

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
RENATA VITARELE GIMENES PEREIRA**

**Digestibilidade e consumo de equinos
em treinamento e criados a pasto**

**BELO HORIZONTE – MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA – UFMG
2010**

RENATA VITARELE GIMENES PEREIRA

**Digestibilidade e consumo de equinos
em treinamento e criados a pasto**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia, sob orientação da Profa. Dra. Adalgiza Souza Carneiro de Rezende

BANCA EXAMINADORA

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas oportunidades, ensinamentos e por cuidar de mim.

À minha família que sempre me apoiou e por toda paciência que tiveram comigo em todos os momentos.

Ao Wellyngton (Xú, Danado) pela paciência, ensinamentos, companheirismo e ajuda em todas as etapas deste trabalho.

À família do Sr. João Carlos Penna de Araújo Moreira, pelo apoio dado para realização desse trabalho e em especial ao Dalton Colares por disponibilizarem a fazenda, os animais, os funcionários, a hospedagem e a paciência.

Aos funcionários da fazenda Santa Helena que muito colaboraram na realização da etapa experimental, em especial aos amigos Edilson e Silvan. À Danielly, Camila e Dela pela companhia. Todos foram fundamentais!

À professora Adalgiza e professora Eloísa pelas orientações.

Ao amigo Vinicius pela ajuda, orientação, paciência e amizade.

À amiga Helena por estar sempre presente e me incentivar.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG, Toninho, Kelly, Marcos, Margot, Odorica e Carlos, pela ajuda nas análises laboratoriais e pela agradável companhia.

Ao Professor Ivan e ao Guilherme pelo auxílio na realização das análises estatísticas.

Às éguas do experimento por tudo que me ensinaram e ajudaram: Quixadá, Trova, Tigra, Rapsodia, Toscana, Tailândia e segóvia.

Ao CNPq pela bolsa de estudo.

Agradeço a todos aqueles que me ajudaram de alguma maneira a realizar este trabalho!!!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	6
LISTA DE ABREVIATURAS	7
RESUMO	8
ABSTRACT	9
INTRODUÇÃO GERAL	10
CAPÍTULO I - REVISÃO DE LITERATURA.....	12
1.1 A equinocultura no Brasil	12
1.2 Fisiologia digestiva equina	12
1.3 Consumo de equinos a pasto	14
1.4 Métodos para a determinação do consumo e digestibilidade aparente em equinos	15
1.4.1 Método direto ou da coleta total de fezes	18
1.4.2 Métodos indiretos	19
1.4.2.1 Técnica dos sacos móveis	20
1.4.2.2 Técnica de digestão cecal <i>in situ</i>	21
1.4.2.3 Técnica de digestibilidade <i>in vitro</i>	23
1.4.2.4 Técnica de fermentação <i>in vitro</i> para produção de gás	24
1.4.2.5 Indicadores internos	25
1.4.2.5.1 Ligninas	26
1.4.2.5.2 Fibra em detergente neutro e ácido indigestíveis	28
1.4.2.5.3 Cinza insolúvel em ácido	29
1.4.2.5.4 Cinza insolúvel em detergente ácido e celulose indigestível	30
1.4.2.6 Indicadores externos	31
1.4.2.6.1 Óxido crômico	32
1.4.2.6.2 Lignina Purificada e Enriquecida (LIPE®)	33
1.5. Referências bibliográficas	34
CAPÍTULO II - DETERMINAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE APARENTE COM INDICADORES DE EQUINOS A PASTO	39
2.1 RESUMO	39
2.2 ABSTRACT	40
2.3 INTRODUÇÃO	42
2.4 MATERIAL E MÉTODOS	43
2.4.1 Local	43
2.4.2 Animais	43
2.4.3 Instalações	43
2.4.4 Dieta	43
2.4.5 Tratamentos	44
2.4.6 Procedimento experimental	44
2.4.7 Análises bromatológicas	45
2.4.8 Análise do LIPE®	46
2.4.9 Técnica de digestão cecal <i>in situ</i>	46
2.4.10 Cálculos	47
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
2.6 CONCLUSÕES	56
2.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
CAPÍTULO III - LIPE® E LIGNINA KLASON PARA A ESTIMATIVA DE CONSUMO DE EQUINOS A PASTO	58
3.1 RESUMO	58
3.2 ABSTRACT	59
3.3 INTRODUÇÃO	60
3.4 MATERIAL E MÉTODOS	61
3.4.1 Local	61
3.4.2 Animais	62

3.4.3 Instalações	62
3.4.4 Dieta	62
3.4.5 Tratamentos	63
3.4.6 Procedimento experimental	63
3.4.7 Análises bromatológicas	64
3.4.8 Análise do LIPE®	64
3.4.9 Técnica de digestão cecal <i>in situ</i>	64
3.4.10 Cálculos	65
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
3.6 CONCLUSÕES	72
3.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
ANEXOS	76

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1 - Composição química da dieta em porcentagem de matéria seca	44
Tabela 2 - Composição química da dieta em porcentagem da matéria seca	44
Tabela 3 - Valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), matéria mineral (CDAMM), matéria orgânica (CDAMO), proteína bruta (CDAPB) e do extrato etéreo (CDAEE), estimados pelo indicador externo LIPE®, e indicadores internos lignina Klason, cinzas insolúveis em ácido clorídrico (CIA), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), em porcentagem (%)	50
Tabela 4 - Médias e medianas (valores médios) dos coeficientes de digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro (CDAFDN), fibra em detergente ácido (CDAFDA), hemiceluloses (CDAHEM) e energia (CDAEB), estimados pelo indicador externo LIPE®, e indicadores internos lignina Klason, cinzas insolúveis em ácido clorídrico (CIA), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), em porcentagem (%)	51

CAPÍTULO III

Tabela 1 - Composição química da dieta em porcentagem de matéria seca	62
Tabela 2 - Composição química da dieta em porcentagem da matéria seca	63
Tabela 3 - Estimativa de consumo médio total em kg de matéria seca por dia (kg de MS / dia), em porcentagem do peso vivo (PV%) e gramas por kg de peso metabólico (g /kg PM), por meio do indicador externo LIPE® e pela fórmula de consumo descrita por Saliba (2009), de éguas em exercício moderado e a pasto e suplementadas com concentrado	68
Tabela 4 - Consumo de volumoso estimado pelo LIPE® e pela fórmula de Saliba & Rodriguez (2009) em kg de matéria seca por dia (kg de MS/dia) e em porcentagem do peso vivo por dia (%PV/dia) e o consumo de concentrado mensurado, em kg de matéria seca por dia (kg de MS/dia) e em porcentagem do peso vivo por dia (%PV/dia), de éguas Mangalarga Marchador criadas a pasto e em exercício moderado	70

LISTA DE ANEXOS

Tabela 1-	Consumo total de concentrado dos animais no período experimental	44
Tabela 2-	Peso dos animais (kg).....	44
Tabela 3-	Escore corporal dos animais.....	50
Tabela 4-	Descrição do sistema de escore corporal descrito por Carol e Huntington (1988).....	10
Tabela 5-	Consumo de volumoso estimado pelo LIPE [®] , consumo de concentrado mensurado e consumo total, em kg de matéria seca por dia (kgMS/dia).....	10
Tabela 6-	Consumo de volumoso estimado pela fórmula adaptada por Saliba & Rodriguez (2009) de Dove & Mayes (1991), consumo de concentrado mensurado e consumo total, em kg de matéria seca por dia (kgMS/dia).....	10
Tabela 7-	Ganho de peso médio diário e diferença de peso final e inicial dos animais durante o período experimental	50
Tabela 8-	Produção fecal em kg de matéria seca por dia (kg de MS/dia).....	10

LISTA DE ABREVIATURAS

Ca.....	Cálcio
CDA.....	Coeficiente de Digestibilidade Aparente
CIA.....	Cinza insolúvel em ácido
CIDA.....	Cinza Insolúvel em Detergente ácido
CEL.....	Celulose
CELi.....	Celulose indigestível
EB	Energia Bruta
ED.....	Energia Digestível
EE.....	Extrato Etéreo
FDA	Fibra em Detergente Ácido
FDAi	Fibra em Detergente Ácido indigestível
FDN	Fibra em Detergente Neutro
FDNi	Fibra em Detergente Neutro indigestível
g	Gramas
HCEL	Hemiceluloses
kg	Quilos
LIPE [®]	Lignina purificada e enriquecida
LK	Lignina Klason
Mcal	Megacalorias
MM	Matéria Mineral
MO.....	Matéria Orgânica
MS	Matéria Seca
P	Fósforo
PB	Proteína Bruta
PV.....	Peso Vivo
% PV.....	Porcentagem do Peso Vivo

RESUMO

A equideocultura é um importante ramo da agropecuária e, apesar disso, poucos trabalhos vêm sendo realizados com o objetivo de avaliar o consumo e a digestibilidade dos alimentos destinados a esta espécie. Para o fornecimento de dietas adequadas é necessária a caracterização dos alimentos que as constituem em relação à digestibilidade e ao consumo, pois estes são fatores que refletem a qualidade do alimento afetando diretamente a resposta animal, principalmente na eficiência produtiva. Foram utilizadas sete éguas da Raça Mangalarga Marchador, entre três e cinco anos e com peso médio de 389 kg. Os animais ficaram em condição de pastejo, sendo o volumoso constituído por *Cynodon* sp. Foi estimada a ingestão de matéria seca de 2,5% do peso vivo e a relação concentrado:volumoso de 50:50. O concentrado foi dividido em duas porções diárias. A etapa experimental teve duração de 49 dias e foi dividida em dois períodos, sendo os 42 dias iniciais destinados à adaptação dos animais à dieta, instalações e treinamento, e os últimos sete dias destinados ao fornecimento do indicador e coleta de fezes. O LIPE[®] foi fornecido, diariamente, diretamente na boca de cada animal, por seis dias consecutivos em cápsulas de gelatina de 0,5g e a coleta de fezes foi realizada por cinco dias consecutivos iniciando-se no terceiro dia após o início do seu fornecimento. Os estudos anteriores demonstraram que o LIPE[®] é um indicador confiável para estudos de digestibilidade e, por tanto, foi utilizado neste ensaio como referência na comparação com os indicadores testados. Para a estimativa da digestibilidade aparente utilizou-se os indicadores: LIPE[®], lignina Klason (LK), cinzas insolúveis em ácido clorídrico (CIA), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) e fibra em detergente ácido indigestível (FDAi). O LIPE[®] foi fornecido a todos os animais como indicador externo de estimativa de consumo que também foi estimado pela fórmula de Saliba & Rodriguez (2009). Os valores estimados com o LIPE[®] para os CDAMS, CDAMM, CDAMO, CDAPB, CDAFDN, CDAFDA, CDAHCEL e CDAEB foram de 73,36; 67,22; 96,44; 79,77; 66,13; 66,04; 70,47; 72,03%, e os estimados com a LK foram de 91,63; 59,47; 95,67; 73,40; 55,60; 37,05; 66,00 e 67,20%, respectivamente. A lignina Klason foi adequada para estimar os CDAMM, CDAMO, CDAFDN, CDAFDA, CDAHCEL e CDAEB de equinos a pasto, não sendo indicada para a estimativa do CDAMS e do CDAPB. Já os indicadores CIA, FDNi e FDAi subestimaram os valores de digestibilidade aparente dos nutrientes de equinos a pasto não sendo recomendados para estas condições experimentais. O consumo de matéria seca estimado pelo LIPE[®] foi inferior ($P < 0,05$) ao consumo estimado pela fórmula de Saliba & Rodriguez (2009). O valor do consumo em porcentagem do peso vivo estimado pelo LIPE[®] foi 0,55% acima do recomendado pelo Nutrient... (2007) que é de 2,25% do peso vivo para animais em exercício moderado e, já o valor estimado pela fórmula de Saliba & Rodriguez (2009) foi 0,95% acima. A utilização da LIPE[®] para a determinação do consumo de equinos a pasto fornece resultados semelhantes às recomendações do Nutrient... (2007) apresentando potencial para ser utilizada na determinação do consumo desta espécie em condições de pastejo. A metodologia utilizada para determinação de consumo a partir do uso concomitante da LK e do LIPE[®] necessita de mais estudos.

Palavras-chave: cinza insolúvel em ácido, fibra em detergente ácido indigestível, fibra em detergente neutro indigestível, indicadores, Lignina Klason, LIPE[®], Mangalarga Marchador

ABSTRACT

The livestock of horses in an important branch of agribusiness, and despite that, few studies have been conducted to evaluate feed intake and digestibility of this specie. Adequate diets requires characterization of feeds that constitute then according to digestibility and intake, because these are the main factors that reflect feed quality, affecting directly animal response, especially in productive efficiency. For this study, were used 7 mares Mangalarga Marchador, between three and five years old, with average weight of 389 kg. The animals were in grazing *Cynodon* sp.. Dry matter intake was estimated at 2,5% body weight and roughage: concentrate proportion of 50:50. Concentrate was divided in two daily portions. The experiment took 49 days and was divided in two different periods, with the initial 42 days to adapt the animals to the diet, place and training, and the last seven days to provide the indicator and to collect feces. LIPE[®] was supplied to all animals, daily, directly in the mouth, for six days in a row in 0,5 grams of jelly pills, and feces collection was made for five days in a row, beginning in the third day after supply started. Preview assays showed that LIPE[®] is a trustful indicator for digestibility, therefore it was used in this assay as reference to compare tested indicators. To estimate apparent digestibility it was used the indicators: LIPE[®], Klason lignin (LK), in acid-insoluble ash (AIA), ingestible neutral detergent fiber (iNDF) and ingestible acid detergent fiber (iADF). LIPE[®] was supplied to all animals as an external indicator to estimate intake, which was also estimated by Saliba & Rodriguez's formula (2009). LIPE[®]'s estimated values for DCADM, DCAMM, DCAOM, DCACP, DCANDF, DCAADF, DCAHCEL, and DCAGE were 73,36; 67,22; 96,44; 79,77; 66,13; 66,04; 70,47; 72,03% and LK's estimated values were 91,63; 59,47; 95,67; 73,40; 55,60; 37,05; 66,00 and 67,20% respectively. Klason lignin was appropriated to estimate DCAMM, DCAOM, DCANDF, DCAADF, DCAHCEL DCAGE of grazing horses, and it is not suitable to estimate DCADM and DCACP. The indicators AIA, iNDF and iADF underestimated values of apparent digestibility in grazing equine's nutrients, not being recommended for these experimental conditions. Dry matter intake estimated by LIPE[®] was inferior ($P < 0,05$) than estimated intake by Saliba & Rodriguez's formula (2009). Intake values in percentage of body weight estimated by LIPE[®] was 0,55% higher than recommended by Nutrient... (2007), which is 2,25% of body weight for animals in moderate exercise, and the estimated value by Saliba & Rodriguez's formula was 0,95% higher. LIPE[®]'s utilization to determine grazing equine's intake provides similar Nutrient...(2007) recommendations, presenting potential to be used to determine intake in these specie in grazing conditions. The methodology used to determine intake, associating LK and LIPE[®] needs more studies.

Keywords: acid insoluble ash, indigestible acid detergent fiber, indigestible neutral detergent fiber, markers, Klason lignin, LIPE[®], Mangalarga Marchador

INTRODUÇÃO GERAL

A equinocultura é um importante ramo da agropecuária, sendo atualmente responsável pela geração de 3,2 milhões de empregos diretos e indiretos, e movimentação de 7,3 bilhões de Reais por ano no complexo do agronegócio brasileiro (Lima et al., 2006). Apesar disso, poucos trabalhos vêm sendo realizados com a espécie equina, com o objetivo de avaliar o consumo e a digestibilidade dos alimentos destinados a esta espécie.

Para o fornecimento de dietas adequadas é necessária a caracterização dos alimentos que as constituem (Lanzetta, et al., 2009). No processo de caracterização é importante conhecê-los quanto ao consumo, composição bromatológica e a digestibilidade (Araújo, et al., 2000).

O consumo e a digestibilidade são considerados os principais fatores que refletem a qualidade do alimento, afetando diretamente a resposta animal, principalmente na eficiência produtiva. A digestibilidade dos nutrientes dos alimentos é expressa como a porcentagem do nutriente que desaparece no balanço entre a ingestão e a excreção destes pelas fezes (Van Soest, 1994).

A mensuração do consumo e da digestibilidade dos nutrientes da dieta podem ser feitas por meio do método direto de coleta total de fezes que caracteriza-se por um método preciso e tradicional (Maurício et al., 1996). Apesar da confiabilidade dos dados obtidos através da coleta total de fezes este método é muito trabalhoso e difícil de ser realizado com animais em sistema de pastejo, que consiste no principal tipo de criação brasileira.

Os coeficientes de digestibilidade podem ser avaliados também, por métodos indiretos: *in vitro*, *in situ* (Silva et al., 2009) ou pelo método dos indicadores internos e externos (Saliba, 2005a). Estes métodos auxiliam no balanceamento da dieta a fim de suplementar animais em pastejo de acordo com suas necessidades fisiológicas e consumo de nutrientes presentes nas pastagens, além de serem técnicas mais fáceis e econômicas em relação ao método da coleta total.

A utilização da LIPE[®] como indicador externo de consumo e digestibilidade tem apresentado bons resultados na espécie equina (Lanzetta et al., 2009; Moss, et al., 2008; Moura et al., 2009). Os indicadores internos também podem ser utilizados, não sendo necessário a sua administração na dieta (Araújo et al., 2000), porém apresentam resultados ainda controversos.

Este trabalho foi dividido em três capítulos. O capítulo I apresenta a revisão de literatura, abordando a equinocultura no Brasil, fisiologia digestiva equina, consumo de equinos a pasto e os métodos para a determinação do consumo e digestibilidade aparente em equinos. O capítulo II apresenta a digestibilidade aparente de equinos a pasto por meio de indicadores externo (LIPE[®]) e internos (lignina Klason, cinzas insolúveis em ácido clorídrico, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido). No capítulo III foi descrito o consumo de equinos a pasto estimado pelo LIPE[®] e Lignina Klason.

CAPÍTULO I – REVISÃO DE LITERATURA

1.1. A equinocultura no Brasil

A criação e utilização do cavalo ocupam uma posição de destaque no Brasil. Segundo o censo do IBGE de 2007, a tropa nacional possui em torno de 5.602.053 animais, sendo que Corumbá (MS) é a cidade com o maior número (0,5% do total nacional). Ainda de acordo com o IBGE (2007) o nível regional está sendo liderado pela região Sudeste (25,6%), seguido imediatamente pelo Nordeste, com quase o mesmo percentual. Feira de Santana (BA) e Santana do Livramento (RS), respectivamente, ocupam a segunda e terceira posições no ranking municipal. Apesar do grande rebanho nacional pouco se conhece sobre a situação atual do Agronegócio Cavalo, particularmente a sua contribuição na geração de renda e de postos de trabalho.

O Estudo do Complexo do Agronegócio Cavalo, realizado pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq), a pedido da Comissão Nacional do Cavalo da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA, em 2006, mostrou ter o Brasil o terceiro maior rebanho equino do mundo, com 5,9 milhões de animais, ficando abaixo somente de China (7,9 milhões) e do México (6,3 milhões).

Ainda de acordo com este estudo, o Agronegócio Cavalo propicia uma movimentação de R\$ 7,3 bilhões por ano, gerando 640 mil empregos diretos e 3,2 milhões se forem incluídos os empregos indiretos. Em relação à exportação de carne equina, o Brasil é o quinto maior exportador do mundo, gerando uma receita de US\$ 34 milhões em 2005. (Lima, 2006).

No estudo realizado por Lima (2006) foram enumerados cerca de sessenta pontos de estrangulamento que impedem o desenvolvimento do setor e, dentre eles, o autor destacou que alguns dos principais entraves para o desenvolvimento da equinocultura no Brasil é a baixa qualidade e escassez no sistema de educação e pesquisas relacionados à equinocultura.

1.2. Fisiologia digestiva equina

O processo digestivo do cavalo se inicia com a apreensão do alimento. As pastagens são apreendidas e arrancadas com os dentes. Na apreensão ocorre auxílio dos lábios, os quais são extremamente móveis. A boca contém os dentes, a língua e as glândulas salivares. Nela, o alimento é triturado mecanicamente pelos dentes e sofre insalivação para torná-lo mais brando e lubrificado, prevenindo que fique alojado no esôfago (Equine..., 1992; Jackson, 1998).

Dacre (2006) afirmou que os equinos que se alimentam exclusivamente de volumoso passam mais tempo mastigando do que aqueles que se alimentam com uma dieta rica em concentrado. Portanto, um animal que consuma uma baixa quantidade de volumoso, ou seja, tenha uma baixa relação em sua dieta de volumoso/concentrado produzirá quantidades insuficientes de saliva, obtendo uma menor capacidade tamponante da ingesta.

Equinos são herbívoros que pastejam durante 10 a 12 horas/dia, por períodos de duas a três horas (Lawrence, 2000). Períodos de pastejo são separados por períodos de descanso, locomoção e de atividade social. Entretanto, a duração e frequência dos turnos de pastejo são influenciadas pela qualidade das forragens disponíveis e por fatores climáticos.

Os equinos são monogástricos que possuem estômago muito pequeno em relação ao seu porte e ceco e cólon funcionais. O estômago possui rápida taxa de passagem e, sua motilidade está intimamente ligada com a ingestão de alimentos (Ruckebusch, 1984). Diferentemente dos ruminantes, os equinos não possuem o orifício retículo-omasal que seleciona e retém grandes partículas de forragem. Deste modo, os equinos podem ingerir grandes quantidades de forragem rica em parede celular. O trânsito da digesta nos equinos é mais rápido do que nos ruminantes (Miraglia et al., 1992). Entretanto, o ceco e a flexura pélvica separam o cólon ventral e dorsal, respectivamente, regulando e diminuindo o movimento do conteúdo digestivo em direção aboral (Ruckebusch, 1984).

Este efeito é necessário para tornar a digestão da parede celular mais lenta e particularmente responsável por diminuir o consumo de forragem. Embora, obviamente menos do que em ruminantes, este efeito é visto como um controle físico do apetite em equinos (Dulphy et al., 1997).

Ao contrário do que ocorre em ruminantes, a digestão no estômago e intestino delgado dos equinos é anterior à fermentação microbiana, e por este motivo os equinos são capazes de utilizar nutrientes essenciais presentes na dieta, como por exemplo, os aminoácidos, antes da ação de microorganismos anaeróbicos. (Tisserand, 1988). Portanto, existe grande diferença entre a digesta que entra no intestino grosso dos equinos e a que entra no rúmen dos bovinos, demonstrando o importante aproveitamento dos nutrientes no intestino delgado dos equinos (Frape, 1998).

Em relação aos demais monogástricos, os equinos diferenciam-se por apresentarem grande população de bactérias no intestino grosso o que possibilita o aproveitamento dos carboidratos estruturais que constituem a parede celular das forrageiras. Os produtos deste aproveitamento são, principalmente, os ácidos graxos voláteis que são absorvidos e utilizados como suprimento de energia para estes animais (Wolter, 1972; Meyer, 1995).

1.3. Consumo de equinos a pasto

O consumo do alimento volumoso, rico em carboidratos estruturais é essencial para a espécie equina pois, a fibra promove o funcionamento normal do trato digestivo (Hintz et al., 1989; Moore-Colyer et al., 2003) e dietas pobres em fibra afetam diretamente o pH no ceco-cólon, influenciando negativamente na população microbiana (Frape & Boxall, 1974).

De acordo com o Nutrient... (2007), os equinos são animais preferencialmente pastejadores, sendo que o valor nutritivo das pastagens para estes animais está relacionado com o consumo, composição bromatológica e digestibilidade das forrageiras.

São escassas as informações sobre o consumo de animais em pastejo, principalmente devido à dificuldade de mensuração. De acordo com o Nutrient... (2007), a estimativa de consumo de matéria seca de animais a pasto varia de 1,5 a 3,1% do peso vivo. As médias diárias de ingestão de matéria seca são mais altas para éguas em lactação, com médias de consumo de 2,8%, e para demais categorias com médias de 2% do peso vivo.

Contudo, o Nutrient ... (2007) relata dados de trabalhos realizados em países de clima temperado e que, portanto apresentam gramíneas temperadas com valor nutricional superior às gramíneas tropicais. Dessa forma, o consumo de animais criados a pasto em clima tropical pode apresentar-se diferenciado do consumo relatado pelos dados do Nutrient... (2007).

Friend & Nash (2000) estimaram o consumo de potros desmamados em pastagens temperadas da Austrália com alta e moderada adubação em quatro épocas diferentes (maio, agosto, outubro e novembro) e com duas taxas de lotação (1 equino/0,75ha e 1 equino/1,25ha) por meio dos n-alcanos. Estes autores observaram que o consumo do grupo com baixa lotação e em pastagens adubadas foi maior em outubro, seguido do consumo em agosto, novembro e maio. As estimativas do consumo de agosto e outubro foram de 100g de matéria orgânica por quilo de peso vivo, o que pareceu ser anormalmente elevado, pois foram muito maiores do que o sugerido pelo Nutrient... (1989). As pastagens de azevém moderadamente adubadas e com baixa taxa de lotação resultaram em pastagem de qualidade, com aumento da ingestão no início de outubro e com rápido declínio da sua qualidade ao final da primavera, o que restringiu o consumo. Nas pastagens muito adubadas, a menor taxa de lotação pareceu aumentar a ingestão no final de agosto até outubro (inverno até a primavera). Os autores concluíram que quando bem geridas as pastagens temperadas, muito ou moderadamente adubadas e em moderadas taxas de lotação, podem satisfazer as exigências nutricionais de equinos em crescimento em grande parte ao ano. Também afirmaram que os fatores que influenciam o consumo de pastagem pelos equinos necessitam de quantificação, a fim de prever com precisão o consumo de pastagem de equinos em qualquer situação.

Dessa maneira, as necessidades de consumo para os equinos podem variar de acordo com as funções de manutenção dos processos metabólicos e de produção (gestação, lactação e trabalho), e são influenciadas por fatores diversos como: raça, taxa de crescimento, produtividade,

treinamento, desempenho, idade, qualidade dos alimentos volumosos, condição ambiental e outros fatores.

1.4. Métodos para a determinação do consumo e digestibilidade aparente em equinos

A mensuração do consumo e digestibilidade dos nutrientes da dieta podem ser feitos por meio de indicadores que permitem individualizar o consumo, mesmo em sistemas nos quais os animais tenham acesso à mesma fonte de alimento, como os sistemas em pastejo (Saliba, 2005a). Devido à variação individual dos animais deve-se conhecer o consumo individual dos alimentos em detrimento de valores do consumo médio. A correta estimativa do consumo permite um melhor balanceamento das dietas de acordo com as exigências das diferentes categorias. Dessa forma, será possível um desempenho animal semelhante ao esperado, além de possibilitar uma alimentação econômica e nutricionalmente adequada.

O consumo de animais a pasto pode ser estimado através da produção fecal dividida pela digestibilidade aparente (Lippeck, 2002), de acordo com a equação descrita a seguir:

$$\text{Consumo (kg de MS / dia)} = \frac{\text{Produção fecal (kg de MS/dia)}}{(1 - \text{Digestibilidade aparente})} \quad \text{(Equação 1)}$$

A produção fecal de animais a pasto pode ser medida através de indicadores externos, como no caso do LIPE[®] através da fórmula abaixo, descrita por Saliba (2005b):

$$\text{PF (kg)} = \frac{\text{LIPE}^{\text{®}} \text{ fornecido (g)}}{(\text{Ai} / \text{MS fecal})} \times 100 \quad \text{(Equação 2)}$$

Onde PF = Produção fecal;

Ai = Relação logarítmica das intensidades de absorção das bandas dos comprimentos de onda a 1050 cm⁻¹ / 1650 cm⁻¹;

MS = matéria seca;

O Ai foi calculado através da fórmula: $Ai = A_{1050} / A_{1650}$ Sendo que: $A = \log \frac{I_0}{I}$

Onde, $I_0 >$ intensidade e $I <$ intensidade.

A digestibilidade da matéria seca pode ser determinada pelo método *in situ*, em que as perdas dos nutrientes após as incubações cecais *in situ* serão expressas como coeficientes de digestibilidade *in situ* da MS (DISMS), determinados pelo resíduo de cada saco, dos alimentos volumoso e concentrado, de acordo com a fórmula descrita por Moore-Colyer et al. (2002):

$$\text{DISMS (\%)} = \frac{(I \times \text{MS alimento}) - (F \times \text{MS resíduo})}{(I \times \text{MS Alimento})} \quad \text{(Equação 3)}$$

Onde:

I = quantidade de alimento (g) inserido em cada saco;

F = quantidade de resíduo (g)

MS = teor de matéria seca do alimento e do resíduo determinada a 105°C (Association..., 1995).

A digestibilidade também pode ser determinada com a utilização de indicadores internos, em que o cálculo da digestibilidade pode ser feito como descrito por Lippeke (2002):

$$\text{Digestibilidade} = 100 - 100 \frac{(\% \text{ indicador no alimento}) \times (\text{nutriente nas fezes (g)})}{(\% \text{ indicador nas fezes}) \quad (\% \text{ nutriente no alimento})}$$

(Equação 4)

Contudo, quando os animais são mantidos confinados em baias e tanto a produção fecal quanto o consumo são conhecidos, o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) do nutriente será obtido através da seguinte fórmula descrita por Pond et al. (1995):

$$\text{CDA (\%)} = \frac{(\text{Nutriente consumido (g)} - \text{Nutriente nas fezes(g)})}{\text{Nutriente consumido (g)}} \times 100$$

(Equação 5)

A determinação da digestibilidade dos nutrientes de um alimento é de grande importância para descrever seu valor nutritivo (Araújo et al., 2000). A digestibilidade é a fração do alimento consumido que não é recuperada nas fezes, sendo expressa em porcentagem, e a partir da qual se determina os coeficientes de digestibilidade dos diversos nutrientes da dieta (Andrighetto et al., 1982).

A partir do conhecimento dos dados de digestibilidade dos alimentos é possível a escolha de alimentos mais digestíveis e o ajuste da dieta de forma mais adequada, pois quanto maior a digestibilidade dos nutrientes do alimento, maior será a quantidade de nutrientes disponíveis para os estados de manutenção, crescimento, reprodução e trabalho (Rezende, et al., 1998).

Van Soest (1994) definiu como digestibilidade aparente o balanço entre o nutriente do alimento menos o nutriente encontrado nas fezes, sendo que, nas fezes estão presentes também produtos metabólicos como bactérias e resíduos endógenos do metabolismo animal. A digestibilidade verdadeira é a diferença entre o nutriente da dieta e seus resíduos indigestíveis, isto é, livre de produtos metabólicos. Dessa forma, o coeficiente de digestibilidade verdadeira é sempre maior que o coeficiente de digestibilidade aparente, pois este contém um valor de perda metabólica incluído no valor das fezes (Van Soest, 1994).

Para que as investigações ligadas à nutrição tenham boa credibilidade, a escolha do método para avaliação do aproveitamento dos nutrientes da dieta é de fundamental importância. Para mensuração da digestibilidade aparente dos nutrientes da dieta tem-se utilizado o método de coleta total de fezes que é considerado tradicional, mas muito trabalhoso. Já os indicadores, sejam eles internos ou externos, são pouco trabalhosos e podem ser utilizados nos cálculos de estimativa dos coeficientes de digestibilidade (Saliba, 2005a). Também podem ser utilizadas a técnica dos sacos de náilon móveis, a técnica de digestão cecal *in situ* (Silva et al., 2009), a digestibilidade *in vitro* (Pereira et al., 1995) e a técnica de fermentação *in vitro* para produção de gás (Macheboeuf, et al., 1997).

1.4.1. Método direto ou da coleta total de fezes

A técnica de coleta total de fezes ou método direto é conhecida como a mais tradicional, exata e confiável técnica para determinar a produção fecal e o coeficiente de digestibilidade dos nutrientes das dietas para equinos (Maurício et al., 1996).

Este método requer controle rigoroso da ingestão e excreção dos animais, o que o torna trabalhoso devido à grande quantidade de fezes produzida pelos equinos. Além disso, a coleta total de fezes é utilizada para estimar a digestibilidade do alimento de animais que estejam em gaiolas metabólicas ou em baias. Contudo, o confinamento em baias não condiz com o tipo de criação brasileira, que tem a maior parte do seu rebanho criado a pasto. A utilização das gaiolas metabólicas, além de exigirem o confinamento dos animais, podem influenciar no comportamento ingestivo destes e segundo Le Du & Penning (1982), uma metodologia ideal para estimar consumo de matéria seca deve

influenciar minimamente o comportamento animal, evitando quedas no consumo e, conseqüentemente no desempenho.

A coleta total de fezes de animais a pasto pode ser realizada através do uso de bolsas coletoras, porém esta técnica apresenta a desvantagem de ser difícil a utilização em fêmeas devido à contaminação das fezes com urina, além de possíveis perdas de fezes e, prováveis alterações no consumo (Le Du & Penning, 1982).

Apesar a exatidão dos dados obtidos através da coleta total de fezes, muitas vezes, devido à dificuldade de realização deste método, opta-se por métodos menos precisos, porém de mais fácil execução. Estes outros métodos de avaliação de digestibilidade são nomeados de métodos indiretos (*in situ*, *in vitro*, e indicadores), os quais apresentam certas facilidades de execução sobre o método da coleta total de fezes. Estes métodos além da simplicidade e conveniência de utilização podem proporcionar uma série de informações, como a quantidade ingerida de alimentos ou nutrientes específicos, a taxa de passagem da digesta por todo o trato digestório e a digestibilidade de todo alimento ou nutrientes específicos (Berchielli et al., 2000).

1.4.2. Métodos indiretos

Os indicadores são compostos de referência usados para monitorar aspectos físicos, como taxa de passagem, e aspectos químicos, como hidrólise e síntese, promovendo estimativas qualitativas ou quantitativas da fisiologia animal (Saliba, 1998). Os indicadores também são denominados como marcadores, traçadores, substâncias de referência ou substâncias indicadoras. Estes indicadores podem ser internos, quando inerentes ou contidos no alimento, ou externos, quando adicionados à dieta (Rodríguez, et al., 2006).

A adoção de indicadores internos ou externos é justificada por facilitar a coleta de amostras de fezes em pequenas proporções, não necessitando do manuseio de grande quantidade de material fecal como na coleta total (Rodríguez, et al., 2006).

As propriedades ideais buscadas nos indicadores são: ser inerte, não tóxico, não ter função fisiológica, ser completamente recuperado nas fezes, poder ser processado com o alimento, ter tamanho apreciável, permanecer uniformemente distribuído na digesta, não ter influência sobre a motilidade e secreções intestinais ou sobre a microbiota intestinal, possuir um método específico e sensível de determinação e não influenciar nos processos digestivos (Saliba, 2005a).

No entanto, os métodos com indicadores fecais internos ou externos apresentam algumas desvantagens como a dificuldade de determinação pelos métodos laboratoriais utilizados na rotina; interferências com os componentes da dieta; variado índice de recuperação nas fezes e um período longo de adaptação ou estabilização da excreção do indicador (Cochran, 1986).

Como indicadores internos mais utilizados em equinos podem-se citar as ligninas, cinza insolúvel em ácido, cinza insolúvel em detergente ácido, a celulose indigestível e a fibra em detergente neutro e ácido indigestíveis (Araújo, et al., 2000ab ; Oliveira, et al., 2003; Miraglia, et al., 1999; Stein, et al., 2006) . Já em relação aos indicadores externos, Maurício et al. (1996) citaram o óxido crômico e, mais recentemente, Lanzetta, et al. (2009) validaram a LIPE[®] para utilização na espécie equina. Sendo que a metodologia da LIPE[®] supera os erros obtidos nas análises gravimétricas que são realizadas quando se utiliza indicadores internos. Isto porque a análise da LIPE[®] é feita por meio de espectroscopia no infravermelho.

Além da utilização dos indicadores também se pode avaliar a digestibilidade dos nutrientes *in vivo* e *in vitro*. As técnicas dos sacos móveis e da digestão cecal *in situ* são métodos *in vivo* que também podem ser utilizados para a estimativa da digestibilidade em equinos (Hyslop, 2006). Segundo Cochran et al. (1986) na técnica de digestibilidade *in vitro* é difícil reproduzir as condições *in vivo*, pois a digestibilidade é influenciada por efeitos associativos, como por exemplo, o nível de consumo, taxa de passagem e por interações destes fatores. Entretanto esta técnica tem sido utilizada com sucesso para estimativa do valor nutritivo dos alimentos para equinos (Applegate & Hershberger, 1969).

1.4.2.1 Técnicas dos sacos móveis

A técnica dos sacos móveis é um método *in situ* que consiste na utilização de pequena quantidade de alimento em sacos de náilon, de tamanho de 3,5 x 6,5 cm, que são inseridos no trato digestivo através de uma cânula ou diretamente no estômago através de sonda nasogástrica, permitindo que os sacos atravessem todo o trato digestivo e sejam depois recuperados nas fezes (Hyslop, 2006). Esta técnica foi inicialmente utilizada em suínos (Sauer et al., 1983) e então adaptada para equinos (Araújo et al., 1996a; Silva et al., 2009).

A utilização de sacos de náilon contendo pequenas amostras de alimentos supera as limitações da coleta total de fezes, medindo-se a digestibilidade dos nutrientes de vários alimentos ao mesmo tempo, de forma simples e relativamente rápida (Araújo et al., 1996b).

Araújo et al. (1996b), avaliando a digestibilidade de concentrados e volumosos para equinos, por meio da técnica dos sacos de náilon móveis, obtiveram altas porcentagens de recuperação dos sacos, variando de 78,7 a 92,5% e 75,0 a 90,0% para os alimentos concentrados e volumosos, respectivamente. No entanto, Rosenfeld & Austbø (2008) utilizando sacos de náilon móveis para avaliar a digestibilidade pré-cecal e de todo o trato gastrointestinal, do amido e da proteína, em quatro cavalos canulados no ceco observaram 61% de recuperação dos sacos de náilon nas fezes. Uma alta recuperação dos sacos é importante para o sucesso dessa técnica, pois, com baixa recuperação destes, as análises químicas dos resíduos tornam-se limitadas.

A moagem de amostras é necessária para reduzir a variação nos resultados de digestibilidade e simular a mastigação normal realizada pelos animais (Araújo et al., 1996b). Estes autores em experimento com seis equinos adultos sem raça definida compararam a técnica do saco de náilon móvel com o método de coleta total para determinar a digestibilidade dos nutrientes de alimentos volumosos. Observaram que a técnica do saco de náilon móvel com amostra moída a 1 mm para o capim *coast cross* apresentou coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, energia bruta e hemiceluloses semelhantes aos obtidos pela coleta total. Já para o capim-elefante, a amostra moída a 5 mm foi precisa para estimar a digestibilidade aparente da matéria seca, energia bruta e fibra em detergente neutro. Além disso, afirmaram que a moagem das amostras de feno de capim *coast cross* e capim-elefante a 1 mm proporcionou a maior perda de partículas dos sacos de náilon, após lavagem em água.

Pagan (2001) avaliando a alfafa em dietas de equinos, utilizando a coleta total de fezes, observou digestibilidade de 65,9% e Almeida (1994), em uma revisão de literatura onde compilou os valores obtidos em ensaios de digestão com equinos encontrou o valor de 62,5%. Silva et al. (2009a), concordaram com estes autores quando estimaram a digestibilidade dos nutrientes de diversas forrageiras destinadas aos equinos a partir da técnica de sacos de náilon móveis. Estes autores afirmaram que a estimativa da digestibilidade da matéria seca (MS) pela técnica de sacos móveis foi satisfatória e encontraram 63,5% para a digestibilidade da matéria seca (MS) da alfafa. No entanto, a digestibilidade da fibra da alfafa, amendoim forrageiro, macrotiloma e estilosantes foram respectivamente 47,8; 70,9; 59,4 e 53,5%, valores superiores aos encontrados na literatura. Os autores afirmaram que esta técnica superestimou a digestibilidade, principalmente da fibra em detergente ácido, devido a possíveis perdas de parte desse material pela passagem direta pelos poros dos sacos, principalmente durante a lavagem. Os coeficientes de digestibilidade da MS, e energia bruta do *coast cross* foram de 52,4 e 48,7%, respectivamente, semelhantes aos observados por Almeida et al. (1999), de 49,8 e 47,9%, utilizando a técnica de coleta total de fezes em equinos. Já para a digestibilidade da proteína bruta do *coast cross* (69,8%) os autores suspeitaram que esta técnica pudesse ter superestimado este valor. Os autores concluíram que a técnica dos sacos de náilon móveis estimou satisfatoriamente os coeficientes de digestibilidade da matéria seca e apresentou vantagens experimentais, pois foram avaliados diversos alimentos em um único ensaio, reduzindo o tempo experimental. Porém, afirmaram que é necessária a padronização da técnica principalmente quanto ao grau de moagem e lavagem dos sacos, a fim de não superestimar os coeficientes de digestibilidade.

1.4.2.2 Técnica de digestão cecal *in situ*

A técnica de digestão cecal *in situ* é utilizada para avaliação da digestibilidade de maneira indireta e utiliza pequena quantidade de alimento que é alojado em sacos porosos e incubado no ceco ou no cólon do equino. Estes sacos ficam suspensos através de uma cânula, durante certo período de tempo, até completar o tempo de incubação, quando são removidos (Hyslop, 2006).

Hyslop (2006) também recomendou, para equinos, o uso de mais de uma seqüência de incubação *in situ*, pois os resultados demonstraram que os perfis de degradação são sensíveis à seqüência de incubação, devido provavelmente a variação da característica da digesta cecal.

Os materiais utilizados para a confecção dos sacos já utilizados em experimentações anteriores com ruminantes foram: o poliéster, o náilon e o dacron que são tecidos resistentes ao processo de fermentação e não rompem sua estrutura com as contrações intestinais e podem ser eficientemente vedados à quente (Silva et al., 2009).

O tamanho de poro mais utilizado segundo Huntington & Givens (1995), em pesquisas executadas em várias espécies, variou de 35 a 55 micras. A abertura do poro é uma característica importante no aspecto quantitativo da técnica, pois deve permitir apenas a entrada da microbiota, enzimas microbianas e soluções tamponantes e impedir a saída da amostra não degradada (Huntington & Givens 1995). O ambiente gerado no interior do saco deve se assemelhar ao máximo com o ambiente cecal. Dessa forma, o material degradado e os subprodutos da fermentação serão removidos, o que é possibilitado pela abertura de poro.

O procedimento de moagem das amostras deve seguir os padrões de redução de partícula dos equinos, que por sua vez ocorre durante o processo de mastigação. Úden & Van Soest (1984) investigando o processo de fermentação com o uso de sacos de náilon, utilizaram moagem à 2 mm. Segundo Frape (1998), os equinos geralmente reduzem o tamanho de partícula de feno e volumosos frescos a menos que 1,6mm de comprimento.

Moore-Colyer et al. (2002) utilizando tecido poroso para determinar a degradação de espécies forrageiras em pôneis, reduziram as partículas da amostra em peneira de 2mm, enquanto Macheboeuf et al. (2003) avaliando a técnica de sacos móveis em equinos fistulados no ceco, utilizaram moagem em peneira de 3mm, obtendo tamanho médio de partículas de 1,5mm.

Na identificação mais precisa do tamanho de partícula presente na câmara fermentativa, Pimentel (2006) utilizou equinos fistulados no cólon ventral direito e obteve tamanho médio de partícula de 0,64, 0,61, 0,55 e 0,51mm com dieta exclusiva de feno de *coast cross* inteiro, picado, moído a 5 mm e a 3 mm, respectivamente.

A livre movimentação da amostra por toda a área interna do saco é importante, pois influencia no processo de fermentação, uma vez que após a hidratação da amostra, o saco pode tornar-se repleto impedindo o influxo de agentes digestores. Em equinos, as dimensões utilizadas para a confecção dos sacos para estudos *in situ* segundo Koller et al. (1978) foram de 6,5 x 13cm e, Hyslop (2006), em revisão da literatura corrente sugeriu dimensões dos sacos de 6,5 x 20cm para estudos nesta espécie.

Segundo Koller et al. (1978) utilizando a metodologia *in situ* para comparar digestibilidade entre ruminantes e equinos, observaram que as bactérias do rumem digerem de forma mais eficiente a parede celular das forragens, do que as bactérias do ceco dos equinos quando expostas pelo mesmo período de tempo à ação fermentativa. Estes autores avaliaram a digestibilidade *in situ* de gramíneas em equinos, e observaram melhores resultados quando os alimentos foram expostos a microbiota cecal de equinos alimentados com dieta a base de feno, que animais recebendo com dieta contendo feno e concentrado.

Miraglia et al. (1988) avaliaram a digestibilidade de alimentos para equinos através da digestão cecal *in situ* e a técnica de coleta total de fezes e observaram que os coeficientes de correlação entre as avaliações da coleta total e *in situ* foram significativos para matéria seca e matéria orgânica (MO), mas não para a fibra bruta, concluindo que a técnica *in situ* é interessante para determinar a digestibilidade da MS e MO e que outros estudos são necessários para a estimativa da digestibilidade da fibra bruta.

1.4.2.3 Técnica de digestibilidade *in vitro*

A técnica de fermentação *in vitro* não se destina a considerar a composição química da forragem, mas principalmente estimar sua digestibilidade. E assim, esses resultados servem para classificar nutricionalmente diferentes forragens, pela avaliação dos seus respectivos coeficientes de digestibilidade. De acordo com Silva & Queiroz, (2002) essa técnica apresenta erros, contudo de pequena magnitude. Os procedimentos de estimativa da digestibilidade em sistema *in vitro* são conduzidos conforme protocolos descritos por Tilley & Terry (1963), com um período de 48 horas de fermentação.

Applegate & Herschberger (1969) obtiveram correlações altas e positivas entre os coeficientes de digestibilidade determinados pelo método *in vitro* e pelo método tradicional de coleta total, concluindo que o método de digestão *in vitro* pode ser perfeitamente adaptado aos equinos. Esses autores concluíram que a técnica da digestibilidade *in vitro* mostra estimativas confiáveis na digestibilidade de volumosos para equinos. Mais tarde, Lowman et al. (1999) propuseram que a técnica de digestibilidade *in vitro* usada para ruminantes seja aplicada para prever a digestibilidade aparente de alimentos para equinos.

Silva et al. (2003) avaliaram o uso das fezes de equino e de bovino, obtidas diretamente do reto, como fonte de inóculo alternativo ao líquido ruminal, para determinação da digestibilidade *in vitro* da matéria seca de acordo com a técnica descrita por Tilley e Terry (1963). Foram utilizados sete alimentos: milho moído, triticale moído, casca do grão de soja, silagem do terço superior da rama de mandioca, feno de Alfafa, feno de Tifton 85 e feno de *coast cross*. Os autores concluíram que o inóculo preparado com as fezes apresentou capacidade para degradar os alimentos testados, porém com menor eficiência do que o líquido ruminal.

Apesar dos bons resultados de digestibilidade de nutrientes para equinos obtidos com técnicas utilizadas em bovinos, Abdouli & Bem Attia (2006) propuseram um método *in vitro* sequencial de determinação da digestibilidade na espécie equina. Este se assemelha ao que ocorre na fisiologia da espécie, a digestão química seguida por fermentação microbiana. A digestão enzimática foi realizada com pepsina e amilase. Já a fermentação foi avaliada através da produção de gases utilizando-se como inóculo fezes equinas. Como resultados os autores encontraram que os alimentos que não sofreram digestão enzimática tiveram seus valores superestimados. Os autores concluíram então, que a digestão enzimática afetou os alimentos estudados e sugeriram validação deste método com maior número de estudos de valores de digestibilidade de diversos alimentos.

Como os resultados de estudos com a utilização de inóculo fecal ainda apresentam resultados controversos quanto a sua utilização em detrimento do uso do líquido cecal e/ou ruminal, são necessárias mais pesquisas visando encontrar alternativas viáveis para substituí-los, pois os animais fistulados nem sempre têm qualidade de vida e hoje existe uma preocupação mundial com o bem estar animal.

1.4.2.4 Técnica de fermentação *in vitro* para produção de gases

A técnica *in vitro* de produção cumulativa de gases vem sendo utilizada a fim de avaliar o perfil da degradação da fibra em função do volume de gases produzido durante a incubação do alimento testado, acrescido de líquido ruminal e meio tamponado, em frascos hermeticamente fechados, medindo-se a pressão por meio de sensores conectados aos frascos e monitorando-se as leituras ao longo do tempo de incubação.

A significância biológica dos valores de predição de gases obtidos fica confirmada pela elevada correlação linear, existente entre os gases produzido pela fermentação de diferentes amostras de forragens, e o correspondente desaparecimento de matéria seca, dentro de cada período de fermentação (Cabral et al., 2000).

As fezes equinas constituem uma fonte potencial de inóculo disponível para estudos de produção de gases (Lowman et al., 1999). De acordo com Furtado et al. (2004) os microrganismos fecais desempenham funções semelhantes àqueles encontrados no rúmen, apresentam

capacidade de degradar alimentos, podem permanecer várias horas em anaerobiose após a defecação, são de baixo custo, não necessitam de animais fistulados e podem ser coletadas de um único e/ou vários animais. No entanto, Maurício et al. (2001) comparando fezes bovinas com líquido ruminal observaram menor capacidade fermentativa, menor volume de gases produzidos e uma fase de latência mais longa quando comparada com o líquido ruminal.

Murray et al. (2005) utilizaram a técnica de produção de gases, com fezes equinas como inóculo, segundo metodologia descrita por Theodorou et al. (1994) e observaram maior produção de gases quando a alfafa estava associada a enzimas fibrolíticas.

Silva et al. (2009b) avaliaram a utilização de inóculos pela técnica semi-automática de produção de gases (Maurício et al., 1999). Os inóculos utilizados foram líquido ruminal fresco, líquido cecal fresco e líquido de cólon fresco e congelado e os substratos foram feno de *coast cross* (*Cynodon dactylon* cv. *coast cross*), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) do feno de *coast cross* e feno de alfafa (*Medicago sativa*). Os perfis de produção de gases da matéria seca para o feno de *coast cross* submetido ao processo de fermentação utilizando-se inóculo bovino e de cólon equino não foram iguais, indicando que a cinética de fermentação do inóculo bovino difere do inóculo de cólon equino. Os autores observaram diferença no perfil de produção de gases ao se utilizar inóculo proveniente do ceco comparado ao do cólon. O objetivo dos autores em estudar inóculos congelados foi o fato de que nos procedimentos do ensaio *in vitro* de produção de gases com equinos são necessários animais fistulados para a coleta de digesta e, o volume necessário de inóculo torna-se um entrave em ensaios de maior proporção. Porém os resultados mostraram que o inóculo do cólon quando congelado apresentou menor potencial fermentativo comparado ao líquido do cólon fresco, necessitando de mais estudos em relação à técnica de congelamento. Estes autores concluíram que o congelamento do conteúdo do cólon dorsal direito não proporciona inóculo de qualidade para a incubação.

1.4.2.5. Indicadores internos

Indicadores internos são compostos indigestíveis presentes no alimento, isto é, permanecem inalterados após passarem pelo trato gastrointestinal. Geralmente, são componentes da parede celular, não requerendo preparação especial para que sejam quantitativamente recuperados nas fezes (Mayes et al., 1986).

Este método baseia-se no fato de que à medida que o alimento passa pelo trato digestivo a concentração do indicador aumenta progressivamente pela absorção de outros constituintes do alimento. O aumento na concentração é proporcional à digestibilidade, podendo ser calculada a partir das concentrações do marcador no alimento e nas fezes. Já o consumo pode ser calculado por meio do produto entre a matéria seca fecal e a concentração do marcador no alimento (Saliba, 2005a).

Dentre os indicadores internos mais utilizados pode-se citar a cinza insolúvel em ácido, cinza insolúvel em detergente ácido, ligninas em detergente ácido, Lignina Klason, fibra em detergente neutro ou ácido indigestíveis (Van Soest, 1994).

1.4.2.5.1. Ligninas

As ligninas são polímeros derivados de unidades fenilpropanóides denominados C_3C_6 , ou mais simplesmente unidades C_9 , repetidas de forma irregular, que têm a sua origem na polimerização desidrogenativa do álcool coníferílico (Saliba et al., 2001).

As ligninas ocorrem na parede celular das plantas forrageiras e teoricamente sua digestibilidade é nula. Dessa forma, as ligninas podem ser utilizadas como indicador interno, mas, devido à indefinição de sua composição química e conseqüente variação dos resultados de análises, tem apresentado estimativas variáveis dos coeficientes de digestibilidade (Fahey & Jung, 1983).

As ligninas são tipicamente mensuradas por métodos gravimétricos. Estes têm a vantagem de serem rápidos e simples, mas as lignina mensuradas por estes procedimentos podem não

ser confiáveis como um marcador (Muntifering, 1982). Já a análise do indicador externo LIPE[®] que é uma lignina purificada e enriquecida é realizada pelo método da espectroscopia no infra vermelho com transformada de fourier, sendo este método altamente preciso.

São três os métodos analíticos mais utilizados para mensuração do teor de ligninas em forrageiras: ligninas em detergente ácido, ligninas permanganato de potássio e lignina Klason. Nas duas primeiras técnicas, a amostra é previamente tratada com solução de detergente ácido, resultando na fibra em detergente ácido (FDA). Para a determinação da ligninas em detergente ácido, a FDA é submetida à digestão com solução de ácido sulfúrico a 72% (Van Soest, 1963).

O método das ligninas pelo detergente ácido apresenta falhas por mensurar a cutina e artefatos de Maillard como ligninas e, além disto, esta técnica pode destruir parcialmente as ligninas verdadeiras (Goering & Van Soest, 1970).

As ligninas pelo método do permanganato de potássio pode incluir certos taninos, pigmentos ou proteínas que resistem à solubilização em detergente ácido, mas são oxidados pelo permanganato (Van Soest & Wine, 1968). Além disso, também são mencionados como erro desta técnica não tratar uniformemente as partículas de tamanhos diferentes (Goering & Van Soest, 1970) e, se excessiva quantidade da solução de permanganato for utilizada a celulose pode ser parcialmente solubilizada (Van Soest & Wine 1986).

Assim como o método das ligninas em detergente ácido, a lignina Klason (LK) baseia-se na hidrólise ácida, com ácido sulfúrico a 72%, da parede celular, exceto das ligninas. Assim como os outros métodos, este também apresenta falhas, pois considerável fração das ligninas são solúveis em ácido sulfúrico e, além disso, a cutina pode ser mensurada como lignina (Hafield, et al., 1994).

Além das falhas das técnicas de análises das ligninas, a utilização desta como marcador também pode ser questionada devido à digestão parcial e/ou alterações nos polímeros das ligninas como resultado da passagem destes pelo trato gastrointestinal (Fahey, et al., 1980, citado por Muntifering, 1982).

Parte da digestão aparente das ligninas se deve à dissolução parcial de ésteres fenólicos de ácido-carboidrato e outros complexos lignina-carboidratos que não podem ser mensurados em resíduos fibrosos da digesta abomasal ou das fezes a partir dos métodos gravimétricos convencionais (Hartley, 1973; Gaillard & Richards, 1975; Fahey et al., 1979; citados por Muntifering, 1982).

Van Soest (1994) afirmou que as ligninas só poderão ser utilizadas como indicador em dietas que apresentem níveis de ligninas acima de 5%. Entretanto, quando Araújo et al. (2000b) avaliaram a precisão dos indicadores internos em relação ao método de coleta total para estimar a digestibilidade aparente dos nutrientes em equinos, utilizando dietas com teor de ligninas acima de 5% (6,74%) encontraram baixa recuperação fecal (71%) desta. Estes autores justificaram este resultado pelo fato de que a análise das ligninas foi realizada pelo método do permanganato que possui falhas.

Apesar das falhas nos métodos de determinação das ligninas e de suas possíveis alterações no trato gastrointestinal, pode ser interessante a sua utilização como marcador interno para a estimativa de digestibilidade aparente dos nutrientes quando os animais são mantidos a pasto. A utilização das ligninas também pode ser interessante quando a administração de indicadores externos ou a coleta total de fezes não são possíveis de serem realizados.

1.4.2.5.2. Fibra em detergente neutro (FDNi) e ácido (FDAi) indigestíveis

Componentes indigestíveis de alta porcentagem na matéria seca reduzem o erro de amostragem dos indicadores internos normalmente encontrados quando se utilizam ligninas e cinza insolúvel em ácido, que ocorrem em baixas concentrações na forragem consumida (Van Soest, 1994). Nesse sentido, foi sugerido que as frações fibrosas indigestíveis do alimento sejam utilizadas com tal propósito (Lippke et al., 1986).

As frações que demonstraram maior potencial como indicadores foram as fibras em detergente neutro (FDNi) e ácido (FDAi) indigestíveis e matéria seca indigestível (MSi) (Cochran et al., 1986; Berchielli et al., 2000).

Kotb & Luckey (1972) classificaram os indicadores internos como senso completamente absorvíveis, não absorvíveis ou parcialmente absorvíveis pelo trato gastrointestinal. Estes autores afirmaram que os resíduos dos compostos parcialmente absorvidos podem ser utilizados com sucesso como indicadores fecais. Sendo assim, a FDNi e a FDAi podem ser utilizados com sucesso em ensaios de digestibilidade.

As frações fibrosas indigestíveis (FDNi e o FDAi) podem ser determinadas através da incubação *in vitro* do alimento segundo a técnica descrita por Cochran et al., (1986) ou pela técnica sequencial de Van Soest (1981) realizada nas fezes (Saliba, 1998).

Oliveira et al. (2003) avaliaram a digestibilidade aparente de nutrientes em dietas para equinos utilizando o método da coleta total de fezes (CTF), óxido crômico, fibra em detergente ácido indigestível, fibra em detergente neutro indigestível, celulose indigestível, ligninas e cinzas insolúveis em detergente ácido. Realizaram-se dois ensaios, sendo que no primeiro, foram utilizados cinco potros mestiços, alimentados com cinco dietas contendo níveis diferenciados de proteína bruta, mantendo a relação concentrado e volumoso em 50:50. No segundo ensaio, foram utilizados quatro potros mestiços, alimentados com dietas compostas por feno de *coastcross* e concentrado nas proporções de 40:60, 60:40, 80:20 e 100:00. No ensaio um, os autores, com o uso da fibra em detergente ácido indigestível, observaram valores da digestibilidade aparente da MS, EB, FDN de 62,42; 62,42 e 62,42% respectivamente. A recuperação fecal da FDAi foi de 98,75%. Segundo os autores a FDAi é um indicador interno adequado para estimar a digestibilidade de dietas para equinos contendo 50% de volumoso. Em relação às dietas contendo as proporções de volumoso:concentrado de 40:60, 60:40, 80:20 e 100:00, os valores de recuperação fecal da FDNi foram de 108,31 118,37 110,80 137,87, respectivamente. Já os valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente da MS, EB, FDN e FDA, estimados com o uso do FDNi foram de 60,45; 64,79; 54,89 e 46,75%, respectivamente. A FDNi superestimou os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes, quando comparados ao método da CTF.

Stein et al. (2006) compararam metodologias de estimativa do coeficiente de digestibilidade em dietas para equinos a partir do método da coleta total de fezes e do uso dos indicadores internos, celulose indigestível, fibra em detergente ácido indigestível e cinza insolúvel em ácido em éguas recebendo dietas isoprotéicas e isocalóricas, compostas de feno de *coast cross* e concentrado na proporção 60:40. Segundo estes autores, entre os indicadores avaliados, a FDAi foi o que apresentou os parâmetros mais acurados. A taxa de recuperação fecal foi de 98,49% e apenas a da FDAi não diferiu da coleta total.

1.4.2.5.3 Cinza insolúvel em ácido (CIA)

De acordo com Miraglia et al. (1999) a cinza insolúvel em ácido (CIA) ocorre naturalmente nos alimentos e é utilizada como marcador interno com bons resultados em estudos de digestibilidade aparente em equinos. Estes pesquisadores utilizaram a CIA, ligninas e a CTF para a estimativa da digestibilidade aparente dos nutrientes em equino consumindo dietas compostas por volumosos e concentrado e não encontraram diferença entre a CIA e o método da CTF.

Araújo et al. (2000b) compararam a digestibilidade aparente dos nutrientes de dietas de equinos compostas por volumosos estimadas por meio dos indicadores internos (cinza insolúvel em ácido, cinza insolúvel em detergente ácido e ligninas em detergente ácido) com o método de CTF. Estes autores observaram que a CIA foi eficiente para estimar a digestibilidade aparente dos nutrientes da dieta composta por feno de capim *coast cross* e da dieta composta por feno de capim *coast cross* e capim-elefante. Para os cavalos alimentados com feno de capim *coast cross*, a recuperação média de CIA nas fezes foi de 100,12% e para os animais alimentados com feno de capim *coast cross* e capim elefante, a recuperação foi de 101,32%.

Estes mesmos autores, estudando a digestibilidade aparente de dietas mista a base de feno de *coast cross* associado ao farelo de soja ou milho, também não observaram diferença entre a CIA e a CTF para digestibilidade da MS, MO, PB, EB, FDN, FDA e HCEL nas dietas avaliadas. Os autores observaram recuperação fecal média de 96,30 % para a dieta com milho e 93,54% para a dieta

com farelo de soja e concluíram que o uso da CIA como indicador interno foi eficiente para estimar a digestibilidade aparente dos nutrientes em equinos.

De acordo com Thonney et al. (1985) 0,75% é o teor mínimo de CIA na MS da dieta ou no alimento para que a estimativa da digestibilidade por este indicador, em ruminantes, seja precisa. Stein et al. (2006) compararam metodologias de estimativa do coeficiente de digestibilidade em dietas para equinos a partir do método da CTF e do uso dos indicadores internos, celulose indigestível, FDAi e CIA. Estes autores observaram que as estimativas de digestibilidade pela CIA foram, em média, 40% acima daquelas calculadas pela CTF e, atribuíram estes resultados às maiores taxas de recuperação fecal, de aproximadamente 144,5%. Estes autores concordaram com Thonney et al. (1985) afirmando que a proporção de CIA ingerida na dieta total foi de 0,77 a 0,80%, porém ressaltaram como possível causa da elevada recuperação fecal observada o fato de parte da dieta eventualmente ser derramada do cocho pelos animais e pode ter sido ingerida com areia e outras partículas do piso, afetando a ingestão e recuperação de CIA.

1.4.2.5.4 Cinza insolúvel em detergente ácido (CIDA) e Celulose indigestível (CELi)

A cinza residual da determinação da fibra em detergente ácido, conhecida como CIDA, pode ser usada como indicador interno e tem sido utilizada para estimar a digestibilidade dos nutrientes em cabras (Carvalho, 1989 citado por Araújo et al., 2000b), bovinos (Oliveira, 1990) e equinos (Machado, 1992) com resultados satisfatórios.

Em relação ao nível de CIDA na dieta, observa-se que valores inferiores a 3%, apresentaram resultados subestimados de digestibilidade devido à dificuldade de recuperação desta nas fezes (Carvalho, 1989 citado por Araújo et al., 2000b).

Araújo et al. (2000b) em ensaio com equinos adultos sem raça definida avaliaram a precisão dos indicadores internos em relação ao método de coleta total para estimar a digestibilidade aparente dos nutrientes em equinos, recebendo dietas formuladas a base de feno de *coast cross* associado ao milho ou farelo de soja. Estes autores não observaram diferença entre a digestibilidade aparente avaliada pelo método da CTF ou da CIDA para os coeficientes de digestibilidade da MS, MO, PB, EB, FDN, FDA e das hemiceluloses de 56,55; 57,11; 84,81; 58,33; 43,07; 38,38 e 48,22 respectivamente. A dieta contendo feno e milho apresentou recuperação média nas fezes, de 99,71%, para CIDA e na dieta composta de feno e farelo de soja a recuperação foi de 97,68%. Os resultados deste trabalho mostraram que tanto a CIDA como a coleta total foram eficientes como indicador interno para estimar a digestibilidade aparente dos nutrientes de rações mistas para equinos.

Oliveira et al. (2003) avaliaram a digestibilidade aparente de nutrientes em dietas para equinos utilizando os métodos: CTF, óxido crômico, FDAi, FDNi, CELi, ligninas e CIDA. Com o uso da CELi os autores, encontraram como valores da digestibilidade aparente da MS, EB, FDN, 63,35; 85,62 e 47,25% respectivamente, e estes não diferiram dos valores encontrados a partir do método da CTF para a dieta com 50% de volumoso. Por meio da CIDA, nesta dieta os valores da digestibilidade aparente da MS, EB, FDN, foram, respectivamente de 77,15; 91,00 e 67,16%, e estes foram superestimados em relação aos valores encontrados com o método CTF. A recuperação fecal da CELi e CIDA foram respectivamente de 101,72 e 168,65% para a dieta com 50% de volumoso. Em relação às dietas contendo as proporções de concentrado:volumoso de 40:60, 60:40, 80:20 e 100:00, os valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente da MS, EB, FDN e FDA, estimados com o uso da CELi foram de 55,06; 60,01; 48,18 e 38,92%, respectivamente. Os valores obtidos por meio da CELi não diferiram da CTF. Os autores inferiram, que a CELi foi a que melhor estimou os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes quando comparado a CTF e este mostrou-se adequado como indicador interno para estimar a digestibilidade aparente de nutrientes em dietas para equinos, já a CIDA, em função da metodologia de coleta fecal, mostrou-se inadequada para as estimativas de digestibilidade em equinos.

Stein et al. (2006) compararam metodologias de estimativa do coeficiente de digestibilidade em dietas para equinos a partir da CTF e do uso dos indicadores internos, CELi, FDNi e CIA. Os autores observaram que as estimativas de digestibilidade da MS pela CELi não diferiram dos valores observados com a CTF e a taxa de recuperação fecal foi de 94,49% em éguas alimentadas

com dietas isoprotéicas e isocalóricas, compostas de feno de *coast cross* e concentrado na proporção 60:40.

1.4.2.6. Indicadores externos

Os indicadores externos são compostos inertes que não fazem parte da dieta e podem ser fornecidos ao animal junto com a mesma ou não, em dose única ou dividida, ou ainda, de forma contínua. Uma das críticas no uso de indicadores externos é que estes podem levar a erros devido à taxa diferencial de passagem entre os resíduos alimentares e os indicadores (Saliba, 2005a).

O uso dos indicadores externos consiste na detecção e quantificação da sua concentração nas fezes (Saliba, 2005a). Alterações na excreção ou na análise destes indicadores nas fezes ou dietas podem comprometer a utilização dos mesmos nos ensaios de digestão (Oliveira et al., 2003).

1.4.2.6.1. Óxido Crômico

Segundo Saliba (2005b), o sesquióxido de cromo (Cr_2O_3) é um dos vários compostos de cromo com características de indicadores externos e é utilizado como indicador de fase sólida intestinal, podendo ser utilizado na forma radioativa ou não. O óxido crômico é uma substância praticamente insolúvel em água, álcool e acetona, mas ligeiramente solúvel em ácido e base e, pode ser administrado através de cápsulas de gelatina, em péletes de papel ou misturado à dieta (Kotb & Luckey, 1972).

Para Oliveira et al. (2003) o óxido crômico (OC) é um indicador externo de uso freqüente para estimar o consumo e a digestibilidade e, como método indireto, baseia-se na recuperação total do indicador ingerido nas fezes.

Embora seja aceito e utilizado como indicador externo nas diversas espécies animais, o óxido crômico possui limitações para seu uso, como custo comparativamente alto em relação aos demais indicadores externos, dificuldade metodológica na sua determinação química, além de ser cancerígeno (Saliba, 2005a).

Maurício et al. (1996) determinaram a digestibilidade aparente com equinos asininos e muares adultos recebendo dieta composta de feno de capim *coast cross* e concentrado através das ligninas, óxido crômico e do CTF e observaram baixos valores de recuperação fecal do óxido crômico sendo estes de 80,0; 75,32 e 80,72% para equinos, asininos e muares, respectivamente. Estes autores concluíram que os cálculos dos coeficientes de digestibilidade obtidos através do uso do óxido crômico não são compatíveis com os dados da coleta total de fezes.

Já Oliveira et al. (2003), utilizaram o método da CTF e dos indicadores, óxido crômico, FDAi, FDNi, CELi, ligninas e CIDA. Estes autores observaram com o uso do óxido crômico, os valores médios de digestibilidade da MS, EB e FDN, de 48,39; 79,68 e 25,85% respectivamente. Os coeficientes de digestibilidade da MS e da FDN foram subestimados enquanto que o valor da EB foi superestimado em relação à CTF. Observaram que o óxido crômico apresentou baixa recuperação fecal (71,07%) em dietas para equinos contendo 50% de volumoso e concluíram que este se mostrou inadequado para estimar a digestibilidade aparente em dietas para esta espécie.

Lanzetta et al. (2009), trabalhando com potras alimentadas com feno de alfafa e concentrado comercial na proporção de 50:50, determinaram a digestibilidade dos nutrientes através do óxido crômico, LIPE[®] e CTF e observaram valores subestimados para a produção fecal com o óxido crômico em relação à CTF com valor médio de recuperação fecal (83,73%) menor do que o obtido pela CTF (100,0%). Devido à baixa recuperação fecal deste indicador e conseqüentemente uma estimativa de produção fecal inferior à obtida pela CTF, os resultados médios de digestibilidades dos nutrientes obtidos por Lanzetta et al. (2009) foram superestimados em relação à CTF.

Maurício et al. (1996) e Lanzetta et al. (2009) atribuíram a baixa recuperação fecal do óxido crômico a deficiência no fornecimento do indicador, causando perdas durante a ingestão ou a erros em sua quantificação.

Como os resultados observados na maioria dos experimentos com equinos (Maurício et al., 1996; Oliveira et al., 2003; Lanzetta et al., 2009) utilizando o óxido crômico, apresentaram resultados subestimados de produção fecal e recuperação fecal e, superestimados de digestibilidade quando comparados com os resultados da CTF, pode-se dizer que este se mostrou ineficiente como indicador de digestibilidade e consumo nesta espécie.

2.4.2.6.2 Lignina Purificada e Enriquecida (LIPE®)

A LIPE® é um hidróxifenilpropano modificado e enriquecido, sendo um indicador de consumo e digestibilidade desenvolvido especialmente para pesquisa com o objetivo de facilitar a determinação das ligninas nas fezes (Saliba, 2005b).

A lignina da LIPE® foi isolada e enriquecida com grupamentos fenólicos não comumente encontrados nas ligninas da dieta animal. A LIPE® apresenta propriedades físico-químicas estáveis e consistência estrutural, pois permanece inalterada no trajeto do trato gastrointestinal. Pode ser totalmente recuperada nas fezes, permitindo sua utilização como indicador externo de digestibilidade (Saliba et al., 2003a).

Segundo Saliba (2005c) em estudos comparativos com produtos de mesma aplicação que a LIPE® foi possível observar que esta não apresentou variações diurnas. O período de adaptação ao indicador para a obtenção de excreção uniforme nas fezes é de 48 horas e um período de colheita de fezes de 3 a cinco dias é satisfatório. A técnica analítica para dosagem da LIPE® nas fezes é a espectroscopia no infravermelho, uma técnica rápida, barata, sensível e não destrutível da amostra.

Saliba et al. (2003b), testaram o LIPE® em ovinos alimentados com feno de Tifton 85 e encontraram resultados satisfatórios, uma vez que os coeficientes de digestibilidade da MS obtidos com o indicador foram equivalentes aos da CTF, assim como os dados de produção fecal.

Vasconcellos (2004) verificou que os dados de produção fecal e recuperação fecal do indicador LIPE® e de digestibilidade aparente dos nutrientes de dietas para aves foram semelhantes aos obtidos por CTF. Do mesmo modo, Saliba et al. (2005a) encontraram valores similares entre o LIPE® e a CTF na estimativa da digestibilidade dos nutrientes de dietas para coelhos em crescimento.

Lanzetta et al. (2009) ao trabalharem com potras alimentadas com feno de alfafa e concentrado comercial na proporção de 50:50, determinaram a digestibilidade dos nutrientes através do óxido crômico, LIPE® e CTF. Observaram taxa média de recuperação fecal da LIPE®, de 95,94% sendo este valor semelhante ao da CTF. A produção fecal com o Lipe® (3,76kg) foi semelhante a da CTF (3,92kg). A digestibilidade da MS, PB, FND, FDA, CEL e HEM obtidos a partir da LIPE® foram 64,86; 79,73; 56,04; 54,35; 47,56 e 58,70%, respectivamente, não diferindo, dos valores obtidos pela CTF. Os autores concluíram que a LIPE® foi eficiente como indicador de digestibilidade em equinos e pode ser utilizada em substituição a CTF.

1.5 Referências bibliográficas

ABDOULI, H.; BEN ATTIA, S. Evaluation of two-stage *in vitro* technique for estimating digestibility of equine feeds using horse faeces as the source of microbial inoculum. *Ani. Feed Sci. Tech.*, v. 132, p. 155-162, 2007. (Short communication)

ALMEIDA, M.I.V. *Predição da energia digestível de dietas para equinos a partir de seu conteúdo fibroso*. 1994. 110f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 1994.

ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I. *Nutrição Animal*. 2ed. São Paulo: Nobel, 1982. 395 p.

APPLEGATE, C.S.; HERSHBERGER, T.V. Evaluation of *in vitro* caecal fermentation techniques for estimating the nutritive value of forages for equine. *J. Ani. Sci.*, n. 28, p.18-22, 1969.

ARAÚJO, K.V.; LIMA, J.A.F.; TEIXEIRA, J.C. et al. Determinação da digestibilidade aparente dos nutrientes de alguns concentrados e volumosos para equinos, pela técnica do saco de náilon móvel. *Rev. Bras. Zootec.*, v.25, n.5, p.945-956, 1996a.

ARAÚJO, K.V.; LIMA, J.A.F.; TEIXEIRA, J.C. et al. Uso da técnica do saco de náilon móvel na determinação da digestibilidade aparente dos nutrientes em equinos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.25, n.5, p.957-963, 1996b.

ARAÚJO, K.V. *Métodos para determinação da digestibilidade aparente dos nutrientes em equinos*. Lavras, 1999. 155f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, 1999.

ARAÚJO, K.V.; LIMA, J.A.F.; FIALHO, E.T. et al. Comparação entre indicadores internos e o método da coleta total para determinar digestibilidade os nutrientes de dietas mistas em equinos. *Ciênc. agrotec.*, v. 24, n.4, p. 1041-1048, 2000.

BERCHIELLI, T. T.; ANDRADE, P.; FURLAN, C. L. Avaliação de indicadores internos em ensaios de digestibilidade. *Rev. Bras. Zootec.* v. 29, n. 3, p. 830-833, 2000.

CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; MALAFAIA, P.A.M.; et al. Frações de carboidratos de alimentos volumosos e suas taxas de degradação estimadas pela técnica de produção de gases. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 29, n 6 p. 2087-2098, 2000.

COCHRAN, R.C.; ADAMS, D.C.; WALLACE, J.D. et al. Predicting digestibility of different diets with internal markers: evaluation of four potential markers. *J. Anim. Sci.*, v.63, n.5, p.1476-1483, 1986.

DACRE, T.I. Equine dental pathology. In: BAKER, G.J. e EASLEY, J. (ed) *Equine Dentistry* 2 ed. London: W.B. Saunders, 2005. p. 91-109.

- DULPHY, J.P.; ROSSET-MARTIN, W.; DUBROEUCQ, H.; et al. Compared feeding patterns in *ad libitum* intake of dry forages by horses and sheep. *Liv. Prod. Sci.* v. 52, p. 49-56, 1997.
- EQUINE Research, Inc. In: WAGONER, D. (Ed.). *Feeding to win*. Texas: Equine Research Inc., 1992. 529 p.
- FAHEY, G.C.; JUNG, H.G. Lignin as a Marker in Digestion Studies: a Review *J. Anim Sci.*, v. 57, n. 1, p. 220-225, 1983.
- FRAPE, D. *Equine nutrition and feeding*. 2. Ed. West Sussex: Blackwell, 1998, 564p.
- FRAPE, D. L.; BOXALL, R.C. Some nutritional problems of the horse and their possible relationship to those of other herbivores. *Equi. Vet. J.*, v. 6, n. 2, p. 59-67, 1974.
- FRIEND, M.A.; NASH, D. Pasture intake and selectivity by grazing horses. 2000. Disponível em: [HTTP://www.rirdc.gov.au/reports/Index.htm](http://www.rirdc.gov.au/reports/Index.htm). Acesso em: 13 de dez. de 2009.
- FURTADO, C.E.; ABDALLA, A.L.; BUENO, I.C.S. et al. Uso da técnica de produção de gás para avaliar alimentos para eqüinos utilizando fezes eqüina e líquido ruminal como fonte de inóculo.1. Cinética de Fermentação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE SOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande. Anais ... Campo Grande: SBZ, 2004.
- GOERING, G.K.; VAN SOEST, P.J. Forage fiber analysis apparatus, reagents, procedures and some applications. *Agr.Handbook*. n. 379, USDA Washington, DC. 1970.
- HATFIELD, R.D.; JUNG, H.G.; RALF, J. A comparison of insoluble residues produced by the klason lignin and acid detergent lignin produced. *J. Agri. Food Chem.* v. 65, n.1, p. 51-58,1994.
- HINTZ, H. F. Alternative feeds for horses. *Equi. Pract.*, v. 11, n. 1, p. 10-12, 1989.
- HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.L. The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feeds: a review of the procedure. *Nut. Abst. Rev.* (Series B), v. 65, n. 2, p. 63-93, 1995.
- HYSLOP, J.J.; STEFANSDOTTIR, G.J.; MCLEAN, B.M.L. et al. *In situ* incubation sequence and its effect on degradation of food components when measured in the caecum of ponies. *Ani. Sci.*, v. 69, p. 147-156, 1999.
- HYSLOP, J. J. *In situ* and mobile bag methodology to measure the degradation profile of processed feeds in different segments of the equine digestive tract. *Livestock Prod. Sci.*, v.100, p. 18-32, 2006.
- Producción de la pecuária municipal 2007. IBGE. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/espanhol/presidencia/noticias/noticia_impresao.php?id_noticia=1269. Acesso em: 28 ago 2009.
- JACKSON, S.G. The digestive tract of the horse -- practical considerations. In: PAGAN, J. (Ed.). *Advances in Equine Nutrition*. Nottingham: Nottingham University Press, 1998, p. 1-11.

- KOLLER, B. L.; HINTZ, H. F.; ROBERTSON, J. B. et al. Comparative cell wall and dry matter digestion in the caecum of the pony and the rumen of the cow using in vitro and nylon bag techniques. *J. Ani. Sci.*, v. 47, n. 1, p. 209-215, 1978.
- KOTB, A.K.; LUCKEY, T.D. Markers in nutrition. *Nutr. Abst. Rev.*, v. 42, n.3, p.814-845, 1972.
- LAWRENCE, L. *Equine feeding management: the how & when of feeding horses*. Cooperative of Extension Service, University of Kentucky, College of Agriculture. p.1-4. Disponível em: <http://www.uky.edu/Ag/AnimalSciences/pubs/asc143.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2007.
- LANZETTA, V.A.S.; REZENDE, A.S.C.; SALIBA, E.O.S. et al. Validação do Lipe® como método para determinar a digestibilidade dos nutrientes em equinos. *Rev. Bras. Zootec.* v.38, n.1, p. 69-74, 2009.
- LE DU, Y.L.P.; PENNING, P.D. Animal based techniques for estimating herbage intake. In: LEAVER, J.D (Ed.) *Herbage intake Handboock*. Kurlay, UK: The British Grassland Society, 1982. P. 37-1075.
- LIMA, R. A. S.; SHIROTA, R.; BARROS, G.S.C. Estudo do complexo do agronegócio cavalo. Piracicaba: CEPEA/ESALQ/USP, 2006, 251 p. Relatório Final.
- LIPPKE, H.; ELLIS, W.C.; JACOBS, B.F. Recovery of indigestible fiber from feces of sheep and cattle on forage diets. *J. Dairy Sci.*, v. 69, n. 2, p.403-412, 1986.
- LIPPKE, H. Estimation of Forage Intake by Ruminants on Pasture. *Crop Sci.* v. 42, n. 3, p. 869-872, 2002.
- LOWMAN, R.S., THEODOROU, M.K., HYSLOP, J.J. et al. Evaluation of a in vitro batch culture technique for estimating the in vitro digestibility and digestible energy content of equine feeds using equine faeces as the source of microbial inoculum. *Ani. Feed Sci. Tech.*, v.80, p.11-27,1999.
- MACHADO, H.M. *Efeito de diferentes combinações de capim-elefante (Pennisetum purpureum Schum): cana-de-açúcar (Saccharum officinarum L.) sobre a digestibilidade, em eqüinos, utilizando diferentes metodologias de determinação*. 1992. 71 F. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1992.
- MACHEBOEUF, D.; JESTIN, M.; ANDRIEU, J., et al. Prediction of the organic matter digestibility of forages in horses by the gas test method. In: Symposium on *in vitro* Techniques for Measuring Nutrient Supply to Ruminants, 1997, Penecuick. Proc... Penicuick: Brit. Soc. Anim. Sci., 1997. p. 59.
- MACHEBOEUF, D.; PONCET, C.; JESTIN, M.; et al. Mobile nylon bag technique (MNBT) in caecum fistulated horses as an alternative method for estimating precaecal and total tract nitrogen digestibilities of feedstuffs. In: Equine Nutrition and Physiology Symposium, 2003, Michigan. Proc... Michigan: ENPS, 2003. p. 347.

- MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES, L.C.; RESENDE, A.C. et al. Determinação da digestibilidade aparente em equídeos através do óxido crômico, da lignina e da coleta total das fezes. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.48, n.6, p.703-711, 1996.
- MAURÍCIO, R. M.; MOULD, F.; DHANOA, M. S. et al. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminants feedstuff evaluation. *Anim. Feed Sci. Tech.*, v. 79, n. 4, p. 321-330, 1999.
- MAURÍCIO, R.M.; OWEN, E.; MOULD, F. et al. Comparation of bovine rumen liquor and bovine faeces as inoculum for na *in vitro* gas production technique for evaluating forages. *Anim. Feed Sci. Tech.*, v. 89, p. 33-48, 2001.
- MAYES, R.W.; LAMB, C.S.; COLGROVE, P.M. The use of dosed and herbage n-alkanes as markers for the determination of herbage intake. *J. Agric. Sci.*, v. 107, n.1, p. 161-170, 1986.
- MEYER, H. *Alimentação de cavalos*. São Paulo: Varela, 1995. 303 p.
- MIRAGLIA, N.; PONCET, C.; MARTIN-ROSSET, W. Effect of feeding state and breed on the rate of passage of particulate matter through the gastro-intestinal tract of horse. *Ann. Zootech.*, v. 41, n. 1, p. 69-69, 1992.
- MIRAGLIA, N.; BERGERO, D.; BASSANO, B. et al. Studies of apparent digestibility in horses and the use of internal markers. *Livest. Prod. Sci.*, v. 60, p.21-25, 1999.
- MOORE-COLYER, M.J.S.; HYSLOP, J.J.; LONGAND, A.C.; et al. Degradation of four dietary fiber sources by ponies as measured by ponies as measured by the mobile bag technique. In: *Equine Nutrition and Physiology Symposium, 2003, Michigan. Proc...* Michigan: ENPS, 2003. p.153-154.
- MOORE-COLYER, M.J.S.; HYSLOP, J.J.; LONGLAND, A.C. et al. The mobile bag technique as a method for determining the degradation of four botanically diverse fibrous feedstuffs in the small intestine and total digestive tract of ponies. *Br. J. Nut.*, v. 88, n. 6, p. 729-740, 2002.
- MUNTIFERING, R.B. Evaluation of various lignin assays for determining ruminal digestion of roughages by lambs. *J. Anim. Sci.*, v. 55, n. 2, p.432-438, 1982.
- MURRAY, J.M.D.; LONGLAND, A.C.; MOORE-COLYER, M.J.S. et al. The effect of enzyme treatment on the *in vitro* fermentation of Lucerne incubated with equine faecal inocula. *Britr. J. Nut.* v. 94, p. 771-782, 2005.
- NUTRIENT requirement of horses. 6. ed. Washington: National Academy Press, 2007. 341p.
- OLIVEIRA, C. A. A.; ALMEIDA, F.Q.; VALADARES FILHO, S.C. Estimativa da digestibilidade aparente de nutrientes em dietas para equinos, com o uso de óxido crômico e indicadores internos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.32, n.6, p.1681-1689, 2003

- OLIVEIRA, R. F. M. de. *Estimativa da digestibilidade através de indicadores e coleta total de fezes, consumo alimentar e biometria do trato gastrintestinal, em bovinos de 3 grupos genéticos*. 1990. 77 f. Dissertação.(Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- PAGAN, J.D. Forages for horses: more than just filler. In: PAGAN, J.D. (ed) *Advances on equine nutrition I*. Versailles: Kentucky Equine Research, 2001. p.13-28.
- PEREIRA, J.C.; QUEIROA, A.C.; CARMO, M.B. Avaliação de métodos para a determinação da digestibilidade aparente em equinos. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.24, n.3, p.382-390, 1995.
- PIMENTEL, R. R. M. *Digestibilidade aparente dos nutrientes e cinética de passagem da digesta em equinos alimentados com feno de capim coast cross em diferentes formas físicas*. 2006. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2006. 61f.
- POND, W.G.; CHURCH, D.C.; POND, K.R. *Animal nutrition and feeding*. 4. ed. New York: John Wiley & Sons, 1995. 615 p.
- REZENDE, A.S.C; GONÇALVES, L.C; CARVALHO, M.A.G. et al. Digestibilidade aparente em eqüídeos submetidos a três condutas de arraçoamento. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 50, n. 4, p. 429-434, 1998.
- RODRIGUEZ, N.M.; SALIBA, E.O.S.; GUIMARÃES, R. Uso de indicadores para estimativa de consumo a pasto e digestibilidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 43, 2006, João Pessoa. Anais ... João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006, p.33-352.
- ROSENFELD, I.; AUSTBØ, D. Digestion of cereals in the equine gastrointestinal tract measured by the mobile bag technique on caecally cannulated horses. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v. 150, n. 4, p. 249-258, 2009.
- RUCKEBUSCH, Y. Motricité digestive chez lês équidés. In: Jarrige, R.; Martin-Rosset, W. (eds), *Le Cheval: Reproduction, Selection, Alimentation, Exploitation*. Paris: INRA, 1984. p. 173-188.
- SALIBA, O.E.S. *Caracterização química e microscópica das ligninas dos resíduos agrícolas de milho e de soja expostas à degradação ruminal e seu efeito sobre a digestibilidade dos carboidratos estruturais*. 1998. 142 f. Tese (Doutorado em ciência animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.
- SALIBA, E.O.S.; RODRIGUEZ, N.M.; MORAIS, S.A.L.; et al. Ligninas – métodos de obtenção e caracterização química. *Ciênc. Rural*, v. 31, n. 5, p.917-928, 2001.
- SALIBA, E.O.S. Uso de indicadores: passado, presente e futuro. In: TELECONFERÊNCIA SOBRE INDICADORES EM NUTRIÇÃO ANIMAL, 1, 2005, Belo Horizonte. Escola de Veterinária / UFMG, 2005b. p. 04-22.

- SALIBA, E.O.S. (Coord.). Mini curso sobre o uso de indicadores. In: TELECONFERÊNCIA SOBRE INDICADORES EM NUTRIÇÃO ANIMAL, 1, 2005, Belo Horizonte. Escola de Veterinária / UFMG, 2005a. p. 34-35.
- SAUER, W.C.; JORGENSEN, H.; BERZINS, R.A. Modified nylon bag technique for determining apparent digestibilities of protein in feedstuffs for pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, v.63, n.1, p.223-237, 1983.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. *Análise de Alimentos – métodos químicos e biológicos*. 3.ed., Viçosa, UFV: Imprensa Universitária, 2002. 235p.
- SILVA, K.T.; SILVA, D.C.; SANTOS, G.T.; et al. Utilização de fezes (equina ou bovina) em substituição ao líquido ruminal como fonte de inóculo para determinação da digestibilidade *in vitro* de alimentos para ruminantes. *Acta Scientiarum. Anim. Sci.*, v. 25, n. 2, p. 355-361, 2003.
- SILVA, V.P.; ALMEIDA, F.Q.; MORGADO, E.S. et al. Digestibilidade dos nutrientes de alimentos volumosos determinada pela técnica dos sacos móveis em equinos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.38, n.1, p.82-89, 2009b.
- SILVA, V.P.; SOUSA, L.F.; GOLLCHER, A.M.R. et al. Avaliação de inóculos de equinos na técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 46, 200, Maringá. *Anais ... Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 2009a (CD-ROOM).
- STEIN, R.B.S.; TOLEDO, L.R.A.; ALMEIDA, F.Q. et al. Estimativa da digestibilidade aparente da matéria seca por meio de indicadores internos em equinos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.35, n.2, p. 504-511, 2006.
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Brit. Grassland. Society*, v.18, n.2, p. 104-111, 1963.
- TISSERAND, J. L. Non-ruminant herbivores; horses and Rabbits. *Livest.Prod. Sci.*, v. 19, p. 279-288, 1988.
- ÚDEN, P.; VAN SOEST, P.J. Investigations of the *in situ* bag technique and a comparison of the fermentation in heifers, sheep, ponies and rabbits. *J Anim Sci.*, v. 58, p. 213-221, 1984.
- VAN SOEST, P.J. Use of detergents in the analysis of fibrous foods. II A rapid method for the determination of fibre and lignin. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, v. 46, p. 829, 1963.
- VAN SOEST P.J.; WINE, R.H. The determination of lignin and cellulose in acid detergent fibre with permanganate. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* v. 51, p. 780, 1968.
- VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. Ithaca: Cornell University Press. 1994. 476 p.
- WOLTER, R. *Alimentación del caballo*. Zaragoza: Acribia, 1977. 172 p.

CAPÍTULO II – DIGESTIBILIDADE APARENTE COM INDICADORES DE EQUINOS A PASTO

2.1 RESUMO - Para a determinação do valor nutritivo dos alimentos são fundamentais o conhecimento sobre o consumo e a digestibilidade destes. A determinação da digestibilidade pelo método tradicional da coleta total de fezes é trabalhosa e de difícil realização. Dessa forma, a estimativa da digestibilidade por intermédio de indicadores pode ser desejável. Foram utilizadas sete éguas da Raça Mangalarga Marchador, entre três e cinco anos e com peso médio de 389 kg. As éguas ficaram em condição de pastejo, sendo o volumoso constituído por *Cynodon* sp. Foi estimada a ingestão de matéria seca de 2,5% do peso vivo e a relação concentrado:volumoso de 50:50. A quantidade de concentrado foi dividida igualmente e fornecida duas vezes ao dia. A etapa experimental teve duração de 49 dias e foi dividida em dois períodos, sendo os 42 dias iniciais destinados à adaptação dos animais à dieta, instalações e treinamento, e os últimos sete dias destinados ao ensaio de digestibilidade. O LIPE® foi fornecido a todos os animais diretamente na boca de cada animal, por seis dias consecutivos em cápsulas de gelatina de 0,5 g e a coleta de fezes foi realizada por cinco dias consecutivos iniciando-se no terceiro dia após o início do seu fornecimento. Estudos anteriores realizados com equinos validaram o LIPE® como indicador confiável para avaliação de digestibilidade e, por isto, este indicador foi escolhido para ser usado como referência na comparação com os indicadores testados. Para a estimativa da digestibilidade aparente utilizou-se os indicadores: LIPE®, lignina Klason (LK), cinzas insolúveis em ácido clorídrico (CIA), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA). Os valores estimados com o LIPE® para os CDAMS, CDAMM, CDAMO, CDAPB, CDAFDN, CDAFDA, CDAHCEL e CDAEB foram de 73,36; 67,22; 96,44; 79,77; 66,13; 66,04; 70,47; 72,03%, e os estimados com a LK foram de 91,63; 59,47; 95,67; 73,40; 55,60; 37,05; 66,00 e 67,20%, respectivamente. A lignina Klason mostrou-se adequada para estimar os CDAMM, CDAMO, CDAFDN, CDAFDA, CDAHCEL e CDAEB de equinos a pasto, não sendo indicada para a estimativa do CDAMS e do CDAPB. Já os indicadores CIA, FDNi e FDAi subestimaram os valores de digestibilidade aparente dos nutrientes de equinos a pasto não sendo recomendada sua utilização para esta condição experimental.

Palavras-chave: Cinza insolúvel em ácido, fibra em detergente neutro indigestível, fibra em detergente ácido indigestível, indicadores, Lignina Klason, LIPE®

DIGESTIBILITY INDICATOR OF THE HORSES GRAZING

2.2 ABSTRACT: To determine the nutritional value of feeds are essential know about intake and digestibility of these. The determination of digestibility by the traditional method of total collection of feces is laborious. Thus, the estimation of digestibility by means of indicators may be desirable. For this study, were used seven mares Mangalarga Marchador, between three and five years old, with average weight of 389 kg. The animals were in grazing *Cynodon* sp.. Dry matter intake was estimated at 2,5% body weight and roughage: concentrate proportion of 50:50. Concentrate was divided in two daily portions. The experiment took 49 days and was divided in two different periods, with the initial 42 days to adapt the animals to the diet, place and training, and the last 7 days to provide the indicator and to collect feces. LIPE® was supplied to all animals, daily, directly in the mouth, for six days in a row in 0,5 grams of jelly pills, and feces collection was made for five days in a row, beginning in the third day after supply started. Preview assays showed that LIPE® is a trustful indicator for digestibility, therefore it was used in this assay as reference to compare tested indicators. To estimate apparent digestibility it was used the indicators: LIPE®, Klason lignin (LK), in acid-insoluble ash (AIA), ingestible neutral detergent fiber (iNDF) and ingestible acid detergent fiber (iADF). LIPE®'s estimated values for DCADM, DCAMM, DCAOM, DCACP, DCANDF, DCAADF, DCAHCEL, and DCAGE were 73,36; 67,22; 96,44; 79,77; 66,13; 66,04; 70,47; 72,03% and LK's estimated values were 91,63; 59,47; 95,67; 73,40; 55,60; 37,05; 66,00 and 67,20% respectively. Klason lignin was appropriated to estimate DCAMM, DCAOM, DCANDF, DCAADF, DCAHCEL DCAGE of grazing horses, and it is not suitable to estimate DCADM and DCACP. The indicators AIA, iNDF and iADF underestimated

values of apparent digestibility in grazing equine's nutrients, not being recommended for these experimental conditions.

Keywords: acid insoluble ash, indigestible acid detergent fiber, indigestible neutral detergent fiber, markers, Klason lignin, LIPE[®]

2.3. Introdução

A avaliação do valor nutritivo dos alimentos consumidos por animais em pastejo é um desafio para os nutricionistas. Para a determinação do valor nutritivo são fundamentais os conhecimentos relacionados ao consumo e a digestibilidade do alimento. A determinação da digestibilidade pelo método tradicional da coleta total é trabalhosa e de difícil realização em animais a pasto.

A digestibilidade *in vitro* dificilmente consegue imitar os efeitos associativos que influenciam a digestibilidade *in vivo*, como por exemplo, nível de consumo, taxa de passagem e interação entre estes fatores (Cochran et al., 1986)

Dessa forma, a estimativa da digestibilidade com o uso de indicadores pode ser desejável (Van Soest, 1994). Os marcadores internos ou externos apresentam vantagens em relação à coleta total de fezes, como por exemplo, a facilidade e conveniência de utilização. Além disso, proporcionam outras informações como o consumo de alimento ou de um nutriente específico, a taxa de passagem da digesta por todo o trato digestivo e a digestibilidade da dieta ou nutrientes específicos (Saliba, 2005a).

Dentre os indicadores externos, o LIPE[®] (Lignina Purificada e Enriquecida) tem se mostrado promissor como indicador de consumo e digestibilidade para a espécie equina devido facilidade de administração e análises, além da taxa de recuperação fecal de 96%, obtida em equinos por Lanzetta et al. (2009).

Como indicadores internos têm sido utilizados constituintes naturais da dieta que apresentam baixa digestibilidade. Estes apresentam a vantagem de já estarem presentes no alimento e, de um modo geral, permanecem uniformemente distribuídos na digesta durante o processo de digestão e excreção (Piaggio et al., 1991).

Substâncias que estão sendo normalmente avaliadas como indicadores interno são os componentes da parede celular, como a fibra em detergente neutro (FDN) e a fibra em detergente ácido (FDA) (Rezende et al., 1998) e as ligninas (Maurício et al., 1996). Além disso, resultados satisfatórios foram encontrados com a utilização das cinza insolúvel em ácido (CIA) como indicador (Miraglia et. al., 1999).

Em virtude da ausência de consenso entre os resultados de trabalhos realizados com equinos por meio do uso de indicadores internos, objetivou-se com a realização deste trabalho avaliar a digestibilidade dos nutrientes da dieta de animais criados a pasto por meio dos métodos dos indicadores internos (Lignina Klason, Cinzas insolúveis em ácido clorídrico, FDN e FDA) utilizando-se como referência os resultados obtidos com o indicador externo LIPE[®].

2.4. Material e Métodos

2.4.1 .Local

O experimento foi realizado no município de Montes Claros, em Minas Gerais, no Haras Catuni (Fazenda Santa Helena), durante os meses de janeiro e fevereiro de 2008.

2.4.2. Animais

Foram utilizadas sete éguas da Raça Mangalarga Marchador, entre três e cinco anos e com peso médio de 389 kg. Durante o período pré experimental os animais foram identificados, pesados, vermifugados¹ e banhados com solução carrapaticida².

2.4.3. Instalações

As éguas foram mantidas soltas em um piquete de 8,3 ha com pastagem de *Cynodon* sp. O concentrado foi fornecido em unidades de serviço localizadas na área do piquete. O sal mineral³ e água foram fornecidos à vontade para os animais em cochos cobertos.

2.4.4. Dieta

As éguas ficaram em condição de pastejo, sendo o volumoso constituído pela gramínea *Cynodon* sp. O concentrado foi composto de 61% milho, 15% farelo de soja, 19% farelo de trigo, 3% calcário calcítico, 1% fosfato bicálcico e 1% sal mineral. A composição química da dieta está descrita na tabela 1. Semanalmente as éguas foram pesadas e a cada pesagem foi avaliada a condição corporal destas (Carol & Huntington, 1988) para ajuste da quantidade de concentrado a ser fornecido diariamente (Anexo: Tabelas 2 e 3).

Foi estimada a ingestão de matéria seca na proporção de 2,5% do peso vivo. A relação entre concentrado:volumoso foi de 50:50. O concentrado diário foi dividida igualmente e fornecida duas vezes ao dia, as seis e às dezoito horas, em unidades de serviço (Anexo: tabela 1).

Tabela1: Composição química da dieta em porcentagem de matéria seca

Nutriente (%)	Alimento	
	Concentrado	Volumoso
MS	90,49	90,10
MM	11,85	9,59
MO	78,64	80,51
PB	16,26	9,77
EE	5,50	2,37
Ca	2,65	0,21
P	1,58	0,23
FDN	24,34	75,03
FDA	7,04	36,08
CEL	2,94	28,10
HEM	17,30	38,95
LIG	4,10	7,98
EB	4,20	4,37
(Mcal/kg de MS)		

MS: matéria seca; MM: matéria mineral; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; Ca: cálcio; P: fósforo; FDN: fibra insolúvel em detergente neutro; FDA: fibra insolúvel em detergente ácido; CEL: celulose; HCEL: hemiceluloses; LIG: ligninas; EB: Energia bruta. Relação de 40g PB/Mcal da dieta.

¹ Ouro Fino

² Butox®

³ Tortuga

2.4.5. Tratamentos

Os tratamentos foram os cinco indicadores utilizados para estimar a digestibilidade dos nutrientes: indicador externo LIPE® e indicadores internos: fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) e fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), Lignina Klason (LK), e Cinza insolúvel em detergente ácido (CIA).

2.4.6. Procedimento experimental

A etapa experimental teve duração de 49 dias e foi dividida em dois períodos, sendo os 42 dias iniciais destinados à adaptação dos animais à dieta, instalações e treinamento, e os últimos sete dias destinados ao fornecimento do indicador e coleta de fezes.

O LIPE® foi fornecido, diariamente, diretamente na boca de cada animal, por seis dias consecutivos em cápsulas de gelatina de 0,5g e a coleta de fezes foi realizada por cinco dias consecutivos iniciando-se no terceiro dia após o início do seu fornecimento (Lanzetta et al., 2009).

As amostras de fezes foram coletadas uma vez ao dia diretamente do reto dos animais e congeladas até o término do período experimental. Também foram coletadas amostras do volumoso por meio do pastejo simulado (Gardner, 1986) e do concentrado que foram mantidas congeladas.

Durante todo o período experimental as éguas foram mantidas em treinamento para prova de marcha, em dias alternados. O treinamento consistiu em dez minutos de passo, dez de marcha, quatro de galope e novamente, dez minutos de marcha e dez de passo. O condicionamento dos animais foi realizado de acordo com Prates et al. (2009).

2.4.7. Análises bromatológicas

As análises dos alimentos e das fezes foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG.

As amostras dos alimentos e das fezes foram descongeladas à temperatura ambiente. As fezes dos cinco dias de cada animal foram homogeneizadas e então retirada uma amostra de aproximadamente 400 g por animal. Estas amostras e as amostras dos alimentos foram pesadas, acondicionadas em bandejas e pré-secas em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas. Em seguida, foram novamente pesadas e moídas em moinho tipo Willey, em peneira de 1 mm. O material foi então acondicionado em frascos plásticos hermeticamente fechados e devidamente identificados.

Foram determinados os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), cálcio (Ca) e fósforo (P), segundo Association... (1995). A fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinadas segundo o método sequencial de Van Soest et al. (1991). Determinou-se o teor do indicador cinza insolúvel em ácido clorídrico 2N (CIA) de acordo com a metodologia de Van Keulen e Young (1977). Já o indicador lignina Klason (LK) foi determinada segundo Association... (1995) e a energia bruta (EB) foi determinada por calorímetro adiabático.

2.4.8. Análise do LIPE®:

O indicador LIPE® presente nas fezes de cada animal foi analisado através de espectroscopia no infravermelho, segundo Saliba (2005b), no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG.

2.4.9. Técnica de digestão cecal *in situ*

Foi realizada no Laboratório de Pesquisas em Saúde Equina – EQUILAB da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Foi utilizado um equino adulto com 220 kg de peso vivo fistulado no ceco e alimentado com uma dieta composta por 80% de volumoso e 20% concentrado, dividida em quatro frações diárias, sendo o consumo diário foi estimado em 2,5% do peso vivo (Nutrient...,1989).

A metodologia utilizada para a condução do ensaio de digestão cecal *in situ* foi adaptada dos procedimentos descritos por Huntington e Givens (1995). Foram utilizados sacos de náilon de porosidade de 45 μ (Tenyl[®]) e com área interna de 6,5 x 20,0 cm, segundo Hyslop et al. (1999), em uma relação de 20 g/cm². Após selagem à quente das laterais dos sacos, estes foram secos em estufa de ventilação forçada a 55°C por 24h, sendo depois pesados e identificados. Posteriormente, foram colocadas aproximadamente 5,2 g/saco de amostras do volumoso pré-seco e do concentrado, moídas a 2 mm em sacos separados.

Após selagem dos sacos, foi fixado na extremidade superior de cada saco um cordão de náilon (45 mm), a fim de permitir que o saco alcançasse toda a porção cecal e com livre movimentação. Foram inseridos dois sacos com amostras dos alimentos e um em branco, todos previamente umedecidos em água destilada por um minuto, antes da incubação, evitando assim flutuação no interior do ceco. Foram realizadas duas incubações para cada alimento.

Os sacos foram removidos do ceco após 48 horas de incubação e lavados manualmente com água corrente fria. A lavagem foi realizada suavemente até que na água utilizada não se encontrasse mais resíduos, caracterizando a remoção das impregnações. Os sacos foram secos em estufa de ventilação forçada a 55°C, por 48h, e pesados para cálculo das perdas de MS para cada saco.

Ao término do ensaio, os resíduos dos sacos do mesmo alimento foram misturados, homogeneizados e moídos a 1 mm, sendo então analisados quanto ao teor de MS (Association..., 1995) no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG.

2.4.10. Cálculos

a) Produção fecal com o uso da LIPE[®]: Com a impossibilidade de realização de coleta total para o estudo de consumo das éguas a pasto, a produção fecal foi calculada com o indicador externo LIPE[®] conforme descrito por Saliba (2005b):

$$PF \text{ (kg)} = \frac{\text{LIPE}^{\text{®}} \text{ fornecido (g)}}{\text{(Ai / MS fecal)}} \times 100$$

Onde PF = Produção fecal;

Ai = Relação logarítmica das intensidades de absorção das bandas dos comprimentos de onda a 1050 cm-1 / 1650 cm-1;

MS total = matéria seca fecal;

O Ai foi calculado através da fórmula: $Ai = A_{1050} / A_{1650}$ Sendo que: $A = \log \frac{I_0}{I}$

Onde, $I_0 >$ intensidade e $I <$ intensidade.

b) Digestibilidade *in situ* da matéria seca: As perdas dos nutrientes após as incubações cecais *in situ* foram expressas como coeficientes de digestibilidade *in situ* da MS (DISMS), determinados pelo resíduo de cada saco, dos alimentos volumoso e concentrado, de acordo com a fórmula descrita por Moore-Colyer et al. (2002):

$$\text{DISMS (\%)} = \frac{(\text{I} \times \text{MS alimento}) - (\text{F} \times \text{MS resíduo})}{(\text{I} \times \text{MS alimento})}$$

Onde:

I = quantidade de alimento (g) inserido em cada saco;

F = quantidade de resíduo (g)

MS = teor de matéria seca do alimento e do resíduo determinada a 105°C (Association..., 1995).

c) Consumo de MS total e do volumoso com o LIPE®: Após a obtenção dos valores de produção fecal (com o LIPE®) e digestibilidade *in situ* dos alimentos volumoso e concentrado, foram realizados os cálculos para se estimar o consumo de MS da dieta total e do volumoso, conforme Saliba (2005b):

$$\text{Consumo (kg MS)} = \frac{\text{produção de fezes}}{(100 - \text{digestibilidade})} \times 100$$

Como o consumo de MS diário e digestibilidade *in situ* da MS (DISMS) do concentrado são conhecidos, foi estimada a quantidade de fezes produzidas que correspondia à porção não aproveitada desse alimento. Em seguida, foi realizado o cálculo do consumo diário de volumoso, em kg de MS, uma vez que a DIMS também é conhecida e a produção fecal referente ao volumoso o resultado da diferença entre a produção fecal total e produção fecal referente ao concentrado. Logo, o consumo diário de MS total corresponde ao somatório dos consumos de concentrado e volumoso, em kg de MS por dia.

d) Cálculo da digestibilidade aparente estimada pelo LIPE®: O coeficiente de digestibilidade aparente foram calculados segundo Pond et al. (1995):

$$\text{CDA(\%)} = \frac{\text{nutriente alimento (g)} - \text{nutriente fezes (g)}}{\text{nutriente no alimento (g)}} \times 100$$

No qual o nutriente nas fezes foi calculado pela aplicação da fórmula:

$$\text{Nutrientes nas fezes (g)} = \frac{(\text{PF estimada (g)} \times \text{nutriente nas fezes(\%)})}{100}$$

PF estimada = produção fecal obtida utilizando-se o indicador Lipe®.

e) Cálculo da digestibilidade utilizando o indicador interno: Foi feito como descrito por Lippeke (2002):

$$\text{Digestibilidade} = 100 - 100 \frac{(\% \text{ indicador no alimento}) \times (\text{nutriente nas fezes (g)})}{(\% \text{ indicador nas fezes}) \quad (\% \text{ nutriente no alimento})}$$

2.4.11. Análises estatísticas

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, sendo que cada animal constituiu um bloco, e os diferentes indicadores os tratamentos.

Para avaliação dos resultados dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), matéria orgânica (CDAMO), matéria mineral (CDAMM), proteína bruta

(CDAPB) e extrato etéreo (CDAEE) estimados pelo indicador externo LIPE[®], e indicadores internos lignina Klason (LK), cinzas insolúveis em ácido clorídrico (CIA), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) utilizou-se o teste de Tukey ($p < 0,05$) para a comparação de médias que foi realizada através do programa SAEG – Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (UFV, 1997). Entretanto, os resultados dos CDAMM estimados pelo indicador FDN e os resultados de CDAEE estimados pela CIA apresentaram resultados negativos e não foram analisados.

Já para os resultados dos coeficientes de digestibilidade aparente das hemiceluloses (CDAHCEL), energia bruta (CDAEB), fibra em detergente neutro (CDAFDN) e fibra em detergente ácido (CDAFDA) estimados pelos indicadores LIPE[®], LK, CIA, FDN e FDA não apresentaram distribuição normal e foram analisados pelo teste não paramétrico de Mann-Whitney na comparação de médias que foi realizada pelo programa InStat versão 3.06. Porém, os dados dos CDAEB determinados pela CIA, os CDAFDN determinados pelo indicador FDN e os dados dos CDFDA estimados pelos indicadores FDN e FDA, apresentaram resultados negativos e também não foram analisados.

2.5 Resultados e Discussão

Na tabela 3 e 4 encontram-se os resultados da avaliação dos valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), matéria mineral (CDAMM), matéria orgânica (CDAMO), proteína bruta (CDAPB), fibra em detergente neutro (CDAFDN), fibra em detergente ácido (CDAFDA), hemiceluloses (CDAHCEL) e energia bruta (CDAEB), estimados pelo indicador externo LIPE[®], e indicadores internos lignina Klason (LK), cinzas insolúveis em ácido clorídrico (CIA), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) e fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), em porcentagem (%).

Tabela 3: Médias dos coeficientes de digestibilidade aparente matéria seca (CDAMS), matéria mineral (CDAMM), matéria orgânica (CDAMO) e proteína bruta (CDAPB) estimados pelo indicador externo LIPE[®], e indicadores internos lignina Klason, cinzas insolúveis em ácido clorídrico (CIA), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) e fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), em porcentagem (%)

Indicador	CDAMS (%)	CDAMM (%)	CDAMO (%)	CDAPB (%)
LIPE [®]	73,36 ^E	67,22 ^A	96,44 ^A	79,77 ^A
Lignina Klason	91,63 ^A	59,47 ^A	95,67 ^A	73,40 ^B
CIA	87,72 ^B	39,84 ^B	85,16 ^C	58,98 ^C
FDNi	79,33 ^D	-	89,44 ^B	30,98 ^E
FDAi	82,13 ^C	10,52 ^C	90,87 ^B	37,50 ^D
CV	1,39	12,33	1,28	5,99

Letras distintas na coluna indicam médias diferentes pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Tabela 4: Médias e medianas (valores mínimos e máximos) dos coeficientes de digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro (CDAFDN), fibra em detergente ácido (CDAFDA), hemiceluloses (CDAHCEL) e energia (CDAEB), estimados pelo indicador externo LIPE[®], e indicadores internos lignina Klason, cinzas insolúveis em ácido clorídrico (CIA), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) e fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), em porcentagem (%)

	Indicador	CDAFDN (%)	CDAFDA (%)	CDAHCEL (%)	CDAEB (%)
MÉDIAS	LIPE [®]	66,13 ^A	63,04 ^A	70,47 ^A	72,03 ^A
	Lignina Klason	55,60 ^{ABC}	37,05 ^{AB}	66,00 ^{AB}	67,20 ^{AC}
	CIA	37,28 ^{BC}	12,00 ^B	30,13 ^{BC}	-
	FDNi	-	-	17,53 ^C	18,87 ^B
	FDAi	33,25 ^C	-	33,75 ^{BC}	20,60 ^{BC}
MEDIANAS	LIPE [®]	65,96 (65,07-67,34)	66,89 (64,69-67,73)	73,77 (72,09-75,69)	74,70 (73,31-76,49)
	Lignina Klason	55,60 (41,65-62,78)	37,05 (20,87-44,12)	66,00 (50,25-71,46)	67,21 (58,55-71,59)
	CIA	37,28 (32,38-46,82)	12,00 (2,08-30,36)	30,13 (26,96-35,40)	-
	FDNi	-	-	17,53 (11,70-20,90)	18,86 (14,98-20,84)
	FDAi	33,25 (29,39-35,25)	-	33,75 (24,10-38,77)	29,60 (27,42-31,93)

Letras distintas na coluna indicam médias diferentes pelo teste de Mann-Whitney (P<0,05).

O indicador externo LIPE[®] tem sido utilizado com sucesso para estimar a digestibilidade dos nutrientes nas espécies de produção quando comparado com a coleta total (Saliba et al., 2003a; Saliba et al., 2003b).

Este indicador também foi validado para a espécie equina no ensaio realizado por Lanzetta et al. (2009). Estes autores trabalharam com o LIPE[®] para a determinação da digestibilidade aparente da dieta de equinos, utilizando potras da raça Mangalarga Marchador alimentadas com feno de alfafa e concentrado comercial na proporção de 50:50. Os autores observaram taxa média de recuperação fecal da LIPE[®] de 95,94%, sendo este valor semelhante (P>0,05) ao da coleta total de fezes (CTF). Além disto, o valor da produção fecal com o LIPE[®] (3,76kg) foi semelhante (P>0,05) ao da CTF (3,92kg). A digestibilidade da MS, PB, EE, FND, FDA, CEL e HCEL obtida a partir da LIPE[®] foram 64,86; 79,73; 97,90; 56,04; 54,35; 47,56 e 58,70%, respectivamente, e também não diferiram (P>0,05) dos valores obtidos pela CTF. Os autores concluíram que a LIPE[®] foi eficiente como indicador de digestibilidade em equinos e pode ser utilizada em substituição a CTF.

Devido a confiabilidade dos dados obtidos com a LIPE[®] e sua facilidade de utilização em animais a pasto, este indicador foi escolhido para ser a referência na comparação com os indicadores internos utilizados no presente trabalho.

Os valores estimados com a LIPE[®] para os CDAMS, CDAMM, CDAMO, CDAPB, CDAFDN, CDAFDA, CDAHCEL e CDAEB foram de 73,36; 67,22; 96,44; 79,77; 66,13; 66,04; 70,47 e 72,03%, respectivamente (tabelas 3 e 4).

Na tabela 3 verifica-se que o CDAPB obtido com a LIPE[®] foi superior (P<0,05) aos obtidos pelos demais indicadores utilizados e o valor do CDAMS foi o menor em relação a estes mesmos indicadores (P<0,05). Já nas tabelas 3 e 4 observa-se semelhança (P>0,05) dos CDAMM,

CDAMO, CDAFDN, CDAFDA, CDAHCEL e CDAEB obtidos pela LIPE[®] em relação ao indicador interno LK.

Ainda nas tabelas 3 e 4 pode-se constatar que os CDAMS, CDAMM, CDAMO, CDAPB, CDAFDN, CDAFDA, CDAHCEL e CDAEB estimados com LK, foram de, 91,63; 59,47; 95,67; 73,40; 55,60; 37,05; 66,00; 67,20% e que o CDAMS determinado com este indicador apresentou o maior valor ($P < 0,05$), em relação aos demais indicadores avaliados (LIPE[®], CIA, FDN e FDA) que foram diferentes entre si ($P < 0,05$). Já o CDAPB foi inferior ($P < 0,05$) ao obtido pela LIPE[®] e superior ($P < 0,05$) aos demais indicadores que também diferiram entre si ($P < 0,05$).

Maurício et al. (1996), trabalhando com equinos, asininos e muarees adultos determinaram a digestibilidade aparente de uma ração composta de feno de capim *coastcross* e concentrado por meio das ligninas em detergente ácido, óxido crômico e método de coleta total de fezes (CTF). Estes autores observaram 59,03% de digestibilidade da matéria seca pelo método das ligninas e 64,50% por meio da CTF. Os resultados mostraram que as ligninas subestimaram ($P < 0,05$) o CDAMS em relação à CTF, ao contrário do que foi observado neste trabalho, no qual a lignina Klason superestimou o CDAMS ($P < 0,05$) em relação ao LIPE[®] e aos demais indicadores.

Apesar do método das ligninas em detergente ácido (LDA), que foi utilizado no experimento de Maurício et al. (1996), e do método lignina Klason, utilizado neste trabalho, basearem-se essencialmente na hidrólise ácida dos componentes da parede celular, exceto das ligninas, estes têm produzido resultados conflitantes até em uma mesma amostra da planta forrageira (Hatfield et al., 1994). Deve-se considerar também que de acordo com Fukshima (1989) e Van Soest (1994) os valores de LDA e LK também podem ser erroneamente determinados devido à presença de contaminantes insolúveis como compostos fenólicos de baixo peso molecular, não-fenólicos e cutina.

O CDAMS estimado por meio da CIA foi de 87,72%. Este foi inferior ($P < 0,05$) apenas ao coeficiente de digestibilidade determinado pela LK, sendo superior ($P < 0,05$) aos obtidos com os demais indicadores. Os CDAMM, CDAMO, CDAPB, CDAFDN, CDAFDA, CDAHCEL obtidos por meio da CIA foram de 39,84; 85,16; 58,98; 37,28; 12,00 e 30,13%, respectivamente. Todos estes coeficientes de digestibilidade foram menores ($P < 0,05$) que aqueles obtidos com a LIPE[®] (tabelas 3 e 4)

Em ruminantes, a literatura preconizou o teor mínimo de 0,75% de CIA na MS da dieta ou no alimento para que a estimativa da digestibilidade por este indicador seja precisa (Thonney et al., 1985). Neste trabalho o volumoso continha 3,6% e o concentrado 1,4% de CIA na MS. No presente trabalho, como o consumo médio de volumoso estimado com a LIPE[®] foi de 6,138 kg de MS e o consumo médio de concentrado mensurado foi de 4,175 kg de MS, o teor de CIA da dieta foi de 2,59%, estando de acordo com as recomendações de Thoney et al. (1985). Dessa forma, possivelmente, não é este o motivo dos baixos coeficientes de digestibilidade aparente obtidos com este método.

Em relação aos coeficientes de digestibilidade aparente estimados pelo FDNi, o teor do CDAMS foi de 79,33%, sendo este valor superior ($P < 0,05$) somente, ao coeficiente de digestibilidade estimado com a LIPE[®]. O CDAPB foi de 30,98, e este foi o menor valor ($P < 0,05$) obtido em relação aos indicadores usados. O CDAMO, CDAHCEL e o CDAEB foram de 89,44; 17,53; 18,87%, respectivamente, sendo inferiores ($P < 0,05$) aos obtidos pelo LIPE[®], LK e CIA. Já os CDAMM, CDAFDN e CDAFDA apresentaram valores negativos e por este motivo não foram apresentados nas tabelas 3 e 4.

O CDAMS estimado pelo FDAi foi de 82,13%, sendo este valor superior ($P < 0,05$) ao estimado pelo LIPE[®]. Já os CDAMM, CDAMO, CDAPB, CDAFDN, CDAHCEL e CDAEB obtidos com este indicador foram de 10,52; 90,87; 37,50; 33,25; 33,75 e 20,70%, e estes valores foram menores ($P < 0,05$) que aqueles obtidos com a utilização da LIPE[®]. O CDAFDA obtido com a FDAi também apresentou valor negativo e não foi apresentado (tabelas 3 e 4).

O cálculo de digestibilidade com a utilização de indicadores internos leva em consideração a relação entre a concentração do indicador no alimento e nas fezes e a relação entre a concentração do nutriente nas fezes e no alimento, sendo que toda esta parte da equação é responsável pelo valor de indigestibilidade do nutriente que é subtraído do valor 100. Quando se observa alta concentração do nutriente nas fezes, a relação entre este e sua concentração no alimento fornecerá maior valor do que quando comparado a baixa concentração do nutriente nas fezes.

Já a relação entre a concentração do indicador no alimento e nas fezes pode estar super estimada no caso dos indicadores internos. Isto ocorre, porque os nutrientes são parcialmente digestíveis, proporcionando baixos valores destes nas fezes o que leva a um baixo valor de digestibilidade aparente. Estes baixos valores de digestibilidade ($P < 0,05$) obtidos por meio dos indicadores internos CIA, FDNi e FDAi em relação ao LIPE[®] foram observados neste trabalho.

O maior valor do CDAMS obtido por meio dos indicadores internos (LK, CIA, FDNi e FDAi) é devido a alta concentração da matéria seca no alimento, o que diminui muito a relação entre a concentração do nutriente nas fezes e no alimento, aumentando a digestibilidade. No entanto, o alto valor ($P < 0,05$) do CDAMS estimado pela CIA, em comparação ao valor estimado com o uso do LIPE[®], também pode ter ocorrido devido ao consumo de solo pelos animais do experimento, que foram mantidos a pasto. Este fato também foi relatado por Stein et al. (2006) que compararam metodologias de estimativa do coeficiente de digestibilidade em dietas para equinos a partir do método da CTF e do uso dos indicadores internos, celulose indigestível, FDAi e CIA. Estes autores observaram que as estimativas de digestibilidade pela CIA foram, em média, 40% acima daquelas calculadas pela CTF e, atribuíram estes resultados às maiores taxas de recuperação fecal, de aproximadamente 144,5%. Estes autores ressaltaram como possível causa da elevada recuperação fecal observada o fato de parte da dieta eventualmente ser derramada do cocho pelos animais e possivelmente foi ingerida com areia e outras partículas do piso, afetando a ingestão e recuperação de CIA.

Segundo Rodriguez et al. (2006) deve-se ter cuidado na utilização da CIA como indicador em experimentos envolvendo animais sob pastejo devido ao risco de ingestão esporádica de solo, o que mascara as estimativas de cinzas nas fezes, sendo esta uma importante fonte de erros quando se utiliza as cinzas insolúveis para determinação de digestibilidade.

Os valores dos CDAMM, CDAMO, CDAFDN, CDAFDA, CDAHCEL e CDAEB obtidos pela LK foram semelhantes ($P > 0,05$) aos obtidos com o LIPE[®], discordando do que foi observado para os demais indicadores internos utilizados o que ocorreu em virtude da maior recuperação das ligninas nas fezes o que levou a menor relação entre a concentração do indicador no alimento e nas fezes, obtendo-se maiores valores de digestibilidade em relação aos demais indicadores estudados.

Miraglia et al. (1999), utilizaram cinza insolúvel em ácido (CIA), ligninas em detergente ácido (LDA) e coleta total de fezes (CTF) para estimativa da digestibilidade aparente dos nutrientes de dietas compostas por volumosos e concentrado de quatro equinos adultos. Estes autores encontraram baixo coeficiente de digestibilidade para a matéria seca, matéria orgânica, energia, fibra bruta, proteína, fibra em detergente ácido e fibra em detergente neutro utilizando a LDA como marcador interno. Os autores não encontraram diferença entre a CIA e o método da CTF. Eles concluíram que as ligninas não devem ser utilizadas como marcador interno, pois apresentou recuperação nas fezes de apenas 41% e a CIA pode ser utilizada na determinação da digestibilidade de equinos. Estes achados contradizem aqueles encontrados no presente trabalho para os indicadores CIA e ligninas (tabelas 3 e 4).

Os resultados obtidos pela CIA podem ter ocorrido porque os animais da pesquisa de Miraglia et al. (1999) foram mantidos estabulados e os do presente trabalho foram mantidos a pasto o que pode ter levado a um consumo adequado de CIA, sem as alterações citadas por Rodriguez et al. (2006) causadas por uma possível ingestão de solo, que ocorre quando os animais estão em condições de pastejo.

Já para as diferenças encontradas em relação às ligninas devem-se considerar as ponderações de Muntiferng (1982) que citou como prováveis razões da ineficiência na recuperação das ligninas a diferenciação dos monômeros fenólicos das ligninas originais (digestão verdadeira); digestão aparente obtida pela formação de complexos solúveis lignina-carboidratos; destruição parcial das ligninas fecais pelos reagentes usados nos métodos analíticos; diferenças físicas e/ou químicas entre os alimentos e as fezes na natureza do material definido como ligninas.

2.6. Conclusões

A lignina Klason mostrou-se adequada para estimar os CDAMM, CDAMO, CDAFDN, CDAFDA, CDAHCEL e CDAEB de equinos a pasto, não sendo indicada para a estimativa do CDAMS e do CDAPB.

Os indicadores CIA, FDN_i e FDA_i subestimaram os valores de digestibilidade aparente dos nutrientes de equinos a pasto e não são recomendados para estas condições experimentais.

São escassas as informações a respeito da digestibilidade aparente dos nutrientes em equinos a pasto, sendo necessários mais estudos com o uso de indicadores internos e externos em equinos sob esta condição.

2.7. Referências bibliográficas

ASSOCIATION of American Feed Control Officials. Atlanta: GA. 1996

ASSOCIATION official analytical chemists. *International official methods of analysis*. 16. ed. Arlington: AOAC, 1995. 1015P.

ARAÚJO, K.V.; LIMA, J.A.F.; FIALHO, E.T. et al. Comparação entre indicadores internos e o método da coleta total na determinação da digestibilidade dos nutrientes de alimentos volumosos, em equinos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.29, n.3, p. 745-751, 2000a.

ARAÚJO, K.V.; LIMA, J.A.F.; FIALHO, E.T. et al. Comparação entre indicadores internos e o método da coleta total para determinar digestibilidade os nutrientes de dietas mistas em equinos. *Ciênc. agrotec.*, v. 24, n.4, p. 1041-1048, 2000b.

COCHRAN, R.C.; ADAMS, D.C.; WALLACE, J.D. et al. Predicting digestibility of different diets with internal markers: evaluation of four potential markers. *J. Anim. Sci.*, v. 63, n.5, p.1476-1483, 1986.

FUKSHIMA, R.S. *Modification of a colorimetric analysis for lignin and its use in studying in inhibitory effect of lignin on forage digestion by ruminal microorganisms*. 1989. 125 f. Tese. (Ph. D em nutrição animal). The Ohio State University, Columbus, OH: OSU, 1989).

HATFIELD, R.D.; JUNG, H.G.; RALF, J. A comparison of insoluble residues produced by the klason lignin and acid detergent lignin produced. *J. Agri. Food Chem.* v. 65, n.1, p. 51-58,1994.

HUNTINGTON, J. A.; GIVENS, D. L. The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feeds: a review of the procedure. *Nut. Abst. Rev.* (Series B), v. 65, n. 2, p. 63-93, 1995.

HYSLOP, J. J.; STEFANSDDOTTIR, G. J.; MCLEAN, B. M. L.; et al. *In situ* incubation sequence and its effect on degradation of food components when measured in the caecum of ponies. *Ani. Sci.*, v. 69, p. 147-156, 1999.

LANZETTA, V.A.S.; REZENDE, A.S.C.; SALIBA, E.O.S. et al. Validação do Lipe[®] como método para determinar a digestibilidade dos nutrientes em equinos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.38, n.1, p. 69-74, 2009.

LIPPKE, H. Estimation of Forage Intake by Ruminants on Pasture. *Crop Sci.* v. 42, n. 3, p. 869-872, 2002.

- MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES, L.C.; RESENDE, AC. et al. Determinação da digestibilidade aparente em equídeos através do óxido crômico, da lignina e da coleta total das fezes. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.48, n.6, p.703-711, 1996.
- MIRAGLIA, N.; BERGERO, D.; BASSANO, B. et al. Studies of apparent digestibility in horses and the use of internal markers. *Livest. Prod. Sci.*, v. 60, p.21-25, 1999.
- MOORE-COLYER, M. J. S.; HYSLOP, J. J.; LONGLAND, A. C.; et al. The mobile bag technique as a method for determining the degradation of four botanically diverse fibrous feedstuffs in the small intestine and total digestive tract of ponies. *Br. J. Nut.*, v. 88, n. 6, p. 729-740, 2002.
- MUNTIFERING, R.B. Evaluation of various lignin assays for determining ruminal digestion of roughages by lambs. *J. Anim. Sci.*, v. 55, n. 2, p.432-438, 1982.
- NUTRIENT requirement of horses. 5. ed. Washington: National Academy Press, 1989. 100p.
- OLIVEIRA, C. A. A.; ALMEIDA, F.Q.; VALADARES FILHO, S.C. Estimativa da digestibilidade aparente de nutrientes em dietas para equinos, com o uso de óxido crômico e indicadores internos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.32, n.6, p.1681-1689, 2003
- PIAGGIO, L.M.; PRATES, E.R.; PIRES, F.F. et al. Avaliação das cinzas insolúveis em ácido, fibra em detergente ácido indigestível e lignina em detergente ácido como indicadores internos de digestibilidade. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v. 20, n.3, p. 306-312, 1991.
- POND, W.G.; CHURCH, D.C.; POND, K.R. *Animal nutrition and feeding*. 4. ed. New York: John Wiley & Sons, 1995. 615 p.
- REZENDE, A.S.C; GONÇALVES, L.C; CARVALHO, M.A.G. et al. Digestibilidade aparente em equídeos submetidos a três condutas de arraçamento. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 50, n. 4, p. 429-434, 1998.
- RODRIGUEZ, N.M.; SALIBA, E.O.S.; GUIMARÃES, R. Uso de indicadores para estimativa de consumo a pasto e digestibilidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 43, 2006, João Pessoa. *Anais ... João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 2006, p.33-352.
- SALIBA, E.O.S.; PEREIRA, R.A.N; FERREIRA, W.M. et al. Lignin from Eucalyptus Grandis as indicator for rabbits in digestibility trials. *Trop. Subtrop. Agroecosystems*, v. 3, n. 3, 2003b.
- SALIBA, E.O.S.; RODRIGEZ, N.M.; PILO-VELOSO, D. et al. Estudo comparativo da coleta total com a lignina purificada como indicador de digestibilidade para ovinos em experimento com feno de Tifton 85. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria. *Anais... Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 2003a. (CD-ROM).
- SALIBA, E.O.S. Uso de indicadores: Passado, presente e futuro. In: TELECONFERÊNCIA SOBRE INDICADORES EM NUTRIÇÃO ANIMAL, 1, 2005, Belo Horizonte. Escola de Veterinária / UFMG, 2005b. p. 04-22.
- SALIBA, E.O.S. (Coord.). Mini curso sobre o uso de indicadores. In: TELECONFERÊNCIA SOBRE INDICADORES EM NUTRIÇÃO ANIMAL, 1, 2005, Belo Horizonte. Escola de Veterinária / UFMG, 2005a. p. 34-35.
- STEIN, R. B.S.; TOLEDO, L.R.A. ALMEIDA, F.Q. Estimativa da digestibilidade aparente da matéria seca por meio de indicadores internos em equinos. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 35, n. 2, p.504-511, 2006.
- THONNEY, M.L.; PALHOF, B.A; De CARLO, M.R. et al. Sources od variation of dry matter digestibility measured by the acid insoluble ash marker. *J. Dairy Sci.*, v. 68, n. 3, p. 661- 668, 1984.

SISTEMA de análises estatísticas e genéticas. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997.150p. (Manual do usuário versão 7.0).

VAN KEULEN, J.; YOUNG, B. A. Evaluation of Acid insoluble ash as a natural markers in ruminant digestibility studies. *J. Ani. Sci.*, v. 44, n. 2, p.282-287, 1977.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polyssacharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, v. 74, n. 10, p. 3583 – 3597, 1991.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. Ithaca: Cornel University Press. 1994. 476 p.

CAPÍTULO III– LIPE[®] E LIGNINA KLASON PARA ESTIMATIVA DE CONSUMO DE EQUINOS A PASTO

3.1. RESUMO - A correta estimativa do consumo de matéria seca dos animais é uma ferramenta importante para que o nutricionista faça inferências sobre o alimento e possa estimar o desempenho dos animais. A estimativa do consumo é ainda mais importante quando os animais estão a pasto, devido às dificuldades de quantificação exata deste consumo. No presente ensaio foram utilizadas sete éguas da Raça Mangalarga Marchador, entre três e cinco anos e com peso médio de 389 kg. As éguas ficaram em condição de pastejo, sendo o volumoso constituído por *Cynodon* sp. Foi estimado o consumo de matéria seca de 2,5% do peso vivo e a relação concentrado/volumoso de 50:50. A quantidade de concentrado foi dividida igualmente e fornecida duas vezes ao dia. A etapa experimental teve duração de 49 dias e foi dividida em dois períodos, sendo os 42 dias iniciais destinados à adaptação dos animais à dieta, instalações e treinamento, e os últimos sete dias destinados ao fornecimento do indicador e coleta de fezes. O LIPE[®] foi fornecido a todos os animais como indicador externo de estimativa de consumo que também foi estimado pela fórmula de Saliba & Rodriguez (2009). O LIPE[®] foi fornecido, diariamente, diretamente na boca de cada animal, por seis dias consecutivos em cápsulas de gelatina de 0,5g e a coleta de fezes foi realizada por cinco dias consecutivos iniciando-se no terceiro dia após o início do seu fornecimento. O consumo de matéria seca estimado pelo LIPE[®] foi inferior ($P < 0,05$) ao consumo estimado pela fórmula de Saliba & Rodriguez (2009). O valor de consumo em porcentagem do peso vivo estimado pelo LIPE[®] foi 0,55% acima do recomendado pelo Nutrient... (2007) que é de 2,25% do peso vivo para animais em exercício moderado. Já o valor estimado pela fórmula de Saliba & Rodriguez (2009) foi 0,95% acima. A utilização da LIPE[®] para a determinação do consumo de equinos a pasto fornece resultados semelhantes às recomendações do Nutrient... (2007) sendo esta metodologia apresenta potencial para a determinação do consumo desta espécie em condições de pastejo. A metodologia utilizada para determinação de consumo a partir do uso concomitante da lignina Klason e do LIPE[®] necessita de mais estudos para comprovação de sua eficiência.

Palavras-chave: indicadores, Mangalarga Marchador, volumoso

LIPE[®] AND KLASON LIGNIN ESTIMATE FOR INTAKE OF HORSES GRAZING

3.2ABSTRACT: The correct estimate of dry matter intake of animals is an important tool for the dietitian to make inferences about the feed and can estimate the performance of animals. The estimate of intake is even more important when the animals are on grazing, due to the difficulties of accurate quantification of this intake. For this study, were used 7 mares Mangalarga Marchador, between three and five years old, with average weight of 389 kg. The animals were in grazing *Cynodon* sp.. Dry matter intake was estimated at 2,5% body weight and roughage: concentrate proportion of 50:50. Concentrate was divided in two daily portions. The experiment took 49 days and was divided in two different periods, with the initial 42 days to adapt the animals to the diet, place and training, and the last seven days to provide the indicator and to collect feces. LIPE[®] was supplied to all animals as an external indicator to estimate intake, which was also estimated by Saliba & Rodriguez's formula (2009). LIPE[®] was supplied to all animals, daily, directly in the mouth, for six days in a row in 0,5 grams of jelly pills, and feces collection was made for five days in a row, beginning in the third day after supply started. Dry matter intake estimated by LIPE[®] was inferior ($P < 0,05$) than estimated intake by Saliba & Rodriguez's formula (2009). Intake values in percentage of body weight estimated by LIPE[®] was 0,55% higher than recommended by Nutrient... (2007), which is 2,25% of body weight for animals in moderate exercise, and the estimated value by Saliba & Rodriguez's formula was 0,95% higher. LIPE[®]'s utilization to determine grazing equine's intake provides similar Nutrient's...(2007) recommendations, presenting potential to be used to determine intake in these specie in grazing conditions. The methodology used to determine intake, associating LK and LIPE[®] needs more studies.

Keywords: markers, Mangalarga Marchador, forage

3.3. Introdução

A correta estimativa do consumo de matéria seca dos animais é uma ferramenta importante para que o nutricionista faça inferências sobre o alimento e possa estimar o desempenho dos animais (Burns et al., 1994). A estimativa do consumo é ainda mais importante quando os animais estão em regime de pastejo, devido às dificuldades de quantificação exata deste consumo.

Assim, a avaliação de métodos que estimem o consumo sob condições de pastejo são fundamentais. Como alternativas podem ser utilizados os indicadores internos ou externos, principalmente porque estes permitem individualizar o consumo mesmo quando os animais são mantidos em grupo (Saliba, 2005a).

O valor de consumo depende da relação entre a produção fecal e a digestibilidade do alimento. A coleta total de fezes é a técnica tradicional e direta para determinação da digestibilidade, mas esta técnica exige controle rigoroso da ingestão e excreção, o que a torna trabalhosa (Berchielli et al., 2000).

A maneira indireta de determinação da digestibilidade é obtida pelos indicadores. A base da utilização dos indicadores internos para a estimativa da digestibilidade é a recuperação de frações indigestíveis do alimento (Van Soest, 1994).

Os indicadores apresentam facilidades de execução sobre a coleta total, como por exemplo, a facilidade e conveniência de utilização. Além de proporcionarem a avaliação da digestibilidade dos nutrientes da dieta os indicadores fornecem informações como o consumo do alimento ou de nutrientes específicos e a taxa de passagem da digesta pelo trato gastrointestinal (Saliba, 2005a).

Dentre os indicadores externos, a LIPE[®] (Lignina Purificada e enriquecida) é produzida de uma lignina isolada e enriquecida com grupamentos fenólicos não comumente encontrados nas ligninas da dieta animal e apresenta propriedades físico-químicas estáveis e consistência estrutural, pois permanece inalterada no trajeto do trato gastrointestinal e pode ser totalmente recuperada nas fezes (Saliba et al., 2003).

A utilização do LIPE[®] já foi comprovada na espécie equina, pois tem sido utilizado com sucesso em experimentos com esta espécie para estimar o consumo e a digestibilidade do alimento (Lanzetta et al., 2009; Moss, et al., 2008; Moura et al., 2009).

A lignina Klason é um indicador interno e seu método de determinação baseia-se na hidrólise ácida, com ácido sulfúrico a 72%, da parede celular, exceto das ligninas. O uso combinado da lignina Klason e da LIPE[®] como indicador interno e externo, respectivamente, para a determinação de consumo de animais a pasto (Silva, 2007), baseia-se no princípio dos n-alcenos (fornecimento de um n-alceno sintético associado ao n-alceno natural das plantas) (Dove & Mayes 1991). A hipótese para este cálculo baseia-se no fato de que a fração da lignina Klason está contaminada com a lignina proveniente da LIPE[®] (Silva, 2007).

Dessa maneira, a estimativa de consumo por meio do uso concomitante da LIPE[®] e da lignina Klason pode ser uma alternativa nos estudos de consumo a pasto, principalmente pelo fato de dispensar a necessidade do dado de digestibilidade do alimento no cálculo do consumo.

Apesar do grande destaque do rebanho equino em termos numéricos e em relação à geração de renda para o país (Lima et al., 2006), ainda são escassos os trabalhos que investigam o consumo destes animais a pasto, que é uma característica do tipo de criação no Brasil. Então, objetivou-se com este trabalho avaliar o consumo de equinos a pasto através do indicador externo LIPE[®] e do uso combinado da lignina Klason e da LIPE[®].

3.4. Material e Métodos

3.4.1 Local

O experimento foi realizado no município de Montes Claros, em Minas Gerais, no Haras Catuni (Fazenda Santa Helena), durante os meses de janeiro e fevereiro de 2008.

3.4.2. Animais

Foram utilizadas sete éguas da Raça Mangalarga Marchador, entre três e cinco anos e com peso médio de 389 kg. Durante o período pré experimental os animais foram identificados, pesados, vermifugados⁴ e banhados com solução carrapaticida⁵.

3.4.3. Instalações

As éguas foram mantidas soltas em um piquete de 8,3 ha com pastagem de *Cynodon* sp. O concentrado foi fornecido em unidades de serviço localizadas na área do piquete. O sal mineral⁶ e água foram fornecidos à vontade para os animais em cochos cobertos.

3.4.4. Dieta

As éguas ficaram em condição de pastejo, sendo o volumoso constituído pela gramínea *Cynodon* sp. O concentrado foi composto de 61% milho, 15% farelo de soja, 19% farelo de trigo, 3% calcário calcítico, 1% fosfato bicálcico e 1% sal mineral. A composição química da dieta está descrita na tabela 1. Semanalmente as éguas foram pesadas e a cada pesagem foi avaliada a condição corporal destas (Carol & Huntington, 1988) para ajuste da quantidade de concentrado a ser fornecido diariamente (Anexo: Tabelas 2 e 3).

Foi estimada a ingestão de matéria seca na proporção de 2,5% do peso vivo. A relação entre concentrado:volumoso foi de 50:50. O concentrado diário foi dividida igualmente e fornecida duas vezes ao dia, as seis e às dezoito horas, em unidades de serviço (Anexo: tabela 1).

Tabela1: Composição química da dieta em porcentagem de matéria seca

Nutriente (%)	Alimento	
	Concentrado	Volumoso
MS	90,49	90,10
MM	11,85	9,59
MO	78,64	80,51
PB	16,26	9,77
EE	5,50	2,37
Ca	2,65	0,21
P	1,58	0,23
FDN	24,34	75,03
FDA	7,04	36,08
CEL	2,94	28,10
HEM	17,30	38,95
LIG	4,10	7,98
EB (Mcal/kg de MS)	4,20	4,37

MS: matéria seca; MM: matéria mineral; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; Ca: cálcio; P: fósforo; FDN: fibra insolúvel em detergente neutro; FDA: fibra insolúvel em detergente ácido; CEL: celulose; HCEL: hemiceluloses; LIG: ligninas; EB: Energia bruta. Relação de 40g PB/Mcal da dieta.

⁴ Ouro Fino

⁵ Butox®

⁶ Tortuga

3.4.5. Tratamentos

Os tratamentos experimentais foram:

- 1- Avaliação do consumo por meio do fornecimento do indicador externo LIPE[®] a todos os sete animais.
- 2- Estimativa do consumo por meio da aplicação da fórmula de Saliba & Rodriguez (2009). Para tanto, serão determinados os valores de LIPE[®] e de lignina Klason nas fezes dos sete animais.

3.4.6. Procedimento experimental

A etapa experimental teve duração de 49 dias e foi dividida em dois períodos, sendo os 42 dias iniciais destinados à adaptação dos animais à dieta, instalações e treinamento, e os últimos sete dias destinados ao fornecimento do indicador e coleta de fezes.

O LIPE[®] foi fornecido, diariamente, diretamente na boca de cada animal, por seis dias consecutivos em cápsulas de gelatina de 0,5g e a coleta de fezes foi realizada por cinco dias consecutivos iniciando-se no terceiro dia após o início do seu fornecimento (Lanzetta et al., 2009).

As amostras de fezes foram coletadas uma vez ao dia diretamente do reto dos animais e congeladas até o término do período experimental. Também foram coletadas amostras do volumoso por meio do pastejo simulado (Gardner, 1986) e do concentrado que foram mantidas congeladas.

Durante todo o período experimental as éguas foram mantidas em treinamento para prova de marcha, em dias alternados. O treinamento consistiu em dez minutos de passo, dez de marcha, quatro de galope e novamente, dez minutos de marcha e dez de passo. O condicionamento dos animais foi realizado de acordo com Prates et al. (2009).

3.4.7. Análises bromatológicas

As análises dos alimentos e das fezes foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG.

As amostras dos alimentos e das fezes foram descongeladas à temperatura ambiente. As fezes dos cinco dias de cada animal foram homogeneizadas e então retirada uma amostra de aproximadamente 400 g por animal. Estas amostras e as amostras dos alimentos foram pesadas, acondicionadas em bandejas e pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas. Em seguida, foram novamente pesadas e moídas em moinho tipo Willey, em peneira de 1 mm. O material foi então acondicionado em frascos plásticos hermeticamente fechados e devidamente identificados.

Foram determinados os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB), matéria mineral (MM), cálcio (Ca) e fósforo (P), segundo Association... (1995). A fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinadas segundo Van Soest et al. (1991). Já a lignina Klason (LK) foi avaliada de acordo com a Association... (1995) e a energia bruta (EB) foi determinada por calorímetro adiabático.

3.4.8. Análise do LIPE[®]:

O indicador LIPE[®] presente nas fezes de cada animal foi analisado através de espectroscopia no infravermelho, segundo Saliba (2005b), no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG.

3.4.9. Técnica de digestão cecal *in situ*

Foi realizada no Laboratório de Pesquisas em Saúde Equina – EQUILAB da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Foi utilizado um equino adulto com 220 kg de peso vivo fistulado no ceco e alimentado com uma dieta composta por 80% de volumoso e 20% concentrado, dividida em quatro frações diárias, sendo o consumo diário equivalente a 2,5% do peso vivo (Nutrient..., 1989).

A metodologia utilizada para a condução do ensaio de digestão cecal *in situ* foi adaptada dos procedimentos descritos por Huntington e Givens (1995). Foram utilizados sacos de náilon de porosidade de 45 μ (Tenyl[®]) e com área interna de 6,5 x 20,0 cm, segundo Hyslop et al. (1999), em uma relação de 20 g/cm². Após selagem à quente das laterais dos sacos, estes foram secos em estufa de ventilação forçada a 55°C por 24h, sendo depois pesados e identificados. Posteriormente, foram colocadas aproximadamente 5,2 g/saco de amostras do volumoso pré-seco e do concentrado, moídas a 2 mm em sacos separados.

Após selagem dos sacos, foi fixado na extremidade superior de cada saco um cordão de náilon (45 mm), a fim de permitir que o saco alcançasse toda a porção cecal e com livre movimentação. Foram inseridos dois sacos com amostras dos alimentos e um em branco, todos previamente umedecidos em água destilada por um minuto, antes da incubação, evitando assim flutuação no interior do ceco. Foram realizadas duas incubações para cada alimento.

Os sacos foram removidos do ceco após 48 horas de incubação e lavados manualmente com água corrente fria. A lavagem foi realizada suavemente até que na água utilizada não se encontrasse mais resíduos, caracterizando a remoção das impregnações. Os sacos foram secos em estufa de ventilação forçada a 55°C, por 48h, e pesados para cálculo das perdas de MS para cada saco.

Ao término do ensaio, os resíduos dos sacos do mesmo alimento foram misturados, homogeneizados e moídos a 1 mm, sendo então analisados quanto ao teor de MS (Association..., 1995) no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG.

3.4.10. Cálculos

a) Produção fecal com o uso da LIPE[®]: Com a impossibilidade de realização de coleta total para o estudo de consumo das éguas a pasto, a produção fecal foi calculada com o indicador externo LIPE[®] conforme descrito por Saliba (2005b):

$$PF \text{ (kg)} = \frac{\text{LIPE}^{\text{®}} \text{ fornecido (g)}}{(\text{Ai} / \text{MS fecal})} \times 100$$

Onde PF = Produção fecal;

Ai = Relação logarítmica das intensidades de absorção das bandas dos comprimentos de onda a 1050 cm⁻¹ / 1650 cm⁻¹;

MS total = matéria seca fecal;

O Ai foi calculado através da fórmula: $Ai = A_{1050} / A_{1650}$ Sendo que: $A = \log \frac{I_0}{I}$

Onde, I₀ > intensidade e I < intensidade.

b) Digestibilidade *in situ* da matéria seca: As perdas dos nutrientes após as incubações cecais *in situ* foram expressas como coeficientes de digestibilidade *in situ* da MS (DISMS), determinados pelo resíduo de cada saco, dos alimentos volumoso e concentrado, de acordo com a fórmula descrita por Moore-Colyer et al. (2002):

$$\text{DISMS (\%)} = \frac{(\text{I} \times \text{MS alimento}) - (\text{F} \times \text{MS resíduo})}{(\text{I} \times \text{MS alimento})}$$

Onde:

I = quantidade de alimento (g) inserido em cada saco;

F = quantidade de resíduo (g)

MS = teor de matéria seca do alimento e do resíduo determinada a 105°C (Association..., 1995).

c) Consumo de MS total e do volumoso com o LIPE®: Após a obtenção dos valores de produção fecal e digestibilidade *in situ* dos alimentos volumoso e concentrado, foram realizados os cálculos para se estimar o consumo de MS da dieta total e do volumoso, conforme Saliba (2005b):

$$\text{Consumo (kg MS)} = \frac{\text{produção de fezes}}{(100 - \text{digestibilidade})} \times 100$$

Como o consumo de MS diário e digestibilidade *in situ* da MS (DISMS) do concentrado são conhecidos, foi estimada a quantidade de fezes produzidas que correspondia à porção não aproveitada desse alimento. Em seguida, foi realizado o cálculo do consumo diário de volumoso, em kg de MS, uma vez que a DIMS também é conhecida e a produção fecal referente ao volumoso o resultado da diferença entre a produção fecal total e produção fecal referente ao concentrado. Logo, o consumo diário de MS total corresponde ao somatório dos consumos de concentrado e volumoso, em kg de MS por dia.

d) Consumo de MS total e do volumoso com a fórmula de Dove & Mayes (1991) adaptada por Saliba & Rodriguez (2009):

$$\text{Consumo Volumoso (kg de MS/dia)} = \frac{\text{LIPE}^{\circledR} \text{ fornecido (g/dia)}}{\left(\frac{\text{LIPE}^{\circledR} \text{ fezes (g/kg)}}{\text{LK fezes (g/kg)}} \right) \times [\text{LK forragem (g/kg)}]}$$

Onde:

LK: lignina Klason

O consumo total foi determinado por meio da soma do consumo do volumoso, obtida com a fórmula de Saliba & Rodriguez (2009), com o consumo de concentrado mensurado.

e) Cálculo do ganho de peso diário: Através das pesagens no início e final do período experimental, foi também calculado o ganho de peso diário dos animais:

$$\text{GPD (Kg/dia)} = \frac{\text{peso final (kg)} - \text{peso inicial (kg)}}{\text{N}^{\circ} \text{ dias}}$$

3.4.11. Análises estatísticas

Foi realizado pareamento e as médias de consumo foram comparadas pelo teste T ($p < 0,05$). A análise dos dados foi realizada através do programa SAEG – Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (UFV, 1997).

3.5. Resultados e Discussão

Na tabela 2 observa-se a estimativa de consumo médio total em kg de matéria seca por dia, em porcentagem do peso vivo e gramas por kg de peso metabólico, obtido por meio do indicador externo LIPE® e calculado pela fórmula de consumo descrita por Saliba & Rodriguez (2009), de éguas em exercício moderado, em pastejo de *Cynodon sp.* e suplementadas com concentrado.

Tabela 2: Estimativa de consumo médio total em kg de matéria seca por dia (kg MS / dia), em porcentagem do peso vivo (PV%) e gramas por kg de peso metabólico (g/kgPM), por meio do indicador externo LIPE® e pela fórmula de consumo descrita por Saliba & Rodriguez (2009), de éguas em treinamento para prova de marcha a pasto e suplementadas com concentrado

Método	Consumo (kg/MS/dia)	Consumo (PV%)	Consumo (g/kgPM)
LIPE®	10,31 ^B	2,65 ^B	117,89 ^B
Saliba & Rodriguez (2009)	11,84 ^A	3,04 ^A	135,32 ^A

Letras distintas na coluna diferem pelo teste T ($P < 0,05$).

O consumo de matéria seca estimado pelo LIPE® foi inferior ($P < 0,05$) ao consumo estimado pela fórmula de Saliba & Rodriguez (2009). O consumo total de matéria seca estimado pelo LIPE® nos animais com média de 389 kg de peso vivo e, realizando exercício moderado, foi de 10,31 kg/dia, o que correspondeu a 2,65% do peso vivo, enquanto o consumo estimado pela fórmula de Saliba & Rodriguez (2009) foi de 11,84 kg/dia, ou seja, 3,04% do peso vivo. Os resultados mostraram que o consumo de matéria seca de equinos em treinamento para provas de marcha estimado pelo LIPE® foram mais próximos das recomendações do Nutrient ... (1989) para equinos adultos em trabalho moderado, que varia de 1,75 a 2,5% PV.

Já o Nutrient... (2007), que apresentou resultados de trabalhos realizados no período de 1983 a 2003, recomendou o consumo de matéria seca de 2,25% do peso vivo para animais em treinamento moderado o que representa 0,42% acima do valor do consumo encontrado no presente trabalho com a utilização da LIPE® e 0,79% quando utilizou-se a fórmula de Saliba & Rodriguez (2009).

A diferença entre o valor estimado pelo LIPE® e o valor recomendado pelo Nutrient... (2007) pode ter ocorrido em função das condições climáticas experimentais do presente trabalho, distintas das condições dos trabalhos descritos no Nutrient... (2007). Dentre estas diferenças pode-se ressaltar a espécie forrageira utilizada de país tropical que apresenta composição química-bromatológica diferente daquela que se adaptam em clima temperado. Além disso, o tipo de trabalho e a raça utilizada neste ensaio podem ter contribuído para esta diferença.

Ainda de acordo com o Nutrient... (2007) considera-se como trabalho moderado um treinamento de três a cinco horas semanais, sendo: 30% ao passo, 55% no trote, 10% no galope e 5% no salto. No presente trabalho o treinamento dos animais para a prova de marcha esteve de acordo

com esta prescrição, no entanto, ao invés de trotar os animais marchavam e eles também não saltavam. Deve-se considerar, também, que os animais ao trote desenvolvem um exercício mais equilibrado que na marcha e, portanto, a intensidade entre o exercício preconizado como moderado pelo Nutrient... (2007) e o desenvolvido pelos animais do presente trabalho podem ser distintas. Prates et al. (2009) estudando os parâmetros fisiológicos de éguas Mangalarga Marchador em prova de marcha, concluíram que a prova de marcha é um exercício de intensidade submáxima, no entanto, são necessárias mais pesquisas para melhor elucidar o esforço desenvolvido pelos animais em treinamento para prova de marcha.

Moura et al. (2009) utilizando a LIPE[®] para estimar o consumo de potros Mangalarga Marchador criados a pasto e suplementados com concentrado encontraram valor médio de consumo destes animais 5,70 kg de MS/por animal/dia o que corresponde a 2,62%/PV. Este valor está dentro das recomendações do Nutrient... (1989) para consumo de potros de seis meses que é 2 a 3,5% do peso vivo.

Lanzetta et al. (2009) encontraram resultados que atestaram a validade da LIPE[®] como método confiável para ser utilizado na avaliação do consumo de matéria seca na espécie equina. Estes autores utilizaram éguas Mangalarga Marchador com média de 345 kg de peso vivo, em trabalho leve e alimentadas com feno de alfafa e concentrado comercial na proporção de 50/50. Foi comparada a metodologia da coleta total com o indicador externo LIPE[®]. O valor de consumo total de matéria seca estimado pelo LIPE[®] foi de 10,23 kg/dia (2,88%PV), sendo que o valor mensurado foi de 10,67 kg/dia (3,01%PV) e estes não diferiram ($P>0,05$). O valor de consumo estimado pelo LIPE[®] no presente ensaio (2,65%/PV) foi muito semelhante aos dados de Lanzetta et al. (2009) (tabela 2), o que confirma a hipótese de que o LIPE[®] pode ser utilizado para estimar o consumo de animais a pasto.

Na tabela 4 observa-se o consumo de volumoso estimado pelo LIPE[®] e pela fórmula de Saliba & Rodriguez (2009) e o consumo de concentrado mensurado, em kg de matéria seca por dia e em porcentagem do peso vivo por dia, de éguas a pasto e em exercício moderado.

Tabela 3: Consumo de volumoso estimado pelo LIPE[®] e pela fórmula de Saliba & Rodriguez (2009) em kg de matéria seca por dia (kg de MS/dia) e em porcentagem do peso vivo por dia (%PV/dia) e o consumo de concentrado mensurado, em kg de matéria seca por dia (kg de MS/dia) e em porcentagem do peso vivo por dia (%PV/dia), de éguas Mangalarga Marchador criadas a pasto e em exercício moderado

animais	Consumo				
	volumoso		concentrado		Total
	(kg MS /dia)	(% PV/dia)	kg MS /dia)	(% PV/dia)	(kg MS/dia)
LIPE [®]	6,14 ^B	1,58 ^B	4,17	1,07	10,31
Saliba & Rodriguez (2009)	7,67 ^A	1,97 ^A	4,17	1,07	11,84

¹Consumo de concentrado foi mensurado. Relação concentrado/volumoso calculada: 40/60

O consumo de volumoso estimado pelo LIPE[®] foi de 6,14 kg de MS/dia, o que corresponde a 1,58% do peso vivo e o consumo de concentrado mensurado foi em média de 4,17 kg de MS/dia, correspondendo a 1,07% do peso vivo (PV) (Anexo: Tabela 5). Moss et al. (2008) também trabalhando com éguas Mangalarga Marchador, com média de 399 kg PV, em treinamento para a prova de marcha, estimou o consumo de matéria seca total através do LIPE[®]. Esta autora observou consumo médio total de matéria seca de 8,31 kg/dia o que corresponde a 2,08% PV, sendo que o consumo de volumoso foi de 4,3 kg de MS/dia (1,08%PV) e o consumo de concentrado de 4,0 kg de MS/dia (1%PV).

Os valores encontrados por Moss et al. (2008) foram inferiores aos deste trabalho, que foi realizado com a mesma raça e com condições semelhantes. Esta diferença ocorreu no consumo de volumoso que foi de 0,50%/PV a mais pelos animais deste experimento. A diferença no consumo de volumoso pode ser devida à melhor qualidade do volumoso consumido pelos animais deste experimento que apresentou 9,77% PB e 4,37 Mcal EB / kg de MS contra 8,28% PB e 3,98 Mcal EB / kg de MS do experimento de Moss et al. (2008). Isto se justifica, pois segundo o Nutrient... (2007) o aumento da ingestão de forragem ocorre com a melhora da qualidade desta, em termos de digestibilidade, alto conteúdo de carboidratos solúveis ou proteína e redução do conteúdo da parede celular.

Os valores médios de consumo diário de energia digestível e proteína bruta dos animais deste trabalho estimados pelo LIPE[®] foram de 32 Mcal ED e 1,28 kg, respectivamente. Estes valores atendem as recomendações do Nutrient... (2007) de 18,6 Mcal ED e 0,614 kg de PB diárias para animais de 400kg de peso vivo em exercício moderado. Apesar do consumo de energia e proteína terem sido superiores aos recomendados no Nutrient... (2007) a relação proteína/energia da dieta destes animais foi a recomendada pelo Nutrient... (1989), de 40g PB/Mcal ED da dieta. No entanto, esta relação foi apenas um pouco superior as recomendações do Nutrient... (2007) que são de 33g PB/Mcal ED da dieta. É importante que esta relação seja mantida, pois quando ocorre o fornecimento de energia em excesso não há aminoácidos na mesma proporção para a formação de massa muscular e esta energia é depositada na forma de gordura. Porém, quando se observa o contrário (proteína está em excesso), ocorre metabolização desta para o fornecimento de energia. Neste processo, o esqueleto de carbono dos aminoácidos é utilizado para produção de energia o que leva à formação de metabólitos, como a amônia, que necessitam de água para a sua excreção pelos rins aumentando a intensidade de desidratação predispondo à fadiga.

Em relação ao consumo estimado pela fórmula adaptada por Saliba & Rodriguez (2009) adaptada de Dove & Mayes (1991) este apresentou valor de 11,84 kg de MS/dia o que corresponde a 3,04% do peso vivo (Anexo: Tabela 6). Este valor é superior aos recomendados pelo Nutrient... (2007). Esta possível superestimação do valor de consumo por este método pode ser devido a erros na técnica analítica da lignina Klason, como por exemplo, o fato de que considerável fração das ligninas são solúveis em ácido sulfúrico (Hatfield, et al., 1994). Na fórmula são utilizados valores de lignina Klason das fezes e do volumoso e se as ligninas do volumoso forem subestimadas ocorrerá superestimativa de consumo.

Entretanto, a fórmula de consumo descrita por Saliba & Rodriguez (2009), já foi utilizada em experimento com bovinos leiteiros e foram observados resultados semelhantes entre o consumo mensurado e o consumo estimado pela fórmula, sendo os valores de 4,85 e 4,83 kg MS/dia, respectivamente (Silva, 2007).

O ganho de peso médio dos animais deste trabalho foi 0,959 kg/dia o que correspondeu a uma diferença de 47 kg entre o início e o final do experimento (Anexo tabela 7), no entanto, apesar do aumento do peso os animais apresentaram, durante todo o período experimental, escore corporal desejável para esta categoria animal (Anexo: Tabela 3).

3.6. Conclusões

De acordo com os valores de consumo de éguas em treinamento em sistema de pastejo encontrados neste trabalho quando comparados com as recomendações do NRC (2007), pode-se concluir que o LIPE[®] apresenta potencial para ser utilizado na determinação do consumo de equinos a pasto.

A determinação de consumo a partir do uso concomitante da lignina Klason e do LIPE[®] necessita de mais pesquisas para melhorar a eficiência de sua utilização, pois a associação destas duas metodologias pode facilitar o cálculo de consumo de animais criados a pasto e dispensar a necessidade da determinação da digestibilidade do alimento para este cálculo.

São poucas as informações a respeito do consumo de equinos em pastejo e, mais escassas ainda, as informações relacionadas a animais em treinamento, principalmente pela

dificuldade de se medir o consumo de animais a pasto. São então, necessários mais estudos das diferentes categorias de equinos em relação ao consumo a pasto em condições nacionais.

3.7. Referências bibliográficas

ASSOCIATION official analytical chemists. *International official methods of analysis*. 16. ed. Airlington: AOAC, 1995. 1015P.

BERCHIELLI, T.T.; ANDRADE, P.; FURLAN, C.L. Avaliação de indicadores internos em ensaios de digestibilidade. *Rev. Bras. Zootec.* v. 29, n. 3, p. 830-833, 2000.

BURNS, J.C; POND, K.R; FISHER, D.S. Measurement of forage intake. In: FAHEY JR., G.C. (ed). *Forage quality, evaluation, and utilization*. Lincoln: University of Nebraska, 1994. P. 494-531.

CAROL, C.L.; HUNTINGTON, P.J. Body condition scoring and weight estimation of horses. *Equine Vet. J.*, v. 20, n.1, p. 41-45, 1988.

DOVE, H.; MAYES, R.W. The use of plant wax alkanes as marker substances in studies of the nutrition of herbivores: a review. *Aus. J. Agric. Res.*, v. 42, p. 913-952,1991.

GARDNER, A.L. *Técnicas de pesquisa em pastagens e aplicabilidade de resultados em sistemas de produção*. Brasília: II CA / Embrapa, 1986. 197p.

HATFIELD, R.D.; JUNG, H.G.; RALF, J. A comparison of insoluble residues produced by the klason lignin and acid detergent lignin produced. *J. Agri. Food Chem.* v. 65, n. 1, p. 51-58,1994.

HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.L. The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feeds: a review of the procedure. *Nut. Abst. Rev.* (Series B), v. 65, n. 2, p. 63-93, 1995.

HYSLOP, J.J.; STEFANSDOTTIR, G.J.; MCLEAN, B.M.L.; et al. *In situ* incubation sequence and its effect on degradation of food components when measured in the caecum of ponies. *Ani. Sci.*, v. 69, p. 147-156, 1999.

LANZETTA, V.A.S.; REZENDE, A.S.C.; SALIBA, E.O.S.; et al. Validação do Lipe® como método para determinar a digestibilidade dos nutrientes em equinos. *Rev. Bras. Zootec.* v.38, n.1, p. 69-74, 2009.

LIMA, R.A.S.; SHIROTA, R.; BARROS, G.S.C. Estudo do complexo do agronegócio cavalo. Piracicaba: CEPEA/ESALQ/USP, 2006, 251 p. (Relatório Final)

MOSS, P.C.B.; REZENDE, A.S.C.; SILVA, V.P., et al. Estimativa de consumo alimentar de equinos Mangalarga Marchador criados a pasto e em treinamento para a prova de marcha. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45, 2008, Lavras -MG. *Anais...* Lavras: SBZ, 2008 (CD-ROM).

MOURA, R.S.; REZENDE, A.S.C.; SALIBA, E.O.S.; et al. Digestibilidade aparente de dietas suplementadas com probióticos e fitase para potros Mangalarga Marchador. *Arch. Zootec.*; No prelo.

NUTRIENT requirement of horses. 5. ed. Washington: National Academy Press, 1989. 100p.

NUTRIENT requirement of horses. 6. ed. Washington: National Academy Press, 2007. 341p.

PRATES, R.C.; REZENDE, A.S.C.; REZENDE, H.C. et al. Heart rate of Mangalarga Marchador mares under marcha test and supplemented with chrome (Frequência cardíaca de éguas Mangalarga

Marchador submetidas a provas de marcha e a suplementação com cromo). *Rev. Bras. Zootec./ Braz. J. Ani. Sci.*, v. 38, p. 916-922, 2009.

SALIBA, E.O.S.; PEREIRA, R.A.N; FERREIRA, W.M.; et al. Lignin from *Eucalyptus Grandis* as indicator for rabbits in digestibility trials. *Trop. Subt. Agroecosystems*, v. 3, n. 3, 2003.

SALIBA, E.O.S. Uso de indicadores: Passado, presente e futuro. In: TELECONFERÊNCIA SOBRE INDICADORES EM NUTRIÇÃO ANIMAL, 1, 2005, Belo Horizonte. Escola de Veterinária / UFMG, 2005b. p. 04-22.

SALIBA, E.O.S. (Coord.). Mini curso sobre o uso de indicadores. In: TELECONFERÊNCIA SOBRE INDICADORES EM NUTRIÇÃO ANIMAL, 1, 2005, Belo Horizonte. Escola de Veterinária / UFMG, 2005a. p. 34-35.

SALIBA, E.O.S.; RODRIGUEZ, N.M. Uso de indicadores na avaliação da digestibilidade em ruminantes: LIPE[®] Lignina Purificada e enriquecida. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL AVANÇOS EM TÉCNICAS DE PESQUISA EM NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, 1, 2009, Pirassununga. *Anais ... Pirassununga: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP*, 2009. p.50-67.

SILVA, J.J. *Indicadores de consumo total, consumo diferenciado e de cinética ruminal em bovinos leiteiros*. 2007. 78 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG, 2007.

SISTEMA de análises estatísticas e genéticas. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997.150p. (Manual do usuário versão 7.0).

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. Ithaca: Cornell University Press. 1994.0476 p.

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

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O LIPE[®] é um importante indicador de consumo e digestibilidade em equinos a pasto e a lignina Klason mostrou ter potencial para estimar a digestibilidade de vários nutrientes em equinos sob pastejo.

Os estudos em relação ao consumo e digestibilidade aparente de equinos a pasto são escassos o que dificulta o trabalho dos nutricionistas levando-os a basearem suas estimativas do desempenho dos animal em dados obtidos com raças criadas em condições climáticas diferentes das brasileiras. São necessários então, mais estudos em relação ao consumo e digestibilidade de equinos criados a pasto e em condições nacionais.

ANEXOS

Tabela 1: Consumo total de concentrado dos animais no período experimental

Animais	Escore							
	08/jan	16/jan	23/jan	30/jan	06/fev	13/fev	20/fev	27/fev
Quixadá	4,6	5,8	4,9	4,9	5	5,1	5,0	5,0
Trova	5,2	4,6	4,5	4,5	4,6	4,6	4,8	4,8
Tigra	4,0	4,3	4,3	4,3	4,3	4,4	4,4	4,4
Rapsódia	4,8	4,9	4,9	4,8	5,0	4,9	5,0	5,0
Toscana	4,2	4,6	4,5	4,5	4,6	4,7	4,4	4,4
Tailândia	4,9	4,4	4,4	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6
Segóvia	4,4	4,5	3,8	3,8	3,9	3,9	4,0	4

Tabela 2: Peso dos animais (kg)

Animais	Peso							
	08/jan	16/jan	23/jan	30/jan	06/fev	13/fev	20/fev	27/fev
Quixadá	369	389	389	393	400	410	404	421
Trova	348	368	361	363	368	369	374	383
Tigra	319	340	342	340	342	349	355	355
Rapsódia	385	393	388	382	395	394	399	412
Toscana	350	367	361	359	371	378	384	400
Tailândia	328	350	352	352	358	361	366	382
Segóvia	296	300	302	305	310	312	320	373
Média	342	358	356	356	363	367	372	389

Tabela 3: Escore corporal dos animais (Carol & Huntington, 1988)

Animais	Escore							
	08/jan	16/jan	23/jan	30/jan	06/fev	13/fev	20/fev	27/fev
Quixadá	2-3	2-3	3	3	3-4	3	3	3-4
Trova	2-3	3	3	3	3-4	3	3	3
Tigra	3	3	3	3	3-4	3	3	3
Rapsódia	3	3	3-4	3-4	3-4	3	3-4	3-4
Toscana	3	3	3	3	3	3	3	3-4
Tailândia	2-3	3	3	3	3	3	3	3
Segóvia	2	2-3	3	3	3	3	3	3

Tabela 4: Descrição do sistema de escore corporal descrito por Carol e Huntington (1988)

Escore	Descrição		
	Pescoço	Dorso e costelas	Garupa
0 (muito magro)	Pescoço invertido marcado, estreito e frouxo na base.	Pele apertada sobre costelas. Processos espinhosos facilmente visíveis e palpáveis.	Pelve angular - pele apertada. Cavidade profunda na inserção da cauda e ao lado da garupa.
1 (magro)	Pescoço invertido, estreito e frouxo na base.	Costelas facilmente visíveis. Pele apertada ao lado do dorso-lombo. Processos espinhosos bem definidos.	Nádegas atrofiadas, mas com pele flexível. Pelve bem definida. Depressão profunda na inserção da cauda.
2 (moderado)	Estreito, porém firme.	Costelas visíveis. Dorso-lombo bem coberto. Processos espinhosos palpáveis.	Plana como o lado do dorso-lombo. Garupa bem definida, com alguma gordura. Ligeira cavidade na inserção da cauda.
3 (ideal)	Não rodado (exceto em garanhões). Pescoço firme.	Costelas cobertas - facilmente palpáveis. Ausência de sulco no dorso-lombo. Processos espinhosos cobertos, mas facilmente palpáveis.	Coberta por gordura e arredondada. Pelve facilmente palpável.
4 (obeso)	Ligeiramente rodado. Largo e firme.	Costelas bem cobertas - necessária forte pressão para sentir. Sulco presente no dorso-lombo.	Acúmulo de gordura na inserção da cauda. Pelve coberta com gordura - palpável apenas com forte pressão.
5 (muito obeso)	Marcadamente rodado. Muito largo e firme. Pregas de gordura.	Costelas muito cobertas e não palpáveis. Sulco profundo. Dorso-lombo largo e plano.	Grande acúmulo de gordura na inserção da cauda. Pele distendida. Pelve bem coberta - não palpável.

CAROL, C.L.; HUNTINGTON, P.J. Body condition scoring and weight estimation of horses. *Equine Vet. J.*, v. 20, n.1, p. 41-45, 1988.

Tabela 5: Consumo de volumoso estimado pelo LIPE[®], consumo de concentrado mensurado e consumo total, em kg de matéria seca por dia (kgMS/dia)

Animais	Consumo volumoso LIPE (kg MS /dia)	Consumo concentrado Mensurado (kg MS /dia)	Consumo total (kg MS /dia)
1	5,542	4,615	10,157
2	6,620	4,344	10,963
3	6,812	3,982	10,793
4	6,828	4,525	11,353
5	5,428	3,982	9,409
6	5,274	4,163	9,437
7	6,464	3,620	10,083
Média	6,138	4,175	10,314

Tabela 6: Consumo de volumoso estimado pela fórmula adaptada por Saliba & Rodriguez (2009) de Dove & Mayes (1991), consumo de concentrado mensurado e consumo total, em kg de matéria seca por dia (kgMS/dia)

Animais	Consumo volumoso (kg MS /dia)	Consumo concentrado Mensurado (kg MS /dia)	Consumo total (kg MS /dia)
1	6,882	4,615	11,497
2	7,976	4,344	12,320
3	8,794	3,982	12,775
4	8,955	4,525	13,479
5	8,089	3,982	12,070
6	5,601	4,163	9,763
7	7,386	3,620	11,006
Média	7,669	4,175	11,844

Tabela 7: Ganho de peso médio diário e diferença de peso final e inicial dos animais durante o período experimental

Animais	Diferença peso final e inicial	GPD
Quixadá	52	1,061
Trova	35	0,714
Tigra	36	0,735
Rapsódia	27	0,551
Toscana	50	1,020
Tailândia	54	1,102
Segóvia	77	1,571
Média	47	0,959

Tabela 8: Produção fecal em kg de matéria seca por dia (kg de MS/dia)

Animais	Produção fecal (kg de MS/dia)
Quixadá	2,568
Trova	2,950
Tigra	2,987
Rapsódia	3,047
Toscana	2,461
Tailândia	2,420
Segóvia	2,818
Média	2,750