do Tratamento; Proc.=Efeito Principal do Processamento; Tr*Pr=Interação entre tratamento x processamento; Contrastes: PxC=demais dietas peletizadas vs controle; ExC=demais dietas extrusadas vs controle; Estimativas=resultado da equação A+B+C-3D, onde A, B e C representam as médias das dietas com rolão de milho, capim-elefante e feno de Tifton 85, respectivamente, e D a dieta controle; Faixa 1 = 07h00min às 10h00min; Faixa 2 = 10h00min às 13h00min; Faixa 3 = 13h00min às 16h00min; Faixa 4 = 16h00min às 19h00min.

Os dados do presente trabalho corroboram os encontrados por De Fombelle et al. (2001) que avaliaram três níveis de inclusão de cevada na dieta sobre a atividade e o perfil microbiano de equinos e observaram que 5 a 29 horas após a alteração da dieta houve aumento nas concentrações de lactato, sendo esses resultados mais evidentes quando a dieta passou de 100% de feno para 50% feno e 50% concentrado. Porém, apesar da maior concentração, o lactato não alterou os valores de pH dos compartimentos avaliados, com valor médio de 6,51.

Porém, Elia et al. (2010) avaliaram variações comportamentais e fisiológicas em cavalos alimentados com feno *ad libitum* e com dietas completas peletizadas e observaram que o pH fecal dos animais foi menor (6,27) quando a dieta peletizada foi fornecida em relação à dieta com feno de gramínea (6,62). Essas diferenças não foram observadas no presente estudo, confirmadas pela análise dos contrastes. Além disso, os resultados obtidos são próximos aos valores encontrados pelos autores.

Os carboidratos hidrolisáveis que escapam da digestão enzimática e os não hidrolisáveis chegam ao intestino grosso, são fermentados pela microbiota que produzem ácidos graxos e lactato. O acúmulo de ácido láctico pode suprimir os mecanismos tamponantes do ceco e cólon e reduzir o pH. Cavalos em pastejo apresentam pH intestinal entre 6,4 e 6,7, sendo pH de 6 considerado como acidose subclínica. Valores inferiores a 6 foram associados com diarreia osmótica, supercrescimento de populações bacterianas indesejáveis e lise da população bacteriana desejável, aumentando o risco de endotoxemia e laminite (HOFFMAN, 2003; JULLIAND et al., 2006).

Apesar de terem sido observados maiores concentrações de ácido láctico para o produto peletizado em relação ao extrusado (item 6.4.1), essas não foram suficientes para reduzir o pH, a ponto de causar lesões na mucosa intestinal. Além disso, os resultados obtidos para o TNF- α (item 6.3.4) indicam que a mucosa intestinal permaneceu íntegra, visto que a digesta ácida pode irritar ou mesmo degenerar o epitélio intestinal, além de promover morte de bactérias Gram-negativas com a liberação de endotoxinas que, se absorvidas, produzem quadro clínico de endotoxemia (MOORE et al., 1979; KRUEGER et al., 1986).

6.5 COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDADE APARENTE TOTAL

Na Tabela 11 estão apresentados os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA; %) dos nutrientes da dieta. A comparação realizada através dos contrastes mostrou-se significativa ($p < 0,05$) para os CDAs da matéria seca (MS), da fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA). Foi possível observar que o grupo controle apresentou maiores CDAs da MS e FDN em relação às dietas processadas (peletizadas ou extrusadas). No caso da FDA, foi possível observar diferenças apenas no contraste PxC, onde o grupo controle apresentou CDAs superior às demais dietas peletizadas.

Na comparação feita entre as dietas processadas, foi possível observar que as diferentes fontes de fibra (tratamentos) interferiram ($p < 0,05$) nos CDAs da MS, da FDN e ácido FDA e da matéria orgânica (MO). O processamento influenciou ($p < 0,05$) no CDA da FDA. Além disso, foi observado efeito ($p < 0,05$) interativo de processamento*tratamento para o CDA do extrato etéreo (EE).

Os resultados obtidos podem estar relacionados com o conteúdo de FDN e FDA na dieta, já que o teor de fibra é determinante na qualidade da dieta fornecida ao animal. A mesma expressa a fração indigestível contida na parede celular da planta (celulose, lignina, hemicelulose), confirmadas pelos valores de FDN e FDA (CARVALHO et al., 2003; FERNANDES et al., 2011).

No grupo controle o teor de FDN (50,46%) foi superior aos demais grupos, enquanto que o de FDA (28,89%) foi relativamente menor. Além disso, nas condições em que foram realizadas, tanto a peletização quanto a extrusão podem não ter sido suficientes para romper a parede celular e expor o conteúdo à digestão, o que resultou em menor digestibilidade em relação ao grupo controle.

Tabela 11 - Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA, %) dos nutrientes da dieta de pôneis alimentados com dietas completas processadas (peletizadas e extrusadas) produzidas com diferentes fontes de fibra (média±EP)

	Fontes de Fibra (Tratamentos)			Proc. ¹	Controle ²	Valor de <i>p</i>			Valor de <i>p</i> dos Contrastes (Estimativas)	
	Rolão de milho	Capim-elefante	Feno de Tifton 85			Trat.	Proc	Tr*Pr	PxC	ExC
-----Matéria Seca-----										
Peletizado	67,08±2,01	59,14±2,01	64,67±2,19	63,63±1,82	66,60±2,11	0,0011	0,9178	0,2801	0,0445 (-8,49)	0,0262 (-9,56)
Extrusado	64,50±1,96	59,19±1,77	66,43±1,77	63,37±1,54	66,60±1,49					
Trat.	65,79±1,40 _a	59,17±1,34 _b	65,55±1,41 _a		66,60±1,29					
-----Proteína-----										
Peletizado	71,56±3,00	70,58±3,00	69,42±3,32	70,52±2,65	71,59±2,60	0,1639	0,3586	0,3054	0,6408 (-3,40)	0,1125 (-12,11)
Extrusado	71,05±2,81	63,76±2,46	66,92±2,46	67,24±2,01	71,46±2,50					
Trat.	71,31±2,06	67,17±1,94	68,17±2,07		71,53±1,80					
-----Extrato etéreo-----										
Peletizado	71,58±5,27 _A	60,14±5,27	59,19±6,25	63,64±3,24	70,92±5,24	0,8136	0,1441	0,0505	0,2400 (-22,72)	0,1141 (-31,27)
Extrusado	43,45±6,46 _B	61,12±5,46	62,57±5,46	55,71±3,54	66,49±5,33					
Trat.	57,51±4,17	60,63±3,80	60,88±4,15		68,71±3,74					
-----FDN-----										
Peletizado	52,79±3,49	43,71±3,49	55,53±3,81	50,68±3,14	61,65±3,64	0,0033	0,3424	0,1512	0,0003 (-32,22)	0,0223 (-17,20)
Extrusado	50,98±2,73	50,65±2,33	61,42±2,33	54,35±1,76	60,20±1,88					
Trat.	51,89±2,21 _b	47,18±2,10 _b	58,47±2,23 _a		60,92±2,05					
-----FDA-----										
Peletizado	36,16±4,11	38,37±4,11	46,64±4,35	40,39±3,87 _B	54,72±4,07	0,0038	0,0367	0,8744	<0,0001 (-42,87)	0,6707 (-3,19)
Extrusado	48,64±2,83	48,94±2,94	57,59±2,49	51,72±2,07 _A	52,92±2,13					
Trat.	42,40±2,49 _b	43,65±2,40 _b	52,12±2,50 _a		53,82±2,29					
-----Matéria Orgânica-----										
Peletizado	69,51±2,06	60,98±2,06	66,21±2,26	65,57±1,83	68,24±2,25	0,0015	0,8873	0,4097	0,1041 (-7,45)	0,0602 (-8,76)
Extrusado	67,07±2,11	60,90±1,90	67,64±1,90	65,21±1,65	68,12±1,61					
Trat.	68,29±1,47 _a	60,94±1,40 _b	66,92±1,48 _a		68,18±1,39					

Fonte: FELTRE (2017).

Legenda: ¹Média dos tratamentos processados; ²Sem processamento; Trat.=Efeito Principal do Tratamento; Proc.=Efeito Principal do Processamento; Tr*Pr=Interação entre tratamento x processamento; Contrastes: PxC=demais dietas peletizadas vs controle; ExC=demais dietas extrusadas vs controle; Estimativas=resultado da equação A+B+C-3D, onde A, B e C representam as médias das dietas com rolão de milho, capim-elefante e feno de Tifton 85, respectivamente, e D a dieta controle; FDN=Fibra em detergente neutro; FDA=Fibra em detergente ácido; Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Pode-se observar que os CDAs dos nutrientes estão mais relacionados às fontes de fibra do que ao processamento propriamente dito, exceto para a FDA, que apresentou maior coeficiente para o produto extrusado (51,72%) em relação ao peletizado (40,39%) e, nesse caso, a extrusão melhorou a digestibilidade da FDA.

Os CDAs da MS e da MO para o capim-elefante foram menores em relação às demais fontes de fibra. Esses resultados podem ser atribuídos ao menor teor de CNE presente nessa dieta, uma vez que estes carboidratos apresentam digestibilidade rápida e praticamente completa no trato gastrointestinal. Além disso, as dietas contendo feno de Tifton 85 apresentaram maiores CDAs da FDN e FDA em relação às demais dietas. Essas diferenças na digestibilidade podem ser reflexos da idade de corte e estágio fisiológico em que os volumosos foram colhidos que, no presente trabalho, não foram controlados.

Em geral, os constituintes fibrosos (FDN, FDA e Lignina) são determinantes na qualidade da dieta fornecida ao animal e são correlacionados negativamente com a digestibilidade com a função de proteger o conteúdo celular e dar sustentação às estruturas da planta e, por isso, se elevam com o avançar da idade, dificultando o consumo e a digestibilidade da forragem (CARVALHO et al., 2003; FERNANDES et al., 2011).

Paciullo et al. (2001) avaliaram as correlações entre componentes anatômicos, químicos e digestibilidade in vitro da MS de gramíneas forrageiras e confirmaram que os tecidos pobremente digestíveis, como o xilema e o esclerênquima, associam-se de forma positiva com a fração fibrosa da forragem e negativa com os teores proteicos e digestibilidade.

O CDA do EE para as dietas contendo rolão de milho foi maior (71,58%) para o produto peletizado em relação ao extrusado (43,45%). Esse resultado pode ser devido à maior quantidade de amido na dieta e a possível formação de complexos amido/lipídios durante o processamento mais evidentes na extrusão de que na peletização. Segundo Bhatnagar e Hana (1994), alguns complexos entre amido e lipídios são formados durante o processamento dos alimentos, devido à capacidade da fração amilose de se ligar às gorduras, como os ácidos graxos, podendo explicar, apesar de não significativa, a menor produção de acetato, propionato e butirato para o rolão de milho extrusado em relação ao peletizado (item 6.4.1). Porém, mais trabalhos devem ser realizados a fim de esclarecer a influência do processamento na

formação desses complexos bem como nos efeitos sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes.

Segundo Menezes e Lajolo (2002), quando moléculas de amilose associam-se com lipídios no grânulo de amido, tendem a ser mais resistentes, o que inibe a degradação do amido por enzimas como fosforilase, α -amilase e β -amilase. Além disso, segundo Jobim et al. (2003), a proporção de amilose (polímero linear) e amilopectina (ramificado) presente nos grãos, influenciam a taxa de degradação e a digestibilidade do amido, ou seja, a digestibilidade do amido é inversamente proporcional ao teor de amilose.

O fato do CDA da proteína não ter sido diferente para as dietas, pode estar relacionado primeiro, pelo fato das dietas serem isoproteicas e, segundo, pelo fato de não ser observado desequilíbrios no ciclo de fermentação intestinal, confirmados pela ausência de significância dos resultados de AGCC (item 6.4.1), pH (6.4.2) e TNF- α (item 6.3.4), sem indícios de desestabilização da microbiota intestinal e consequente aumento na quantidade de proteína endógena excretada nas fezes.

Com relação ao uso de dietas completas processadas, Manzano (1987) avaliou a substituição do arraçoamento tradicional (fornecimento de feno e concentrado separadamente) pela dieta completa peletizada fornecida três vezes ao dia e não observaram diferenças para digestibilidade aparente da MS (62,7%), PB (67,6%), FB (34,6%), EE (40,6%) e ENN (80,2%).

Drogoul et al. (2000) avaliaram a digestibilidade em pôneis frente uma dieta contendo 50% de feno de alfafa e 50% de feno de gramínea (*Dactylis glomerata*), fornecidas de duas formas físicas diferentes: picada ou finamente moída e peletizada (3 mm de diâmetro) e não observaram diferenças para a digestibilidade aparente da MS (52,6%), MO (53,7%), FDN (45,6%), FDA (39,6%) e PB (72,1%).

Quando 100% da dieta tradicional (feno e concentrado fornecidos separadamente) foi substituída pela dieta completa extrusada, os coeficientes de digestibilidade aparente obtidos por Gobesso et al. (2009) para MS, MO, PB, EE, FDN e FDA foram, respectivamente, de 70,8%; 67,9%; 69,8%; 59,7%; 57,6% e 44,9% e não foram observados efeitos estatísticos para esses parâmetros. Porém, quando o milho ou o sorgo triturados foram substituídos pelos extrusados, Gobesso et al. (2008) observaram aumento nos CDAs da MS, MO, PB, FDN e FDA para as dietas extrusadas, resultados contrários aos obtidos no presente trabalho.

Como já citado, a ação dos agentes digestivos sobre as paredes celulares é facilitado pelo tratamento térmico, além de melhorar o aproveitamento do alimento (KLEIN, 2009). Porém, melhoras nos CDAs foram observadas apenas para a FDN (não significativo estatisticamente). Uma possível explicação para ausência de efeitos significativos para a digestibilidade aparente dos nutrientes do produto extrusado é que, nas configurações e condições em que foi realizada (90 a 120°C), a extrusão não foi suficiente para romper as estruturas da parede celular e expor o conteúdo à digestão.

Os valores para CDAs encontrados no presente trabalho corroboram com os resultados obtidos na literatura, porém mais pesquisas devem ser desenvolvidas para esclarecer melhor a influência do processamento térmico e os mecanismos de fabricação de dietas com o uso de diferentes fontes de fibra na digestibilidade dos nutrientes em equinos.

6.6 VIABILIDADE ECONÔMICA DA DIETA COMPLETA

Os resultados da análise da viabilidade econômica e produtiva da dieta completa podem ser observados na Tabela 12. É possível inferir que as dietas são viáveis economicamente apresentando TIR acima da taxa de desconto de 7,20% a.a. e *Payback* simples de, no máximo, 6 anos, exceto para a dieta completa peletizada produzida com feno de Tifton 85. Para essa dieta, o projeto foi inviável economicamente com TIR negativa.

De todas as dietas avaliadas, a dieta de rolão de milho extrusado foi a que apresentou maior lucro líquido mensal médio (LLMM) quando avaliado nos três cenários (R\$ 63.984,52; R\$ 140.967,36 e R\$ 214.603,12, respectivamente, para os cenários 1, 2 e 3). A maior taxa interna de retorno (TIR) foi obtida com a dieta de capim-elefante extrusado (142,95% ao ano) seguida pela rolão de milho extrusado (133,55% ao ano), ambas para o cenário 3, o qual considera 20% sobre o preço base do produto a ser comercializado. A menor TIR foi obtida para a dieta de feno de Tifton 85 extrusada (12,24% a.a.) e capim-elefante peletizado (17,05% ao ano) ambas para o cenário 1.

O fato do rolão de milho e do capim-elefante apresentarem maiores valores de LLMM e TIR pode ser resultado da maior produção de massa seca em relação ao feno de Tifton 85. No estudo foram consideradas produções médias de massa seca anuais de 13, 35 e 24 toneladas, respectivamente, para o Tifton 85, capim-elefante e rolão de milho. Além disso, o menor número de cortes ao ano, no caso do milho, pode interferir reduzindo os custos diretos anuais.

Outro fator que influenciou nos resultados econômicos, foi a área necessária para o plantio. É possível observar na Tabela 12, que a necessidade de área cultivada para os produtos peletizados são menores em relação aos extrusados. Nesse trabalho, a área necessária para o cultivo é dependente da necessidade da fração volumosa ($t \text{ ano}^{-1}$), da produção de massa seca ($t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e da produtividade de cada equipamento ($t \text{ ano}^{-1}$) a qual, no presente trabalho, foi menor para o produto peletizado ($3,5 t \text{ hora}^{-1}$) em relação ao extrusado ($5,0 t \text{ hora}^{-1}$), resultando em menor área necessária para as dietas peletizadas.

Tabela 12 - Análise do projeto de viabilidade econômica da produção de dieta completa (DC) extrusada e peletizada para equinos. Avaliação de três possíveis cenários (C) de comercialização.

Indicador	Feno de Tifton Peletizado			Feno de Tifton Extrusado		
	C1	C2	C3	C1	C2	C3
Investimento (R\$)	1.871.764,76	1.871.764,76	1.871.764,76	2.153.337,03	2.153.337,03	2.153.337,03
Preço de venda da DC (R\$/kg)	1,11	1,22	1,33	1,11	1,22	1,33
Preço da DC ao consumidor (R\$/kg)	1,42	1,56	1,69	1,42	1,56	1,69
Área cultivada necessária (ha)	284	284	284	406	406	406
Receita operacional bruta (R\$/mês)	680.680,00	751.520,00	819.280,00	972.400,00	1.073.600,00	1.170.400,00
LLMM (R\$/mês)	-17.758,66	36.129,32	87.674,36	1.771,55	78.754,39	152.390,15
Taxa Interna de Retorno (% aa)	-12,99	38,04	72,53	12,24	60,61	102,28
Payback simples (anos)	-	3	2	6	2	1
Valor Presente Líquido (R\$)	-2.159.338,59	5.628.563,71	13.077.861,55	886.023,47	12.011.598,17	22.653.452,24
Indicador	Capim Elefante Peletizado			Capim Elefante Extrusado		
	C1	C2	C3	C1	C2	C3
Investimento (R\$)	1.619.996,37	1.619.996,37	1.619.996,37	1.793.667,90	1.793.667,90	1.793.667,90
Preço de venda do DC (R\$/kg)	1,11	1,22	1,33	1,11	1,22	1,33
Preço da DC ao consumidor (R\$/kg)	1,42	1,56	1,69	1,42	1,56	1,69
Área cultivada necessária (ha)	106	106	106	151	151	151
Receita operacional bruta (R\$/mês)	680.680,00	751.520,00	819.280,00	972.400,00	1.073.600,00	1.170.400,00
LLMM (R\$/mês)	8.331,56	62.219,55	113.764,58	39.043,29	116.026,13	189.661,89
Taxa Interna de Retorno (% aa)	17,05	61,03	99,70	40,63	93,53	142,95
Payback simples (anos)	5	2	2	3	2	1
Valor Presente Líquido (R\$)	1.367.221,45	9.155.123,74	16.604.421,59	5.923.966,38	17.049.541,09	27.691.395,16
Indicador	Rolão de Milho Peletizado			Rolão de Milho Extrusado		
	C1	C2	C3	C1	C2	C3
Investimento (R\$)	2.037.463,85	2.037.463,85	2.037.463,85	2.196.195,25	2.196.195,25	2.196.195,25
Preço de venda do DC (R\$/kg)	1,11	1,22	1,33	1,11	1,22	1,33
Preço da DC ao consumidor (R\$/kg)	1,42	1,56	1,69	1,42	1,56	1,69
Área cultivada necessária (ha)	154	154	154	220	220	220
Receita operacional bruta (R\$/mês)	680.680,00	751.520,00	819.280,00	972.400,00	1.073.600,00	1.170.400,00
LLMM (R\$/mês)	23.676,42	77.564,41	129.109,44	63.984,52	140.967,36	214.603,12
Taxa Interna de Retorno (% aa)	26,88	60,93	91,74	50,23	93,16	133,55
Payback simples (anos)	4	2	2	2	2	1
Valor Presente Líquido (R\$)	3.699.486,90	11.487.389,20	18.936.687,05	9.642.253,09	20.767.827,80	31.409.681,87

Fonte: FELTRE (2017)

C1=Dieta Completa equivalente à dieta utilizando ingredientes fornecidos em conjunto, mas adquiridos separadamente; **C2**=Considerando um valor 10% maior que o da dieta completa; **C3**=Considerando um valor 20% maior que o da dieta completa.

Esse projeto mostra a flexibilidade de uso de diferentes fontes de fibra na fabricação de dietas para equinos com o intuito de reduzir custos de produção sem afetar a qualidade do produto final. O capim-elefante é uma gramínea com alto potencial produtivo e adequado valor nutricional, podendo oferecer em torno de 5 cortes no ano, e seu uso na alimentação de equinos é geralmente recomendado em épocas de escassez de alimento. Porém a atenção ao manejo da fertilidade do solo e da planta é indispensável por apresentar crescimento rápido, com redução no valor nutritivo com o avançar da maturidade (LIMA et al., 2010).

O rolão de milho como alimento alternativo na produção de equinos ainda é pouco estudado. Assim, o processamento da planta de milho inteira desidratada, além de apresentar potencial para fornecer um alimento fibroso e ser usado por cavalos e outros herbívoros não ruminantes, pode ser uma forma de redução nos custos dos insumos (GOES et al., 2013). Já o Tifton 85, amplamente utilizado na alimentação de cavalos devido à maior preferência por essa espécie (DITTRICH et al., 2007), é fornecido tanto na forma conservada (feno) quanto na forma de pasto. Porém o rendimento de massa seca em relação ao capim-elefante e o rolão de milho é menor (ISEPON et al., 2004; AZAR et al., 2009).

Para a análise de sensibilidade, os itens que compõem os fluxos de caixa de cada sistema foram estudados individualmente: um parâmetro foi escolhido e o seu efeito sobre os indicadores de viabilidade foram observados. Por meio de programa de computação, obtêm-se os resultados a partir da introdução dos valores dos parâmetros na expressão; faz-se a simulação e verifica-se de que forma e em que proporções essas variáveis afetam os resultados finais do projeto (LIMA et al., 2007).

As figuras 7, 8 e 9 mostram os resultados da análise de sensibilidade tomando como indicador os custos dos serviços/produtos vendidos para os produtos peletizados e extrusados no cenário 1.

Figura 7 - Resultado da análise de sensibilidade: custo dos serviços/produzidos vendidos para a dieta completa de capim-elefante extrusado (a) e peletizado (b) no cenário 1.

Fonte: FELTRE (2017)

Legenda: **DOG** = Despesas Operacionais Gerais; **AT** = Arrendamento da Terra;

Figura 8 - Resultado da análise de sensibilidade: custo dos serviços/produzidos vendidos para a dieta completa de rolão de milho extrusado (a) e peletizado (b) no cenário 1.

Fonte: FELTRE (2017)

Legenda: **DOG** = Despesas Operacionais Gerais; **AT** = Arrendamento da Terra;

Figura 9 - Resultado da análise de sensibilidade: custo dos serviços/produtos vendidos para a dieta completa de feno de Tifton 85 extrusado (a) e peletizado (b) no cenário 1.

Fonte: FELTRE (2017)

Legenda: **DOG** = Despesas Operacionais Gerais; **AT** = Arrendamento da Terra;

Pode-se observar que os insumos influenciam diretamente no orçamento do projeto, representando, em média, 89% dos custos e ocupando a primeira colocação na análise de sensibilidade, seguida pelos itens pessoal (3,9%), arrendamento da terra (3,3%), depreciação (2,3%), despesas operacionais gerais (1,3%) e manutenção (0,4%). Assim, a utilização de alternativas que possam reduzir os custos sem alterar a qualidade do alimento é necessária para o melhor desempenho e lucratividade da empresa.

Feltre et al. (2016) avaliaram a viabilidade econômica do Feno Enriquecido Extrusado produzido com 40% de feno e 60% concentrado e obtiveram TIR variando de 9,44 a 66,3% a.a. e tempo de retorno do investimento de 11 a 2 anos quando avaliados em dois cenários semelhante ao do presente trabalho. Os autores consideraram o investimento viável economicamente sendo promissor do ponto de vista nutricional, logístico e econômico.

Considerando que um sistema é viável quando sua TIR é igual ou maior que o custo de oportunidade do capital, e observando os três cenários avaliados, é possível inferir que o empreendimento é viável economicamente, exceto para o feno de Tifton 85 no primeiro cenário, mostrando que o projeto cobrirá tanto o investimento inicial, bem como a remuneração mínima exigida pelo investidor, gerando ainda um excedente financeiro maior no cenário 3 quando comparado com os demais cenários.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1 PARTICULARIDADES

A utilização de dietas completas processadas para cavalos traz praticidade ao manejo diário de alimentação na propriedade, e pode facilitar o trabalho, reduzir as perdas com feno e gerar economia com estruturas de armazenamento. Além disso, pode ser uma alternativa para contornar os problemas enfrentados por criadores urbanos, batalhões de polícia ou criadores situados em regiões com baixa disponibilidade de volumoso.

O desenvolvimento desse trabalho resultou em patente de invenção (PI 0703404-0), permitindo a produção das dietas completas utilizando diferentes fontes de fibras processadas em maior tamanho, bem como novas pesquisas no sentido de melhorar a qualidade do produto final.

As diferenças encontradas para a resposta glicêmica e insulinêmica, ácido láctico e de digestibilidade aparente dos nutrientes representam novas informações relacionadas ao processamento dos alimentos para animais, abrindo novos horizontes de pesquisa nesse sentido.

7.2 LIMITAÇÕES

Pesquisas envolvendo dietas processadas utilizando fibra longa para equinos são incomuns no Brasil, sendo necessário maior conhecimento das tecnologias de produção, das configurações ideais dos equipamentos, dos parâmetros fisiometabólicos e das exigências nutricionais de cada categoria animal.

É importante ressaltar que, durante a execução do trabalho, alguns inconvenientes, como proliferação de fungos, foram observados. Porém, providências foram tomadas a fim de contorná-los. Com isso, trabalhos devem ser feitos no sentido de melhorar o controle de qualidade dessas dietas completas processadas com o intuito de aumentar o tempo de prateleira.

Além disso, o melhor controle de qualidade da matéria-prima, condições de processamento (temperatura, umidade, tempo de compressão e pressão) bem como

o acompanhamento do manejo da produção forrageira no campo, podem ser consideradas formas de aprimorar a qualidade do produto final, com maior aproveitamento dos nutrientes vindos da fração volumosa e com possível redução na utilização de concentrados, os quais oneram a produção de ração.

8 CONCLUSÕES

O trabalho não rejeitou a hipótese de que a adoção de dieta completa peletizada ou extrusada na alimentação de equinos em manutenção poderia substituir a dieta tradicional de feno e concentrado fornecidos separadamente, já que pôde ser utilizada sem alterações comportamentais, físicas, metabólicas e hematológicas além de ser viável produtiva e economicamente.

O presente trabalho mostrou que, apesar das diferenças encontradas, os parâmetros comportamentais, sanguíneos e fermentativos estão de acordo com os dados obtidos na literatura para cavalos estabulados e não afetaram a higidez e a saúde digestiva dos animais.

REFERÊNCIAS

AGWUNOBI, A.O.; REID, C.; MAYCOCK, P.; LITTLE, R. A.; CARLSON, G. L. Insulin resistance and substrate utilization in human endotoxemia. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, v.85, n.10, p.3770-3778, 2000.

ALCÂNTARA, P.B.; BUFARAH, G. **Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas**. 2 ed. São Paulo: Nobel, 1983, 150p.

ANDRADE, A.C.; FONSECA, D.M.; LOPES, R.S.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; CECON, P.R.; QUEIROZ, D.S.; PEREIRA, D.H.; REIS, S.T. Análise de crescimento do capim-elefante 'napier' adubado e irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.2, p.415-423, 2005.

ANDERSON, R.A. Nutritional factors influencing the glucose/insulin system. Chromium. **Journal of the American College of Nutrition**, v.16, n.5, p.404-410, 1997.

ARGENZIO, R.A.; SOUTHWORTH, M.; STEVENS, C.E. Sites of organic acid production and absorption in the equine gastrointestinal tract. **American Journal of Physiology**, v.226, n.5, p.1043-1050, 1974.

ARGENZIO, R.A. **Digestão e absorção do carboidratos, gorduras e proteínas**. In: SWENSON, M.J.; REECE W.O. Dukes - Fisiologia dos Animais Domésticos. 11 ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., 1996. 856p.

Association of Official Agricultural Chemists (AOAC): Official methods of analysis. 18ª Edição, Gaithersburg, Maryland: AOAC International, 2005.

ATAÍDE JÚNIOR, J.R.; PEREIRA, O.G.; GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S.C.; CECON, P.R.; FREITAS, E.V.V. Valor nutritivo do feno de Capim Tifton-85 (*Cynodon* spp.) em diferentes idades de rebrota, em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p.2193-2199, 2000 (Suplemento 2).

ATHAYDE, A.A.R.; CARVALHO, R.C.R.; MEDEIROS, L.T.; VALERIANO, A.R.; ROCHA, G.P. Gramíneas do gênero *Cynodon* – cultivares Recentes no Brasil. **Boletim Técnico**, Lavras/MG, n.73, p. 1-14, s/d.

AZAR, G.S.; NASCIMENTO, M.P.S.C.B.; NASCIMENTO, H.T.S.; OLIVEIRA, M.E.; CARVALHO, M.S.S. Rendimento forrageiro e características morfológicas de *Cynodon* nos períodos chuvoso e seco. **Revista Científica de Produção Animal**,

v.11, n.2, p.133-143, 2009.

BAI, Y.; ZHANG, S.; KIM, K.S.; LEE, J.K.; KIM, K.H. Obese gene expression alters the ability of 30A5 preadipocytes to respond to lipogenic hormones. **Journal of Biological Chemistry**, v.271, p.13939-13942, 1996.

BARTON, M.H. Chapter 3.7-Endotoxemia, In: ROBINSON, N.E.; SAUNDERS, W.B. (ed). **Current Therapy in Equine Medicine**, 5 ed. Saint Louis, 2003, p.104-108.

BARTON, M.H.; COLLATOS, C. Tumor Necrosis Factor and Interleukin-6 activity and endotoxin concentration in peritoneal fluid and blood of horses with acute abdominal disease. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v.13, p.457-464, 1999.

BATTELINO, T.; GOTO, M.; KRZISNIK, C.; ZELLER, W.P. Tissue glucose transport in suckling rats with endotoxic shock. **Shock**, v.6, n.4, p.259-262, 1996.

BERGMAN, E.N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. **Physiological Reviews**, v.70, n.2, p.567-590, 1990.

BHATNAGAR, S; HANA, M.A. Amylose-Lipid Complex Formation During Single-Screw Extrusion of Various Corn Starches. **Cereal Chemistry**, v.71, n.6, p.582-586, 1994.

BORGES, F.M.O. **Processamento de alimentos (expandidos e extrusados versus farelados e peletizados)**. 2000. 39p. Revisão de literatura.

BREITSCHWERDT, E.B.; LOAR, A.S.; HRIBERNIK, T.N. Hypoglycemia in four dogs with sepsis. **Journal of American Veterinary Medical Association**, v.178, n.10, p.1072-1076, 1981.

BROOM, D.M. Animal welfare: concepts and measurement. **Journal of Animal Science**, n.69, p.4167-4175, 1991.

BRUSS, M.L. **Chapter 4 - Lipids and Ketones**. In: KANEKO, J.J.; HARVEY, J.; BRUSS, M.L. (Ed.). **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 6 ed. San Diego: Academic Press, 2008, p.81-115.

BUFF, P.R.; DODDS, A.C.; MORRISON, C.D.; WHITLEY, N.C.; MCFADIN, E.L.; DANIEL, J.A.; DJIANE, J.; KEISLER, D.H. Leptin in horses: Tissue localization and

relationship between peripheral concentrations of leptin and body condition. **Journal of Animal Science**, v.80, p.2942-2948, 2002.

BURLIKOWSKA, K.; BOGUSŁAWSKA-TRYK, M.; SZYMECZKO, R.; PIOTROWSKA, A. Haematological and biochemical blood parameters in horses used for sport and recreation. **Journal of Central European Agriculture**, v.16, n.4, 2015.

BURTON, G.W.; MONSON, W.G. Registration of "Tifton 85" Bermuda grass. **Crop Science**, Madison, v.33, p.644-645, 1993.

CABRERA, L. **Contribution à l'étude de l'utilisation de l'azote alimentaire chez Equus caballus**: Effet de la source azotée, du mode de distribution et de la forme de présentation du régime sur l'aminocidémie et sur l'urémie. Thèse (Doctorat), ENSBANA, Université de Bourgogne, Dijon. 1995.

CAMPEBELL, R.C.; PEIRÓ, J.R.; ROSA, P.C.S.; VALADÃO, C.A.A.; BECHARA, G.H. Endotoxemia por lipopolissacarídeo de Escherichia coli, em equinos: efeitos de anti-inflamatórios nas concentrações sérica e peritoneal do fator de necrose tumoral alfa (TNF- α). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.4, p.837-843, 2007.

CARCIOFI, A.C. Processamento de alimentos e sua importância para pássaros de estimação. **Revista Pet Food Brasil**, ano 5, edição 29, 2013.

CARVALHO, R.T.L.; HADDAD, C.M.; DOMINGUES, J.L. **Alimentos e alimentação do cavalo**. Piracicaba: Losito de Carvalho Consultores Associados, 1992. 130p.

CARVALHO, F.A.N.; BARBOSA, F.A.; MCDOWELL, L.R. **Nutrição de bovinos a pasto**. Belo Horizonte: PapelForm, 2003. 438p.

CASALECCHI, F.L.; ETCHICHURY, M.; GONZAGA, I.V.F.; GOBESSO, A.A.O. Digestibilidade aparente total e resposta glicêmica de dietas para equinos contendo milho submetido a diferentes processamentos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.49, n.3, p.232-238, 2012.

CHIBA, L.I. **Horse nutrition and feeding**. In: CHIBA, L.I. Animal Nutrition Handbook. 2 ed. 2014, p.426-453. Section 13. Disponível em: <<http://www.ag.auburn.edu/~chibale/an13horsefeeding.pdf>> Acesso em 01 ago. 2015.

CLARKE, L.L.; ROBERTS, M.C.; ARGENZIO, R.A. Feeding and digestive problems in horses. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v.6, p.433-451, 1990.

COLLATOS, C. Clinical conditions associate with endotoxemia. **American Association of Equine Practitioners**, v.41, p.103-106, 1995.

COOPER, J.J.; MCALL, N.; JOHNSON, S.; DAVIDSON, H.P.B. The short-term effects of increasing meal frequency on stereotypic behaviour of stabled horses. **Applied Animal Behaviour Science**, v.90, n.3-4, p.351-364, 2005.

CROWELL-DAVIS, S.L.; HOUP, K.A. Coprophagy by foals: effect of age and possible functions. **Equine Veterinary Journal**, v.17, n.1, p.17-19, 1985.

CUNHA, T.J. **Horse feeding and nutrition**. 2 ed. London: Academy Press, 1991. 445p.

CUNNINGHAM, M.J.; CLIFTON, D.K.; STEINER, R.A. Leptin's actions on the reproductive axis: perspectives and mechanisms. **Biology of Reproduction**, v.60, p.216-22, 1999.

DALY, K.; PROUDMAN, C.J.; DUNCAN, S.H.; FLINT, H.J.; DYER, J.; SHIRAZI-BEECHEY, S.P. Alterations in microbiota and fermentation products in equine large intestine in response to dietary variation and intestinal disease. **British Journal of Nutrition**, v.107, n.7, p.989-995, 2012.

DE FOMBELLE, A.; JULLIAND, V.; DROGOUL, C.; JACOTOT, E. Feeding and microbial disorders in horses: 1-effects of an abrupt incorporation of two levels of barley in a hay diet on microbial profile and activities. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.21, n.9, p.439-445, 2001.

DE FOMBELLE, A.; VARLOUD, M.; GOACHET, A.G.; JACOTOT, E.; PHILIPPEAU, C.; DROGOUL, C.; JULLIAND, V. Characterization of the microbial and biochemical profile of the different segments of the digestive tract in horses given two distinct diets. **Animal Science**, v.77, n.2, p.293-304, 2003.

DEKIC, R.; IVANC, A.; CETKOVIC, D.; DOLICANIN, Z.; OBRADOVIC, S. Hematology of Bosnian Pony. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v.20, n.5, p.1237-1244, 2014.

DE MELLO REZENDE, M.J.; MCMANUS, C.; PALUDO, G.R.; MARTINS, R.D.; DE OLIVEIRA, L.D.P.G.; FUCK, B.H.; LOUVANDINI, H. Comportamento de cavalos das raças Bretã e Percheron estabulados. **Ciência Animal Brasileira**, v.7, n.1, p.17-25. 2006.

DERESZ, F. **Utilização do capim-elefante sob pastejo rotativo para produção de leite e carne**. Juiz de Fora: Embrapa-CNPGL, 1999, 29p. Circular técnica 54.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; AZEVEDO, J.A.G. Avaliação do teor de carboidratos não fibrosos em alimentos e dietas. In: DETMANN, E. et al. (Ed). **Métodos para análise de alimentos**. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal (INCT), Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2012, p.113-125.

DITTRICH, J.R.; CARVALHO, P.C.F.; MORAES, A.; OLIVEIRA, E.B.; DITTRICH, R.L.; OIKAWA, M.; SOUZA, F.T.V.; SANTOS, F. Comportamento ingestivo de equinos em pastejo sobre diferentes dosséis. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.1, p.87-94, 2007.

DITTRICH, J.R.; MELO, H.A.; AFONSO, A.M.C.F.; DITTRICH, R.L. Comportamento ingestivo de equinos e a relação com o aproveitamento das forragens e bem-estar dos animais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.130-137, 2010 (Suplemento Especial).

DROGOUL, C.; DE FOMBELLE, A.; JULLIAND, V. Feeding and microbial disorders in horses: 2. Effect of three hay:grain ratios on digesta passage rate and digestibility in ponies. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.21, n.10, p.487-491, 2001.

DROGOUL, C.; PONCET, C.; TISSERAND, J.L. Feeding ground and pelleted hay rather than chopped hay to ponies 1. Consequences for in vivo digestibility and rate of passage of digesta. **Animal Feed Science and Technology**, v.87, n. 1-2, p.117-130, 2000.

DYAKOV, M.L.; OPPEL, V.V.; BONAITIS, S.I.; ALEXANDROV, S.A.; IVANKIN, V.K. Efficiency of combined feed nº2 for working horses versus hay and oats rations. In: THE CENTRAL SCIENTIFIC RESEARCH LABORATORY AND MIXED FEED INDUSTRY, n.18, 1937, Pushkin. Zootechnical Laboratory (**Anais...**), Pushkin, 1937.

EARLE, I. P. Compression of Complete Diets for Horses. **Journal of Animal Science**, v.9, n.3, p.255-260, 1950.

ELIA, J.B.; ERB, H.N.; HOUP, K.A. Motivation for hay: Effects of a pelleted diet on

behavior and physiology of horses. **Physiology & Behavior**, v.101, p.623–627, 2010.

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.

FELTRE, K.; PALAGI, M.A.F.; GAMEIRO, A.H.; WAJNSZTEJN, H.; GOBESSO, A.A.O. Economic feasibility of hay enriched extruded production as a complete diet for equine. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v.53, n.1, p.55-59, 2016.

FERREIRA, W.P.M.; AGUIAR, L.M.S.; MAGALHÃES, P.C.; LANDAU, E.C.; GUIMARÃES, D.P.; COSTA, T.C.C. **Cap. 1: Clima, Época de Plantio e Zoneamento Agrícola**. In: CRUZ, J.C.; MAGALHÃES, P.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; MOREIRA, J.A.A. (Ed). Milho: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011, 338 p.

FERNANDES, G.M.; POSSENTI, R.A.; FERRAI JUNIOR, E.; PAULINO, V.T. Composição química e digestibilidade in vitro do feno de capim Elefante cv. Paraíso. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v.68, n.2, p.125-131, 2011.

FLORES, R.A.; URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.R.; COLLIER, L.S.; BODDEY, R.M. Yield and quality of elephant grass biomass produced in the cerrados region for bioenergy. **Engenharia Agrícola**, v.32, n.5, p.831-839, 2012.

FRAPE, D.L. **Equine nutrition and feeding**. Boston: Blackwell Publishing, 2004. 664p.

FRAPE, D.L. **Nutrição e alimentação de equinos**. 3ª Edição. São Paulo: Roca, 2008. 602p.

FRASER, A.F.; BROOM, D. M. **Farm animal behaviour and welfare**. 3 ed. Wallingford: CAB International. 1997. 437p.

FRIEDEWALD, W.T.; LEVY, R.I.; FREDRICKSON, D.S. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. **Clinical Chemistry**, v.18, p.499-502, 1972.

GETACHEW, G.; MAKKAR, H.P.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.; HARRIS, P.; PHILIPPEAU, C.; JULLIAND, V. Effect of physical training on nutrient digestibility and faecal fermentative parameters in Standardbred horses. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, n.98, v.6, p.1081-1087, 2014.

GOBESSO, A.A.O.; D'AURIA, E.; PREZOTTO, L.D.; RENNÓ, F.P. Substituição de milho por sorgo triturado ou extrusado em dietas para equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.11, p.2011-2016, 2008.

GOBESSO, A.A.O.; WAJNSZTEJN, H.; GONZAGA, I.V.F.; MARCOS, M.H.; ETCHICHURY, M.; TAMAS, W.T. Uso de dieta completa extrusada na alimentação de equinos. In: 46ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 2009, Maringá. **Anais...** Maringá, 2009.

GOBESSO, A.A.O.; MOREIRA, A.M.F.O.; TAMAS, W.T.; RIBEIRO, R.M.; PREZOTTO, L.D.; GONZAGA, I.V.F.; ETCHICHURY, M.; BRANDI, R.A. Digestibilidade aparente e concentrações plasmáticas de triglicérides e colesterol em equinos alimentados com fontes de óleo vegetal. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, n.1, p.254-263, 2011.

GOES, R.H.T.B.; SILVA, L.H.X.; SOUZA, K.A. **Alimentos e alimentação animal**. Dourados: Editora UFGD, 2013. Cadernos Acadêmicos. Disponível em: <http://www.ufgd.edu.br/editora/cadernos-academicos/alimentos-e-alimentacao-animal/at_download/pdflivro> Acesso em: fev. 2015.

GORDON, M.E.; MCKEEVER, K.H.; BETROS, C.L.; MANSO FILHO, H.C. Plasma leptin, ghrelin and adiponectin concentrations in young fit racehorses versus mature unfit standardbreds, **The Veterinary Journal**, v.173, n.1, p.91-100, 2007.

GORDON, M.E.; JERINA, M.L.; RAUB, R.H.; DAVISON, K.E.; YOUNG, J.K. The effects of feed form on consumption time and glucose and insulin response to a concentrate meal in equine. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.28, n.5, 2008.

GRAZIOLA, F.; SOLIS, V.S.; CURI, R. Estrutura química e classificação dos ácidos graxos. In: CURI, R. et al. (Ed). **Entendendo a gordura: ácidos graxos**, 2002. São Paulo: Editora Manole, 2002, cap.2, p.7.

GRONDIN, T.M.; DEWITT, S.F. **Normal Hematology of the Horse and Donkey**. In: WEISS, D.J.; WARDROP, K.J. (Ed). Schalm's Veterinary Hematology. 6.ed. Iowa: Blackwell Publishing Ltd, 2010, cap.106, p.821-828.

GUERREIRO, L. **Produtos extrusados para consumo humano, animal e industrial**. Rio de Janeiro, 2007. Dossiê Técnico: Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro (REDETEC). Disponível em <<http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MTcy>> Acesso em: jul. 2015.

HAAGSMAN, H.P.; VAN GOLDE, L.M.G. Regulation of hepatic triacylglycerol synthesis and secretion. **Veterinary Research Communications**, v.8, n.1, p.157-171, 1984.

HALAAS, J.L.; GAJIWALA, K.S.; MAFFEI, M.; COHEN, S.L.; CHAIT, B.T.; RABINOWITZ, D.; LALLONE, R.L.; BURLEY, S.K.; FRIEDMAN, J.M. Weight-reducing effects of the plasma protein encoded by the obese gene. **Science**, v.269, p.543-546, 1995.

HARRIS, L.E.; CRAMPTON, E.W. Nutrients Requirements Council names for feed processes and their use in evaluating the nutrient content of feeds. In: EFFECT OF PROCESSING ON THE NUTRITIONAL VALUE OF FEEDS. 1973, Florida (USA) (**Proceedings...**). University of Florida, Florida (USA), National Academy of Sciences, 1973, 494p.

HARVEY, R.B.; HAMBRIGHT, M.B.; ROWE, L.D. Clinical biochemical and hematologic values of the American Miniature Horse: reference values. **American Journal of Veterinary Research**, v.45, n.5, p.987-990, 1984.

HEDIGER, H. **Studies of the Psychology and Behavior of Captive Animals**. Oxford, England: Criterion Books.1955. 166p.

HENNEKE, D. R.; POTTER, G. D.; KREIDER, J. L.; YEATES, B. F. Relationship between condition score, physical measurements and body fat percentage in mares. **Equine Veterinary Journal**, v.15, n.4, p.371-372, 1983.

HELESKI, C.R.; SHELLE, A.C.; NIELSEN, B.D.; ZANELLA, A.J. Influence of housing on weanling horse behavior and subsequent welfare. **Applied Animal Behaviour Science**, v.78, p.291-302, 2002.

HENDRIX, D.L. Rapid Extraction and Analysis of Nonstructural Carbohydrates in Plant Tissues. **Crop Science**, v.33, p.1306-1311, 1993.

HILL, J. Impacts of nutritional technology on feeds offered to horses: A review of effects of processing on voluntary intake, digesta characteristics and feed utilization. **Animal Feed Science and Technology**, v.138, n.2, p.92-117, 2007.

HINTZ, H.F.; HOGUE, D.E.; WLAKER, E.F.; LOWE, J.E.; SCHRYVER, H.F. Apparent digestion in various segments of the digestive tract of ponies fed diets with varying roughage-grain ratios. **Journal of Animal Science**. v.32, p.245-248, 1979.

HINTZ, H.F.; SCOTT, J.; SODERHOLM, L.V.; WILLIAMS, J. Extruded feeds for horses. In: PROCEEDINGS OF 9th EQUINE NUTRITION PHYSIOLOGY SYMPOSIUM, Michigan State University (**Proceedings...**). 1985, p.174.

HINTZ, H.F.; LOY, R.G. Effects of Pelleting on the Nutritive Value of Horse Rations. **Journal of Animal Science**, v.25, n.4, p.1059-1062, 1966.

HOEKSTRA, K.E.; NEWMAN K.; KENNEDY, M.A.P.; PAGAN, J.D. Effect of corn processing on glycemic response in horses. In: PROCEEDINGS OF THE XVI EQUINE NUTRITION AND PHYSIOLOGY SYMPOSIUM OF THE EQUINE NUTRITION AND PHYSIOLOGY SOCIETY. **Proceedings...** 1999, p.144-148.

HOFFMAN, R.M.; WILSON, J.A.; KRONFELD, D.S.; COOPER, W.L.; LAWRENCE, L.A.; SKLAN, D.; HARRIS, P.A. Hydrolyzable carbohydrates in pasture, hay, and horse feeds: Direct assay and seasonal variation. **Journal of Animal Science**, v.79, p.500-506, 2001.

HOFFMAN, R.M. Carbohydrate metabolism in horses. In: TALSTON, S.L.; HINTZ, H.F. (Ed). **Recent advances in equine nutrition**. Ithaca: International Veterinary Information Service, 2003.

Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <<https://www.portalbrasil.net/inpc.htm>> Acesso em: dez. 2016.

ISEPON, O.J.; SETE, E.G.; BERGAMASCHINE, A.F.; BASTOS, F.J.P.; ALVES, J.B. Produção de matéria seca de cultivares de *Cynodon* irrigados submetidos à adubação nitrogenada. In: 41ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2004. Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, 2004.

JAIN, N.C. Schalm's Veterinary Hematology, 4.ed., Philadelphia: Lea & Febiger,

1986, 1221 p.

JEFFCOTT, L.B.; FIELD, J.R.; MCLEAN, J.G.; O'DEA, K.E.R.I.N. Glucose tolerance and insulin sensitivity in ponies and Standardbred horses. **Equine Veterinary Journal**, v.18, n.2, p.97-101, 1986.

JENKINS, D.J.A.; WOLEVER, T.M.S.; TAYLOR, R.H.; BARKER, H.; FIELDEN, H.; BALDWIN, J.M.; BOWLING, A.C.; NEWMAN, H.C.; JENKINS, A.L.; GOFF, D.V. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.34, n.3, p.362-366, 1981.

JERÔNIMO, C.E.M. Estudo De Viabilidade Econômica Aplicado A Um Projeto Agroindustrial: Análise De Sensibilidade. **Revista de Administração de Roraima**, Boa Vista, v.3, n.2, p.156-180, 2013.

JOBIM, C.C.; BRANCO, A.B.; SANTOS, G.T. **Silagem de grãos úmidos na Alimentação de bovinos leiteiros**. In: V SIMPÓSIO GOIANO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE BOVINOS DE CORTE E LEITE. Goiânia, Goiás, 2003. p.357-376.

JONES, W.E. Glucose Clearance. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.23, n.9, p.412-413, 2003.

JOSE-CUNILLERAS, E.; TAYLOR, L.E.; HINCHCLIFF, K.W. Glycemic index of cracked corn, oat groats and rolled barley in horses. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2623-2629, 2004.

JULLIAND, V.; DE FOMBELLE, A.; DROGOUL, C.; JACOTOT, E. Feeding and microbial disorders in horses: part 3 - Effects of three hay:grain ratios on microbial profile and activities. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.21, n.11, p.643-648, 2001.

JULLIAND, V.; DE FOMBELLE, A.; VARLOUD, M. Starch digestion in horses: The impact of feed processing. **Livestock Science**, v.100, p.44-52, 2006.

KIENZLE, E.; RADICKE, S.; LANDES, E.; KLEFFKEN, D.; ILLENSEER, M.; MEYER, H. Activity of amylase in the gastrointestinal tract of the horse. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.72, n.1-5, p.234-241, 1994.

KIENZLE, E.; POHLENZ, J.; RADICKE, S. Morphology of starch digestion in the horse. **Journal of Veterinary Medicine**, v.44, p.207-221, 1997.

KLEIN, A.A. **Peletização de Rações: Aspectos Técnicos, Custos e Benefícios e Inovações Tecnológicas**, 2009. Artigos técnicos. Disponível em:

<pt.engormix.com/MA-balanceados/fabricacao/artigos/peletizacao-racoes-aspectos-tecnicos_159.htm> Acesso em: mai. 2013.

KRUEGER, A.S.; KINDER, D.A.; GARNER, H.E.; SPROUSE, R.F. Ultrastructural study of the equine cecum during onset of laminitis. **American Journal of Veterinary Research**, v.47, n.8, p.1804-1812, 1986.

KUZNETSOV, P. Feeding of army horses with a balanced ration. **Veterinarian**, v.8, n.9, 1942.

LACERDA NETO, J.C.; URBINATI, E.C.; ROSA e SILVA, A.A.M.; SANTOS, G.F. Influence of nutrition on the glucose absorption and tolerance test in horses submitted to different fasting periods. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.50, n.6, p.685-690, 1998.

LANG, C.H., DOBRESCU, C. Sepsis-induced increases in glucose uptake by macrophage-rich tissues persist during hypoglycemia. **Metabolism**, v.40, n.6, p.585-593, 1991.

LAVOIE-LAMOUREUX, A.; MAGHNI, K.; LAVOIE, J.P. Optimization of a procedure to accurately detect equine TNF- α in serum samples. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v.138, p.118–123, 2010.

LEÃO, F.F.; CANCELLIER, L.L.; PEREIRA, A.V.; LEDO, F.J.S.; AFFÉRI, F.S. Produção forrageira e composição bromatológica de combinações genômicas de capim-elefante e milheto. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.2, p.368-375, 2012.

LEASK, W.C.; DAYNARD, T.B. Dry matter yield, in vitro digestibility, percent protein, and moisture of corn stover following grain maturity. **Canadian Journal of Plant Science**, v.53, p.515-522, 1973.

LEIFER, C.E.; PETERSON M.E.; MATUS, R.E.; PATNAIK, A.K. Hypoglycemia associated with nonislet cell tumor in 13 dogs. **Journal of American Veterinary Medical Association**, v.186, p.53-55, 1985.

LEWIS, L.D. **Nutrição Clínica Equina: alimentação e cuidados**. São Paulo: Roca, 2000, p.701, v.1.

LICINIO, J.; MANTZOROS, C.; NEGRAO, A.B.; CIZZA, G.; WONG, M.L.; BONGIORNO, P.B.; CHROUSOS, G.P.; KARP, B.; ALLEN, C.; FLIER, J.S.; GOLD, P.W. Human leptin levels are pulsatile and inversely related to pituitary-adrenal function. **Nature Medicine**, v.3, n.5, p575-579, 1997.

LIMA, E.S.; SILVA, J.F.C.; VÁSQUEZ, H.M.; ARAÚJO, S.A.C.; LISTA, F.N.; COSTA, D.P.B. Produção de matéria seca e proteína bruta e relação folha/colmo de genótipos de capim-elefante aos 56 dias de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1518-1523, 2007 (supl.).

LIMA, E.S.; SILVA, J.F.C.; VÁSQUEZ, H.M.; ANDRADE, E.N.; DEMINICIS, B.B.; MORAIS, J.P.G.; COSTA, D.P.B.; ARAÚJO, S.A.C. Características agronômicas e nutritivas das principais cultivares de capim elefante do Brasil. **Veterinária e Zootecnia**, v.17, n.3, p.324-334, 2010.

MACHADO, P.A.S.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; DETMANN, E.; PAIXÃO, M.L.; PINA, D.S. Avaliação nutricional do capim-Elefante (Cameroon) em diferentes idades de rebrotação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.6, p.1121-1128, 2008.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M. **Fisiologia da Produção de Milho**. EMBRAPA, Sete Lagoas, MG. Circular Técnica n.76, 2006.

MAITRA, S.R.; WOJNAR, M.M.; LANG, C.H. Alterations in tissue glucose uptake during the hyperglycemic and hypoglycemic phases of sepsis. **Shock**, v.13, n.5, p.379-385, 2000.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Revisão do Estudo do Complexo do Agronegócio do Cavalo**. Brasília, 2016.

MARCHELLO, E.V.; SCHURG, W.A.; MARCHELLO, I.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.

MARTIN-ROSSET, W. **Equine nutrition**: INRA nutrient requirements, recommended allowances and feed tables. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2015. 691p.

MARTÍNEZ, M.; BIGLIA, S.; MOYA, V.J.; BLAS, E.; CERVERA, C. Nutritive value of

dehydrated whole maize plant and its effect on performance and carcass characteristics of rabbits. **World Rabbit Science**, v.14, p.15-21, 2006.

MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 1990. 311p.

MATTHEWS, J.N.S; ALTMAN, D.G.; CAMPBELL, M.J; ROYSTON, P. Analysis of serial measurements in medical research. **British Medical Journal**, v.300, p.230-235, 1990.

MAYOMBO, A.P.; DUFRASNE, I.; HORNICK, J.L. Influence du stade de maturité de la plante de maïs récoltée pour ensilage sur la composition, la digestibilité apparente, les caractéristiques de fermentation dans le rumen et les performances zootechniques chez le taureau à l'engraissement. **Animal Zootech**, v.46, p.43-55, 1997.

MANZANO, A. **Comparação entre ração completa peletizada e arraçoamento tradicional na alimentação de equinos**. 1977. 81p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", ESALQ/USP, Piracicaba, SP. 1977.

MANZANO, A. **Resultados de pesquisa em alimentação com equinos da raça árabe na UEPAE de São Carlos**. São Carlos: EMBRAPA, 1987, p.1-6. Comunicado Técnico nº2.

MCGREEVY, P.D.; CRIPPS, P.J.; FRENCH, N.P.; GREEN, L.E.; NICOL, C.J. Management factors associated with stereotypic and redirected behavior in Thoroughbred horse. **Equine Veterinary Journal**, v.27, n.2, p.86-91, 1995.

MCGUINNESS, O.P.; LACY, D.B.; ANDERSON, J. Effect of acute glucagon removal on metabolic response to infection in conscious dog. **American Journal of Physiology**, v.268, n.1, p.92-99, 1995.

MCLEAN, B.M.L.; HYSLOP, J.J.; LONGLAND, A.C.; CUDDEFORD, D.; HOLLANDS, T. Physical processing of barley and its effects on intra-caecal fermentation parameters in ponies. **Animal Feed Science and Technology**, v.85, p.79-87, 2000.

MEDINA, B.; GIRARD, I.D.; JACOTOT, E.; JULLIAND, V. Effect of a preparation of *Saccharomyces cerevisiae* on microbial profiles and fermentation patterns in the large intestine of horses fed a high fiber or a high starch diet. **Journal of Animal Science**, v.80, n.10, p.2600-2609. 2002.

MELOTTI, L. Determinação do valor nutritivo da silagem e do "Rolão" de milho,

através de ensaio de digestibilidade (aparente) com carneiros. **Boletim da Indústria Animal**. São Paulo, v.26(único), p.335-344, 1969.

MENEZES, E.W.; LAJOLO, F. Métodos in vivo e in vitro para determinar o ig: experiências em alimentos brasileiros. Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental, Faculdade de Ciências Farmacêuticas Seminário “Índice glicêmico em salud y alimentación humana”. INCIENSA: Costa Rica, 2002.

MEYER, H. **Alimentação de cavalos**. 2 ed. São Paulo: Varela, 1995. 303p.

MEYER, H.; COENEN, M.; GURER, C. Investigations of saliva production and chewing in horses fed various feeds. In: EQUINE NUTRITION AND PHYSIOLOGY SYMPOSIUM, n.9, 1985, Michigan. (**Proceedings...**) Michigan, 1985. p.38.

MEYERS, M.C.; POTTER, G.D.; EVANS, J.W.; GREENE, L.W.; CROUSE, S.F. Physiologic and metabolic response of exercising horses to added dietary fat. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.9, n.4, p.218-223, 1989.

MOORE-COLYER, M.J.S.; HYSLOP, J.J.; LONGLAND, A.C.; CUDDEFORD, D. Intra-caecal fermentation parameters in ponies fed botanically diverse fibre-based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v.84, n.3, p.183-197. 2000.

MOORE, J.N. Introduction to endotoxemia. In: ANNUAL AAEP CONVENTION, 1995, Lexington. (**Proceedings...**), Lexington: American Association of Equine Practitioners, 1995, p.100-102.

MOORE, J.N.; GARNER, H.E.; BERG, J.N.; SPROUSE, R.F. Intracecal endotoxin and lactate during the onset of equine laminitis: A preliminary report. **American Journal of Veterinary Research**, v.40, n.5, p.722-723, 1979.

MORAIS, R.F.; SOUZA, B.J.; LEITE, J.M.; SOARES, L.H.B.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S. Elephant grass genotypes for bioenergy production by direct biomass combustion. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.2, p.133-140, 2009.

MORRIS, D.D.; CROWE, N.; MOORE, J.N. Correlation of clinical and laboratory data with serum tumor necrosis factor activity in horses with experimentally induced endotoxemia. **American Journal of Veterinary Research**, v.51, n.12, p.1935-1940, 1990.

MUIR, W.W. Shock. **The Compendium on Continuing Education**, v.20, n.5, p.549-566, 1998.

MURRAY, S.M.; FLICKINGER, E.A.; PATIL, A.R.; MERCHEN, N.R.; BRENT, J.L.; FAHEY, G.C. In vitro fermentation characteristics of native and processed cereal grains and potato starch using ileal chyme from dogs. **Journal of Animal Science**, v.79, p.435-444, 2001.

NASCIMENTO JR., D. **Informações sobre plantas forrageiras**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1981. 56p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient Requirements of Horses**. 6ª Edição, Washington, D.C.: National Academies Press, 2007.

NAZIFI, S.; SAEB, M.; RATEGH, S.; KHOJANDI, A.: Serum lipids and lipoproteins in clinically healthy Caspian miniature horses. **Veterinarski arhiv**, v.75, p.175-182, 2005.

Negrão, A.B.; Licinio, J. Leptina: o Diálogo entre Adipócitos e Neurônios. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v.44, n.3, 2000.

NYMAN, S.; DAHLBORN, K. Effect of water supply method and flow rate on drinking behavior and fluid balance in horses. **Physiology & behavior**, v.73, n.1; p.1-8, 2001.

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

OLIVEIRA, M.A.; PEREIRA, O.G.; GARCIA, R.; OBEID, J.A.; CECON, P.R.; MORAES, S.A.; SILVEIRA, P.R. Rendimento e valor nutritivo do capim tifton-85 (*Cynodon* spp) em diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1949-1960, 2000 (suplemento 1).

PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, J.A.; QUEIROZ, D.S.; SILVA, E.A.M. Correlações entre componentes anatômicos, químicos e digestibilidade in vitro da matéria seca de gramíneas forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, suppl.1, p.955-963. 2001.

PAGAN, J.D Carbohydrates in equine nutrition. In: PROCEEDINGS OF THE SECOND DODSON AND HORRELL INTERNATIONAL CONFERENCE ON FEEDING HORSES. 1997. (**Proceedings...**), 1997.

PATTON, J.W.; BUSKIRK, H.H.; RAMS, L.A. A study of the relative merits of pellets and mash poultry feeds. **Veterinary Medicine**, v.32, p.423-427, 1937.

PEDREIRA, C.G.S. Avaliação de novas gramíneas do gênero *Cynodon* para a pecuária do sudeste dos Estados Unidos. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO *Cynodon*, 1996, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora, 1996, p.111-125.

PEIRÓ J.R.; VALADÃO C.A.A. Endotoxemia em equinos. **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia**. São Paulo, v.5, n.1, p.48-58, 2002.

PEREIRA, A.V. Escolha de variedades de capim-elefante. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. Simpósio sobre Manejo da Pastagem, v.10, Piracicaba, 1993. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1993, p.47-62.

POTTER, G.D.; ARNOLD, F.F.; HOUSEHOLDER, D.D.; HANSEN, D.H.; BROWN, K.M. Digestion of starch in the small or large intestine of the equine. **Pferdeheilkunde**, v.1, n.4, p.107-111, 1992.

RADIN, M.J.; SHARKEY, L.C.; HOLYCROSS, B.J. Adipokines: a review of biological and analytical principles and an update in dogs, cats, and horses. **Veterinary Clinical Pathology**, v.38, n.2, p.136-156, 2009.

RAMALHO, L.O.; CAIADO, J.C.C.; 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 Veterinarian Research and Animal Science**, São Paulo, v.49, n.4, p.318-324, 2012.

RALSTON, S.L. Controls of feeding in horses. **Journal of Animal Science**, v.59, n.5., p.1354-1361, 1984.

RALSTON, S.L. Feeding behavior. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v.2, n.3, p.609-621, 1986.

RALSTON, S.L. Insulin and glucose regulation. **Veterinary Clinics of North American Equine Practice**, v.18, n.2, p. 295-304, 2002.

RIBEIRO JÚNIOR, G.O.; GONÇALVES, L.C.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PÔSSAS, F.P.; MAURÍCIO, R.M. **Capítulo 5: O milho como opção para gado de leite.** In: GONÇALVES, L.C.; BORGES, I.; FERREIRA, P.D.S. Alimentos para gado de leite. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009, p.65-87.

RIBEIRO, K.G.; PEREIRA, O.G.; GARCIA, R. Rendimento forrageiro e valor nutritivo do capim tifton 85, em três frequências de corte, sob diferentes doses de nitrogênio. In: 35ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p.542-544.

ROKEY, G.J.; PLATTNER, B.; SOUZA, E.M. Feed extrusion process description. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.510-518, 2010 (suplemento especial).

ROSENFELD, I.; AUSTBØ, D. Digestion of cereals in the equine gastrointestinal tract measured by the mobile bag technique on caecally cannulated horses. **Animal Feed Science and Technology**, v.150, n.3, p.249-258, 2009.

SANTOS, E.A.; SILVA, D.S.; QUEIROZ FILHO, J.L. Aspectos produtivos do capim-Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) cv. Roxo no brejo Paraibano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.1, p.31-36, 2001.

SCHURG, W.A.; FREI, D.L.; CHEEKE, P.R.; HOLTAN, D.W. Utilization of whole corn plant pellets by horses and rabbits. **Journal of Animal Science**, v.45, n.6, p.1317-1321, 1977.

SCHURG, W.A.; PULSE, R.E.; HOLTAN, D.W. Use of various quantities and forms of rye grass straw in horse diets. **Journal of Animal Science**, v.47, n.5, p.1287-1291, 1978.

SCHWARTZ, M.W.; DALLMAN, M.F.; WOODS, S.C. Hypothalamic response to starvation: implications for the study of wasting disorders. **American Journal of Physiology**, n.269, p.R949-957, 1995.

SCOTT, B.D.; POTTER, G.D.; GREENE, L.W.; VOGELSANG, M.M.; ANDERSON, J.G. Efficacy of a fat-supplemented diet to reduce thermal stress in exercising thoroughbred horses In: 13th EQUINE NUTRITION PHYSIOLOGY SYMPOSIUM. **Proceedings...** 1993, p.66.

Sistema Especial de Liquidação e Custódia (SELIC), 2016. Disponível em: <http://www.portalbrasil.net/indices_selic.htm> Acesso em: dez. 2016.

SHINNERS, K.J.; BINVERSIE, B.N.; MUCK, R.E.; WEIMER, P.J. Comparison of wet and dry corn stover harvest and storage. **Biomass and Bioenergy**, v.31, p.211–221, 2007.

SINDIRAÇÕES. **Boletim informativo do setor**. Dezembro, 2016. Disponível em: <<http://sindiracoes.org.br/produtos-e-servicos/boletim-informativo-do-setor/>> Acesso em Jan. 2017.

SKOCH, E.R.; BEHNKE, K.C.; DEYOE, C.W.; BINDER, S.F. The effect of steam-conditioning rate on the pelleting process. **Animal Feed Science and Technology**, v.6, n.1, p.83-90. 1981.

SMYTH, G.B.; YOUNG, D.W.; HAMMOND, L.S. Effects of diet and feeding on postprandial serum gastrin and insulin concentrations in adult horses. **Equine Veterinary Journal**, v.21, n.57, p.56–59, 1989.

SOROKIN, S.V. The preparation of mixed feed cakes. In: THE CENTRAL SCIENTIFIC RESEARCH LABORATORY AND MIXED FEED INDUSTRY, n.14, 1936, Pushkin. Zootechnical Laboratory (**Anais...**), Pushkin, 1936.

SPOSITO, A.C.; CARAMELLI, B.; FONSECA, F.A.H.; BERTOLAMI, M.C. 4ª Diretriz Brasileira sobre Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose: Departamento de Aterosclerose da Sociedade Brasileira de Cardiologia. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, v.88, suplemento 1, p.2-19, 2007.

STULL, C.L.; RODIEK, A.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.

SWENSON, M.J.; REECE, W.O. **Dukes – Fisiologia dos animais domésticos**. Guanabara Koogan: Cornell University, 1993. 856p.

THEANDER, O. Sugars in thermal processes. In: KOIVISTOINEN, P.; HYVONEN, I. (Ed.). **Carbohydrate Sweeteners**. New York: Academic Press, 1980, p.185-199.

THOMAS, M.; VON DER POEL, A.F.B. Physical quality of pelleted animal feed: 1. Criteria for pellet quality. **Animal Feed Science Technology**, v.61, n.1-4, p.89-112, 1996.

THOMAS, M.; ZUILICHEM, D.J. VAN; VAN DER POEL, A.F.B. Physical quality of pelleted animal feed: 2. Contribution of processes and its conditions. **Animal Feed Science Technology**, v.64, n.2-4, p.173-192, 1997.

THOMAS, M.; VAN VLIET, T.; VAN DER POEL, A.F.B. Physical quality of pelleted animal feed: 3. Contribution of feedstuff components. **Animal Feed Science Technology**, v.70, n.1-2, p.59-78, 1998.

VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, F.F.; ROCHA JUNIOR, V.R.; CAPPELLE, E.R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. In: II SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2000, Viçosa: UFV, **Anais...** 2000, p. 291-358.

VAN DIJK, S.; WENSING, T. Comparison of the lipoprotein pattern of the horse, the pony and the lactating and non-lactating cow obtained by a combination of an ultracentrifugation and a precipitation technique. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry**, v.94, n.4, p.735-738, 1989.

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

VAN SOEST, P.J.; MASON, V.C. The influence of the Maillard reaction upon the nutritive value of fibrous feeds. **Animal Feed Science Technology**, v.32, p.45-53, 1991.

VERVUERT, I.; COENEN, M.; BOTHE, C. Effects of corn processing on the glycaemic and insulinaemic responses in horses. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.88, n.9-10, p.348-355, 2004.

VERVUERT, I.; COENEN, M. **The glycemic and insulinemic index in horses**. In: PAGAN, J.D. (Ed). **Advances in Equine Nutrition III**. Nottingham, UK: University Press. 2005. Nottingham, UK, 2005. p. 55-64.

VICK, M.M; ADAMS, A.A.; MURPHY, B.A.; SESSIONS, D.R.; HOROHOV, D.W.; COOK, R.F.; SHELTON, B.J.; FITZGERALD, B.P. Relationships among inflammatory cytokines, obesity, and insulin sensitivity in the horse. **Journal of Animal Science**, v.85, p.1144-1155, 2007.

VIRKAMAKI, A.; YKI-JARVINEN, H. Mechanisms of insulin resistance during acute

endotoxemia. **Endocrinology**, v.134, n.5, p.2072-2078, 1994.

WATSON T.D.G. **Lipoprotein Metabolism in the Horse**. 1991. Ph.D. (Thesys), University of Glasgow, UK, 1991.

WATSON, T.D.G.; BURNS, L.; LOVE, S.; PACKARD, C.J.; SHEPHERD, J. The isolation, characterization and quantification of the equine plasma lipoproteins. **Equine Veterinary Journal**, v.23, n. 5, p.353-359, 1991.

WATSON, T.D.G.; PACKARD, C.J.; SHEPHERD, J. Plasma lipid transport in the horse (*Equus caballus*): Mini review. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B**, v.106, n.1, p.27-34, Setembro, 1993a.

WATSON, T.D.G.; BURNS, L.; PACKARD, C. J.; SHEPHERD, J. The effects of pregnancy and lactation on plasma lipid and lipoprotein concentrations, lipoprotein composition, and post-heparin lipase activities in Shetland pony mares. **Journal of Reproduction and Fertility**, v.97, p.563-568, 1993b.

WEEREN, F.R.; MUIR, W.W. Clinical aspects of septic shock and comprehensive approaches to treatment in dogs and cats. **Journal of American Veterinary Medical Association**, v.200, n.12, p.1859-1870, 1992.

WEIL, M.H.; VON PLANTA, M.; RACKOW, E.C. Acute circulatory failure (shock). In: BRAUNWALD, E. **A Textbook of cardiovascular medicine**. 3 ed. Philadelphia: Saunders, 1988, p.561-577.

WEYENBERG, S.V.; BUYSE, J.; JANSSENS, G.P.J. Digestibility of a complete ration in horses fed once or three times a day and correlation with key blood parameters. **The Veterinary Journal**, v.173, n.2, p.311-316, 2007.

WILHELM, W.W.; JOHNSON, J.M.F; LIGHTLE, D.T.; KARLEN, D.L.; NOVAK, J.M.; BARBOUR, N.W.; LAIRD, D.A.; BAKER, J.; OCHSNER, T.E.; HALVORSON, A.D.; ARCHER, D.W.; ARRIAGA, F. Vertical Distribution of Corn Stover Dry Mass Grown at Several US Locations. **BioEnergy Research**, v.4, p.11–21, 2011.

WILLARD, J.G.; WILLARD, J.C.; WOLFRAM, S.A.; BAKER, J.P. Effect of diet on cecal pH and feeding behavior of horses. **Journal of Animal Science**, v.45, n.1, 1977.

WILLIAMS, C.A.; KRONFELD, D.S.; STANIAR, W.B.; HARRIS, P.A. Plasma glucose

and insulin responses of Thoroughbred mares fed a meal high in starch and sugar or fat and fiber. **Journal of Animal Science**, v.79, n.8, p.2196-201, 2001.

WITEK-JANUSEK, L.; YELICH, M.R. Role of the cortex and medulla in the young rat's glucoregulatory response to endotoxin. **Shock**, v.3, n.6, p.434-439, 1995.

WOLTER, R. **Alimentación del caballo**. Zaragoza: Acribia, 1972. 172p.

XAVIER, H.T.; IZAR, M.C.; FARIA NETO, J.R.; ASSAD, M.H.; ROCHA, V.Z.; SPOSITO, A.C.; FONSECA, F.A.; SANTOS, J.E.; SANTOS, R.D.; BERTOLAMI, M.C.; FALUDI, A.A.; MARTINEZ, T.L.R.; DIAMENT, J.; GUIMARÃES, A.; FORTI, N.A.; MORIGUCHI, E.; CHAGAS, A.C.P.; COELHO, O.R.; RAMIRES, J.A.F. 5ª Diretriz Brasileira de Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose da Sociedade Brasileira de Cardiologia. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, v.101, n.4, suplemento 1, 2013.

YELICH, M.R., FILKINS, J.P. Insulin hypersecretion and potentiation of endotoxin shock in the rat. **Circulatory Shock**, v.9, p.589-603, 1982.

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, p.7-19, 2004.

ZOPOLLATTO, M.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; RIBEIRO, J.L.; SARTURI, J.O.; MOURÃO, G.B. Relações biométricas entre o estágio de maturação e a produtividade de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.2, p.256-264, 2009.

APÊNDICE A - Animais utilizados durante o experimento

Fonte: FELTRE (2017)

Fonte: FELTRE (2017)

APÊNDICE B - Hemograma dos animais no início e ao final das fases.

Início														
Animais/Parâm ^a	WBC (x10 ³ /μL)	Lymph# (x10 ³ /μL)	Mon# (x10 ³ /μL)	Gran# (x10 ³ /μL)	Lymph (%)	Mon (%)	Gran (%)	RBC (x10 ⁶ /μL)	HGB (g/dL)	HCT (%)	MCV (fL)	MCH (pg)	MCHC (g/dL)	PLT (x10 ³ /μL)
Dunga	10,2	4,8	0,5	4,9	47,7	4,5	47,9	8,70	14,0	43,6	50,1	16,1	32,2	198,8
Dengoso	12,6	5,4	0,6	6,6	43,0	4,8	52,3	7,22	12,4	39,2	54,3	17,2	31,8	199,0
Feliz	10,8	5,2	0,5	5,1	47,9	5,1	47,1	8,26	13,5	42,8	51,8	16,3	31,5	191,0
Zangado	11,8	6,5	0,4	4,9	55,2	3,8	41,0	7,53	12,2	39,0	51,9	16,2	31,2	222,3
Atchim	10,7	5,3	0,5	5,0	49,3	4,3	46,5	9,42	15,2	47,9	50,8	16,1	31,7	209,0
Branco	11,3	4,8	0,5	6,0	42,1	4,7	53,2	7,60	12,3	38,4	50,6	16,1	31,9	211,3
Soneca	7,3	2,9	0,3	4,1	40,2	5,0	54,8	6,52	10,5	33,7	51,7	16,1	31,2	220,3
Mestre	11,1	5,3	0,6	5,3	48,1	5,1	46,9	7,03	12,3	39,2	55,8	17,5	31,4	196,3
Final														
Animais/Parâm ^a	WBC (x10 ³ /μL)	Lymph# (x10 ³ /μL)	Mon# (x10 ³ /μL)	Gran# (x10 ³ /μL)	Lymph (%)	Mon (%)	Gran (%)	RBC (x10 ⁶ /μL)	HGB (g/dL)	HCT (%)	MCV (fL)	MCH (pg)	MCHC (g/dL)	PLT (x10 ³ /μL)
Dunga	7,4	3,8	0,3	3,3	51,1	4,2	44,8	6,93	10,9	34,4	49,7	15,7	31,7	172,0
Dengoso	9,8	4,8	0,4	4,6	48,5	4,4	47,2	6,89	11,8	37,0	54,0	17,2	31,9	183,5
Feliz	10,2	5,3	0,5	4,5	52,2	4,8	43,1	8,34	13,6	42,7	51,3	16,2	31,7	167,5
Zangado	11,0	6,7	0,3	4,0	60,5	2,9	36,6	6,82	11,2	35,3	51,8	16,3	31,6	199,0
Atchim	11,6	5,5	0,5	5,7	47,7	4,1	48,3	8,22	12,8	40,7	49,5	15,5	31,4	162,0
Branco	8,5	4,0	0,3	4,2	46,8	4,3	48,9	6,92	11,0	34,2	49,4	15,8	32,1	191,0
Soneca	6,5	2,9	0,3	3,4	43,8	4,4	51,9	6,18	9,7	31,4	51,0	15,6	30,7	176,0
Mestre	9,5	5,4	0,4	3,7	56,7	4,0	39,3	6,25	10,9	34,3	54,9	17,3	31,7	193,0

Fonte: FELTRE (2017)

^aParâmetros médios obtidos das quatro fases experimentais;

WBC=Células Brancas (ou leucócitos); Lymph=Linfócitos; Mon=Monócitos; Gran=Granulócitos; RBC=Células Vermelhas (ou eritrócito); HGB=Concentração de Hemoglobina; HCT=Hematócrito; MCV=Volume Corpuscular Médio; MCH=Hemoglobina Globular Média; MCHC=Concentração de Hemoglobina Globular Média; PLT=Plaquetas.