

## Indicadores para estimativa da digestibilidade aparente total em equinos

### *Indicators for estimating the total apparent digestibility in horses*

GOBESSO, Alexandre Augusto de Oliveira<sup>1\*</sup>; RAMOS, Silvio Couto<sup>2</sup>; CASALECH, Fernanda Luz<sup>3</sup>; MOREIRA, Ana Maria de Freitas Oliveira<sup>4</sup>; BRANDI, Roberta Ariboni<sup>5</sup>; RENNÓ, Francisco Palma<sup>1</sup>; FREITAS JUNIOR, Jose Esler de<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Departamento de Nutrição e Produção Animal, Pirassununga, São Paulo, Brasil.

<sup>2</sup>Médico Veterinário, Autônomo, Santo Antônio do Pinhal, São Paulo, Brasil.

<sup>3</sup>Médica Veterinária, Autônoma, Leme, São Paulo, Brasil.

<sup>4</sup>Zootecnista, Autônoma, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.

<sup>5</sup>Universidade de São Paulo, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Departamento de Zootecnia, Pirassununga, São Paulo, Brasil.

<sup>6</sup>Universidade Estadual Paulista, Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

\*Endereço para correspondência: gobesso.fmvz@usp.br

## RESUMO

Objetivou-se neste estudo avaliar diferentes indicadores para estimativa das digestibilidades aparente total em equinos. Foram utilizadas quatro éguas adultas, sem raça definida, agrupadas em um quadrado latino 4 x 4 balanceado, alimentadas com dietas que continham partes iguais de feno da gramínea Tifton 85 (*Cynodon sp*) e concentrado experimental que continha milho submetido a quatro processamentos: dieta um milho triturado; dieta dois milho floculado; dieta três milho laminado e dieta quatro milho extrusado. A ponderação dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes pelos indicadores foi efetuada por meio do viés. A acurácia e a precisão foram determinadas pela comparação entre os dados preditos e observados, e a robustez pela comparação dos vieses com outros fatores estudados. O uso do indicador óxido crômico apontou valores semelhantes de coeficientes de digestibilidade dos nutrientes quando comparado ao método de coleta total. Foi observada maior acurácia para os valores de lignina em detergente ácido em comparação aos demais indicadores testados. Entretanto, esta medida subestimou os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes quando comparada à coleta total de fezes. A medida cinza insolúvel em detergente ácido superestimou os coeficientes de digestibilidade

dos nutrientes quando comparada à coleta total de fezes. A utilização do óxido crômico se apresenta como melhor indicador para estimativa da digestibilidade aparente total em equinos por apresentar maior precisão entre os indicadores avaliados.

**Palavras-chave:** cinza insolúvel, excreção fecal, lignina, óxido crômico

## SUMMARY

The objective of this study to evaluate various indicators to estimate the total nutrient digestibility in horses. We used four adult mares, breed, grouped in a 4 x 4 Latin square balanced fed diets containing equal parts of hay Tifton 85 (*Cynodon sp*) and concentrated experimental containing corn subjected to four processes: a diet containing ground corn ; flaked corn diet 2, 3 rolled corn, and 4 extruded corn. The weighting coefficient of digestibility of nutrients by the indicators was done through the bias. The accuracy and precision were determined by comparing the predicted and observed data, and the robustness of the biases by comparing with other factors studied. The chromic oxide methods showed similar values of apparent digestibility of nutrients when compared to the total collection method. We

observed higher accuracy for the acid detergent lignin as compared to the other indicators tested. However, the acid detergent lignin underestimated the digestibility of nutrients when compared to the total collection. The acid detergent insoluble ash overestimated the digestibility of nutrients when compared to the total collection. The chromic oxide is presented as a better indicator for estimating the total apparent digestibility in horses due to its higher accuracy among the markers evaluated.

**Keywords:** chromium oxide, fecal excretion, lignin, insoluble ash

## INTRODUÇÃO

Ensaio de digestibilidade com equinos através do método de Coleta Total de Fezes, auxiliam na determinação da digestibilidade aparente total da dieta. Esta técnica apresenta o inconveniente de restringir o número de animais experimentais à disponibilidade de infraestrutura adequada, além de exigir mão de obra qualificada. Outro fator negativo é que durante o período experimental, quando os animais ficam confinados em condições desfavoráveis à manutenção da espécie equina, pode ocorrer irregularidades fisiológicas, com influência negativa sobre o processo digestivo (ARRUDA et al. 2009; LEWIS, 2000).

O uso de indicadores tem conduzido muitos estudos para avaliação da digestibilidade em equinos, (SALIBA et al., 2002; SILVA et al., 2006; SIQUEIRA, et al., 2009; STEIN et al., 2006). Entretanto, os pesquisadores ainda não conseguiram encontrar uma substância com características de indicador perfeito ou determinar um componente químico que se assemelhe mais às características almejadas. Por esta razão, a procura de indicadores ideais constitui-se em um dos assuntos de importância na pesquisa de técnicas

que facilitem os estudos de nutrição animal.

Alguns estudos têm sido realizados com o indicador externo óxido crômico e com os indicadores internos cinza insolúvel em detergente ácido e lignina em detergente ácido na espécie equina, porém, os resultados observados são muito controversos, e necessitam ainda de maiores estudos.

Dessa forma objetivou-se neste estudo avaliar diferentes indicadores para estimativa da digestibilidade aparente total dos nutrientes em equinos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado entre os meses de março e julho, nas dependências da Chácara São João, localizada no município de Espírito Santo de Pinhal, Estado de São Paulo. Foram utilizadas quatro éguas adultas, sem raça definida, com peso vivo aproximado de 450kg. O delineamento utilizado foi em quadrado latino (4x4), com o arranjo em parcela subdividida, as dietas estudadas nas parcelas e os indicadores que estimaram a digestibilidade aparente total nas subparcelas. A duração do período experimental foi de 11 dias, dos quais os oito primeiros dias destinados à adaptação e os três dias finais para coleta de amostras (ARAÚJO et al., 2000; SIQUEIRA et al., 2009).

As dietas foram formuladas de acordo com as recomendações estabelecidas pelo NRC (2007), para equinos em manutenção. Os concentrados experimentais utilizados foram compostos com milho submetido a quatro tipos de processamentos: dieta um com milho triturado; dieta dois milho floculado; dieta três milho

laminado; dieta quatro milho extrusado (Tabela 1).

Os animais foram alimentados em duas refeições diárias, divididas em partes iguais, e adotou-se o consumo diário individual de 2,0% do peso vivo com base na matéria seca. De acordo com Siqueira et al. (2009), a fim de padronizar os estudos de digestibilidade, o concentrado e volumoso foram oferecidos ao mesmo tempo em comedouros separados, e observado o tempo máximo de consumo para o concentrado de 45 minutos. O sal

mineralizado e água estiveram disponíveis para os animais *ad libitum*.

Segundo metodologia proposta por Nyberg (1995), Foram adicionados 10 gramas de óxido crômico à dieta, misturados a uma pequena quantidade de concentrado durante todos os dias de cada período experimental.

As dietas fornecidas foram amostradas diariamente, durante os períodos de coleta e acondicionadas em sacos plásticos para posterior análise bromatológica.

Tabela 1. Proporção dos nutrientes e composição bromatológica dos concentrados (%MS) e do feno da gramínea *Tifton 85* (*Cynodon s*) de acordo com os tratamentos experimentais

Ingredientes	Tratamentos				Feno de <i>Tifton 85</i>
	Triturado	Laminado	Floculado	Extrusado	
%MS					
Farelo de soja	12,00	12,00	12,00	12,00	-
Farelo de trigo	26,50	26,50	26,50	26,50	-
Milho	47,50	47,50	47,50	47,50	-
Sabugo de milho	10,00	10,00	10,00	10,00	-
Calcário	3,00	3,00	3,00	3,00	-
Sal mineral	1,00	1,00	1,00	1,00	-
Feno	12,00	12,00	12,00	12,00	-
Nutrientes					
Matéria seca	85,39	85,98	86,32	87,38	89,18
Matéria orgânica	78,63	81,13	95,58	96,23	96,17
Proteína bruta	17,34	15,62	15,71	18,15	5,57
Extrato etéreo	1,72	2,84	1,49	2,12	0,99
Fibra bruta	7,73	7,14	7,69	6,55	37,14
Fibra em detergente neutro	1,96	1,20	26,64	25,77	81,92
Fibra em detergente ácido	0,63	0,50	12,36	0,52	43,12
Matéria mineral	6,76	4,68	4,42	3,77	3,83
Lignina	27,72	25,80	4,97	4,05	8,22
CIDA <sup>1</sup>	11,23	10,80	0,04	-	-
Amido	40,11	43,57	42,42	38,50	1,59

<sup>1</sup>Cinza Insolúvel em Detergente Ácido.

As fezes foram coletadas em períodos de 24h, pesadas, homogêneas manualmente e em seguida foi retirada uma alíquota de 10% do total diário excretado. Cada alíquota foi acondicionada em um saco plástico, devidamente identificada e armazenada em temperatura aproximada de  $-8^{\circ}\text{C}$  para posterior análise. Após o término dos experimentos, as amostras foram processadas de acordo com metodologia descrita por Silva & Queiroz (2002) para análise bromatológica.

Foram realizadas as seguintes análises: matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN), extrato etéreo (EE), amido, matéria mineral (MM), cálcio (Ca) e fósforo (P). A quantificação do óxido crômico foi realizada de acordo com metodologia descrita por Silva & Queiroz (2002). A determinação da concentração de lignina em detergente ácido (LDA) foi realizada conforme metodologia descrita por Van Soest (1994). A cinza insolúvel em detergente ácido (CIDA) foi mensurada como resíduo proveniente da queima a  $525^{\circ}\text{C}$  da fibra em detergente ácido, conforme descrito por Van Soest (1994). O coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes foi determinado pela técnica de coleta total de fezes, realizada segundo a descrição de Miraglia et al. (1999). Foram comparados os valores de digestibilidade da matéria orgânica (MO) obtidos pelo método de coleta total (CT) com os valores estimados por meio dos indicadores internos lignina em detergente ácido e cinza insolúvel em detergente ácido, e pelo indicador externo óxido crômico ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ). Foi utilizada ponderação estatística de acordo com Stein (2006).

A análise dos valores das estimativas de digestibilidade foi feita pela

metodologia descrita por Jonker et al. (1998), com utilização do programa *Statistical Analyses System* (SAS, 2004), e consideradas as seguintes características dos dados:

viés - a diferença entre a estimativa do CDMO pelo indicador e a estimativa do CDMO pela coleta total de fezes;

acurácia - a capacidade de direcionar a atenção para aquilo que se quer observar. Está relacionado ao fato de observar o valor certo (IATROS, 2002) sendo mais acurado o indicador que possuir um viés médio próximo ao valor zero; (Acurácia =  $\sum (\text{Coleta Total} - \text{Indicadores}) / \text{Número de observações}$ )  
precisão - maior ou menor proximidade entre o valor observado e o valor estimado (IATROS, 2002). Está relacionado com o fato de acertar nas quantidades e, conseqüentemente, quanto menor os desvios padrão, observados para os vieses do indicador, mais preciso ele é;

robustez - caracterização do indicador menos influenciado por fatores alheios (peso, idade, dietas, consumo etc). Para que um indicador enquadre-se neste conceito, deve possuir, em relação às retas de regressão viés *versus* variáveis, pequenos coeficientes angulares e de determinação ( $r^2$ ), maiores erros-padrão e, ainda, a ausência de inclinação da reta indicada por altas probabilidades estatísticas.

As estimativas do modelo foram comparadas com os valores de viés dos coeficientes de digestibilidade da matéria orgânica (CDMO indicador – CDMO coleta total) do grupo de dados de cada indicador.

As médias dos vieses e os respectivos desvios padrão foram calculados e os vieses, submetidos à análise de variância, para avaliação da acurácia dos indicadores. Em seguida, aplicaram-se o teste Tukey, para comparação das médias, e o teste *t*, para averiguação de

sua igualdade ao valor zero (viés = 0), com utilização do PROC UNIVARIATE (SAS, 2004).

Os valores obtidos foram analisados segundo o modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + P_j + T_k + \Pi_l + (AI)_{kl} + (PI)_{jl} + (TI)_{il} + e_{ijkl}$$

Em que:  $Y_{ijkl}$  = característica observada para a digestibilidade da matéria orgânica, para o  $i$ -ésimo animal, no  $j$ -ésimo período,  $k$ -ésimo tratamento;  $\mu$  = média geral;  $A_i$  = efeito do animal  $i$  ( $i=1$  a  $4$ );  $P_j$  = efeito do período  $j$  ( $j=1$  a  $4$ );  $T_k$  = efeito do tratamento  $k$  ( $k=1$  a  $4$ );  $\Pi_l$  = efeito do indicador  $l$  ( $l=1$  a  $5$ );  $(AI)_{il}$  = efeito da interação animal x indicador;  $(PI)_{jl}$  = efeito da interação período x indicador;  $(TI)_{kl}$  = efeito da interação tratamento x indicador;  $e_{ijkl}$  = erro residual aleatório.

Para avaliar a precisão das estimativas dos indicadores, os desvios padrão dos vieses foram submetidos ao teste de homogeneidade das variâncias pelo teste Kruskal-Wallis e diferença entre eles foi analisada pelo teste  $t$  (SAS, 1995). As taxas de recuperação dos indicadores foram comparadas estatisticamente ao valor 100, por meio do teste com utilização do PROC UNIVARIATE (SAS, 2004). A avaliação de robustez de cada indicador foi obtida mediante uso do PROC GLM (SAS, 2004) pela regressão dos valores do viés, de acordo com os próprios valores de CDMS estimados pelo indicador e com outras variáveis selecionadas (dietas, peso, idade e consumo de matéria seca) que poderiam interferir nos resultados. Para comparação das inclinações das retas, aplicou-se o teste  $t$ -student. Todos os testes utilizados foram aplicados segundo Milliken & Johnson (1984), a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As ingestões médias de matéria seca (MS) observadas durante todo o período experimental foram semelhantes às observadas por Resende Junior, et al. (2004), e superiores à recomendação de 1,68% do peso vivo, apregoada pelo NRC, (2007). Resultados semelhantes a estes também foram obtidos por Araújo (2000), que obteve valores entre 1,96 e 2,11% do peso vivo quando utilizou dietas mistas para cavalos e avaliou os níveis de ingestão.

O valor médio obtido neste experimento para a digestibilidade aparente da matéria seca foi de 62,41%. Quadros et al (2004) também verificaram valores semelhantes a estes ao estudarem dietas com composição semelhante. Os valores de digestibilidade da matéria seca foram semelhantes aos obtidos nos trabalhos realizados por Gobesso (2009), Siqueira et al. (2009) e Morgado et al. (2009), (Tabela 2).

Não houve diferença entre os valores médios da digestibilidade da matéria orgânica, obtidos pelo uso do indicador oxido crômico, quando comparados aos valores obtidos através da coleta total ( $P>0,05$ ).

Os valores de digestibilidade da matéria orgânica, determinados por meio da lignina foram subestimados em relação aos demais indicadores e ao método de coleta total (Tabela 2), possivelmente devido à sua baixa média de recuperação, o que vai de acordo com os resultados encontrados por Oliveira et al. (2003) e Araujo et al. (2000). Por outro lado os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes determinados por meio da cinza insolúvel em detergente ácido foram superestimados em relação aos demais indicadores e ao método de coleta total (Tabela 2).

Os valores da digestibilidade da matéria orgânica obtidos com o indicador externo óxido crômico foram semelhantes ( $P < 0,05$ ) aos obtidos com a coleta total, o que corrobora os resultados observados por Almeida et al. (1997) que, estudaram a digestão em equinos, e descreveram o óxido crômico como o mais adequado indicador para ensaios de digestibilidade, quando em comparação à fibra em detergente ácido,

lignina em detergente ácido e cinza insolúvel em detergente ácido (Tabela 3). Entretanto Gobesso (2009) e Oliveira et al. (2003) obtiveram valores subestimados para digestibilidade aparente total da matéria orgânica de equinos alimentados com dietas compostas de concentrado à base de milho e feno de gramínea com a utilização de óxido crômico.

Tabela 2. Médias para os coeficientes de digestibilidade da matéria orgânica dos tratamentos de acordo com os diferentes indicadores

Tratamentos	Indicadores			
	Coleta total	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>1</sup>	CIDA <sup>2</sup>	Lignina
Triturado	63,38 <sup>Ab</sup>	63,37 <sup>Ab</sup>	68,14 <sup>Aa</sup>	61,12 <sup>Ac</sup>
Laminado	66,86 <sup>Ab</sup>	66,86 <sup>Ab</sup>	73,94 <sup>Aa</sup>	53,10 <sup>Ac</sup>
Floculado	65,69 <sup>Ab</sup>	65,69 <sup>Ab</sup>	71,09 <sup>Aa</sup>	57,23 <sup>Ac</sup>
Extrusado	62,73 <sup>Ab</sup>	62,73 <sup>Ab</sup>	69,63 <sup>Aa</sup>	63,29 <sup>Ac</sup>
Significância de F para as interações				
Animal*Indicador				0,014
Período*Indicador				<0,001
Tratamento*Indicador				0,002
Coeficiente de variação (CV%)				4,03

Médias seguidas por letras diferentes, minúscula na linha e maiúscula na coluna são diferentes pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ )

<sup>1</sup>Oxido crômico; <sup>2</sup>Cinza insolúvel em detergente ácido.

Tabela 3. Eficiência média de recuperação para animais alimentados com dietas compostas de partes iguais do feno e concentrado utilizados

Indicador	Média	CV (%)
Oxido crômico	73,22	14,21
Cinza insolúvel em detergente ácido	111,65	13,21
Lignina	68,18	19,38

O oxido crômico representa um indicador que possui como principal problema para estimativa de digestibilidade aparente total, a taxa de recuperação fecal (ARRUDA et al., 2009). No entanto, neste estudo o oxido crômico se apresentou como melhor

indicador devido à semelhança nos valores obtidos para o coeficiente de digestibilidade da matéria orgânica quando comparada ao método de coleta total.

Houve interação entre tratamento e coeficiente de digestibilidade aparente

total da matéria orgânica (Tabela 2). Esse resultado possivelmente pode ser atribuído ao efeito dos processamentos sobre as características intrínsecas do alimento e conseqüentemente à taxa de recuperação dos indicadores nas fezes. Como por exemplo, pode ser citado o processo de extrusão que reduziu os valores de digestibilidade da matéria orgânica em 6,17 %, comparado aos valores obtidos para o processo de laminação quando ambos foram avaliados pelo indicador oxido crômico (Tabela 2). Neste exemplo ocorreu redução da concentração dos indicadores nas fezes o que subestimou a excreção total de fezes e superestimou o coeficiente de digestibilidade aparente total da matéria orgânica. Os valores de eficiência de recuperação da lignina observados neste experimento

proporcionaram estimativas de coeficientes de digestibilidade aparente da matéria orgânica subestimados em relação aos outros indicadores estudados e ao método de coleta total (Tabela 1). As medidas de acurácia dos indicadores internos lignina em detergente ácido, cinza insolúvel em detergente ácido e do indicador externo óxido crômico, com relação à média dos vieses, apresentaram diferenças entre si pelo teste não-paramétrico de Kruskall-Wallis (Tabela 4). Foi observada também melhor acurácia para a metodologia em que se utilizou a lignina, em comparação aos demais indicadores testados ( $P < 0,05$ ), porém ainda foi detectada média de viés distante do valor zero (coleta total).

Tabela 4. Valores de acurácia e precisão para os indicadores avaliados

Técnica	Acurácia <sup>1</sup>	Precisão <sup>2</sup>
Oxido crômico	12,07 <sup>a</sup>	4,14 <sup>b</sup>
Lignina	5,98 <sup>b</sup>	8,57 <sup>a</sup>
Cinza insolúvel em detergente ácido	- 7,55 <sup>c</sup>	7,85 <sup>a</sup>

Letras diferentes dentro de colunas diferem entre si pelos métodos estatísticos ao nível de 5% de significância.

<sup>1</sup>Médias comparadas pelo teste não-paramétrico de Kruskall-Wallis.

<sup>2</sup>Variâncias comparadas pelo teste de Bartlett.

A literatura mostra problemas com a determinação da lignina e sua recuperação fecal. Baixos índices de recuperação da lignina em equinos também foram observados por Almeida et al. (1997) e Miraglia et al.(1999). Esses dados corroboram Lanzetta et al. (2009) quando mostraram que a lignina é degradada ou modificada estruturalmente durante a passagem pelo trato gastrointestinal, o que resulta em baixa recuperação fecal. Saliba et al. (2002) não encontraram associação entre o conteúdo de lignina e a

digestibilidade aparente, porém observaram variação em até 50% nos resultados conforme as técnicas analíticas utilizadas.

A média dos vieses do indicador interno cinza insolúvel em detergente ácido mostrou-se diferente dos demais indicadores. Este indicador superestimou o coeficiente de digestibilidade aparente da matéria orgânica (SALES & HOMOLKA, 2010). Os níveis médios de cinza insolúvel em detergente ácido foram de 1,38% da MS nas dietas. O indicador interno cinza insolúvel em

detergente ácido mostrou-se confiável para estimar a digestibilidade, para teores médios de 1,2% na MS, segundo Oliveira et al. (2003). Por outro lado, valores elevados de recuperação fecal de cinza insolúvel em detergente ácido também foram encontrados por Zeoula et al. (2002) que, ao trabalharem com dietas para ruminantes com 1,5% de cinza insolúvel em detergente ácido na MS, em consumo voluntário e consumo restrito, obtiveram valores de recuperação fecal de 140,8 e 114,2% respectivamente, uma superestimativa dos coeficientes de digestibilidade em comparação ao método de coleta total de fezes.

De acordo com esses resultados, pode-se inferir que o alto coeficiente de variação observado para esse indicador pode ser atribuído ao fato de que, durante todo o período de coleta o sal mineralizado foi fornecido *ad libitum*, o que pode ter influenciado os resultados. Lewis (2000) e Gonçalves et al. (1998) citam que dieteticamente devem-se considerar os minerais como um grupo e não individualmente, e o fornecimento de um nutriente mineral acima do necessário pode ser absorvido e ou excretado em maiores proporções.

A média dos vieses do óxido crômico se mostrou significativamente diferente dos demais indicadores e também diferente de zero com valores algébricos positivos, o que demonstra que esse indicador subestimou os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria orgânica. Zeoula et al. (2002) sugeriram que o óxido crômico seria um bom indicador para ser utilizado neste tipo de experimentação. Entretanto, neste ensaio as taxas de recuperação do óxido crômico encontradas foram menores que as obtidas por Van Der Noot et al. (1965) de 97%, mas semelhantes às observadas por Gobesso (2009); Siqueira et al. (2009).

Nas maneiras usuais de administração do óxido crômico observa-se perda de parte do indicador, uma vez que uma parcela deste fica aderida ao comedouro. De acordo com Zeoula et al. (2002) as perdas advindas da administração e a excreção irregular em relação à dieta são problemas comuns em ensaios de digestibilidade que utilizam esse indicador.

Para avaliação da precisão, compararam-se os desvios padrão dos vieses dos indicadores dois a dois. Foram observadas diferenças significativas entre o desvio padrão dos vieses dos indicadores cinza insolúvel em detergente ácido e lignina em detergente ácido e do indicador óxido crômico. Ao se considerar que a precisão do indicador é determinada pelo menor desvio padrão dos vieses obtidos por ele em relação à coleta total, o indicador óxido crômico mostrou ser o mais preciso em relação aos demais indicadores estudados ( $P < 0,05$ ).

Os resultados obtidos com a robustez da acurácia de lignina em detergente ácido em função da fibra em detergente ácido, ficam evidenciados em função das probabilidades estatísticas observadas quando se regrediu os vieses desses indicadores contra essa variável (Figura 1).

O resultado significativo ( $P < 0,05$ ) observado na baixa probabilidade indica a existência de inclinação na reta (alto coeficiente angular), deslocando-se assim em função da variável.

Segundo a análise efetuada, o indicador lignina em detergente ácido sofre a influência da variável fibra em detergente ácido. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) alto (0,91) demonstra a interferência desta variável na estimativa do indicador, pois quanto mais alto o  $R^2$ , maior a relação entre o viés e a variável.

O aumento na ingestão da variável lignina poderá afetar a digestibilidade de compostos fibrosos através da elevação da taxa de passagem da digesta. Segundo Oliveira et al. (1991) a

digestão incompleta pode subestimar as quantidades de fibra em detergente ácido, e assim afetar a estimativa de digestibilidade através desse indicador.

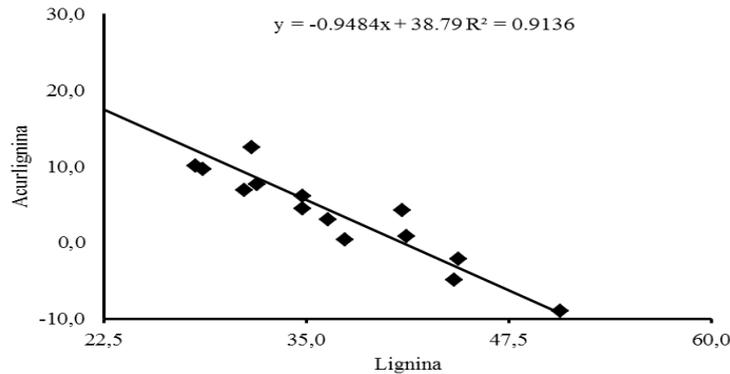


Figura 1. Acurácia do indicador lignina em função da fibra em detergente ácido

Nas condições em que o trabalho foi realizado, pode-se afirmar que os indicadores internos lignina e cinza insolúvel em detergente ácido e o indicador externo óxido crômico foram inadequados para estimar a digestibilidade aparente dos nutrientes das dietas para equinos. O indicador externo óxido crômico representa o indicador mais preciso entre os indicadores avaliados para estimativa da digestibilidade dos nutrientes. O desenvolvimento de novas técnicas é necessário para a utilização desses indicadores.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F.Q.; VALADARES FILHO, S.C.; COELHO, J.F. Fluxo de matéria seca ileal obtido com indicadores internos e externo em equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.3, p.513-520, 1998.

ARAÚJO, K.V.; LIMA, J.A.F.; FIALHO, E.T.; MIYAGI, E.S. Comparação dos indicadores internos com o método de coleta total para determinar a digestibilidade dos nutrientes de dietas mistas em equinos. **Ciência e Agrotecnologia**, v.24, n.4, p.1041-1048, 2000.

ARRUDA, A.M.V.; RIBEIRO, L.B.; PEREIRA, E.S. Avaliação de alimentos alternativos para cavalos adultos da raça Crioulo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.61-68, 2009.

GOBESSO, A.A.O.; ETCHICHURY, M. Digestibilidade pré-cecal diurna e noturna em equinos fistulados alimentados com diferentes concentrados. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.10, n.4, p.885-892, 2009.

GONÇALVES, L.C.; REZENDE, A.S.C.; CARVALHO, M.A.G. Digestibilidade aparente em equídeos submetidos a três condutas de arraçãoamento. Belo Horizonte, **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.50, n.4, p.421-427, 1998.

IATROS: Estatística e pesquisa científica para profissionais de saúde. **Acurácia e Precisão**. 2002. Disponível em: <<http://www.vademecum.com.br/iatros>>. Acesso em: 2 abr. 2002.

JONKER, J.S.; KOHN, R.A.; ERDMAN, R.A. Using milk urea nitrogen to predict nitrogen excretion and utilization efficiency in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.81, n.10, p.2681-2692, 1998.

LANZETTA, V.A.S.; REZENDE, A.S.C.; SALIBA, E.O.S.; LANA, A.M.; RODRIGUEZ, N.M.; MOSS, P.C.B. Validação do Lipe como método para determinar a digestibilidade dos nutrientes em equínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.69-74, 2009.

LEWIS, L.D. **Nutrição clínica eqüina: alimentação e cuidados**. São Paulo: Rocca, 2000. 710p.

MILLIKEN, G.A.; JOHNSON, D.E. **Analysis of messy data**. Designed experiments. Belmont, CA: Lifetime Learning Publications, 1984. v.1.

MIRAGLIA, N.; BERGERO, D.; BASSANO, B.; TARANTOLA, M. Studies of apparent digestibility in horses and the use of internal markers. **Livestock Production Science**, v.60, p.21-25, 1999.

MORGADO, E.S.; ALMEIDA, F.Q.; GODOI, F.N. GOMES, A.V.C.; GALZERANO, L.; FRANÇA, A.B.; BRASILEIRO, L.S. Digestão de carboidratos em equinos alimentados com dietas compostas de volumoso ou de volumoso suplementado com concentrado e/ou óleo de soja, **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.5, p.1112-1119, 2009.

NYBERG, M.A.; POTTER, G.D.; SCHUMACHER, J.J.; MURRAY-GERZIK, M.; BOMBARDA, A.; SWINNEY, D.L. Flow rate through the equine small intestine determined with soluble and insoluble indicators. In: EQUINE NUTRITION AND PHYSIOLOGY SIMPOSIUM, 14, 1995, Ontário. **Proceedings...** Ontário: CA, 1995. p.36-41.

NUTRIENT REQUIREMENTS OF HORSES. **Nutrients requirements of domestic horses**. 6.ed. Washington, DC: National Academic, 2007. 341p.

OLIVEIRA, R.F.M.; FONTES, C.A.A.; SILVA, J.F.C. Estudo da recuperação fecal de oxido crômico e dos indicadores internos cinza insolúvel, cinza insolúvel em detergente ácido e lignina em períodos de coleta de dois a sete dias em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.20, n.5, p.522-31, 1991.

OLIVEIRA, C.A.A.; ALMEIDA, F.Q.; VALADARES FILHO, S.C.; VIEIRA, A.A.; ALMEIDA, M.I.V.; CORASSA, A.; LOPES, B.A.; MACEDO, R. Estimativa da digestibilidade aparente de nutrientes em dietas para equínos, com o uso de óxido crômico e indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1681-1689, 2003.

QUADROS, J.B.S.; FURTADO, C.E. ; BARBOSA, E.D.; ANDRADE, M.B.; TREVISAN, A.G. Digestibilidade aparente e desenvolvimento de eqüinos em crescimento submetidos a dietas compostas por diferentes níveis de substituição do feno de tifton 85 pela casca de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.564-574, 2004.

RESENDE JÚNIOR, T; REZENDE, A.S.C.; LACERDA JÚNIOR, O.V.; BRETAS, M.; LANA, A.; MOURA, H.C. RESENDE. Efeito do nível de óleo de milho adicionado à dieta de eqüinos sobre a digestibilidade dos nutrientes **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.1, p.69-73, 2004.

SALES, J.; HOMOLKA, P. A meta-analysis of the effects of supplemental dietary fat on protein and fibre digestibility in the horse. **Livestock Science**, v.136, n.2/3, p.55-63, 2010.

SALIBA, E.O.S.; RODRIGUES, N.M.; GONÇALVES, L.C.; MORAIS, S.A.L. Lignina isolada da palha de milho utilizada como indicador em ensaios de digestibilidade. Estudo comparativo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.54, n.1, p.52-56, 2002.

STATISTICAL ANALISYS SYSTEM – SAS. **Procedures guide: substitute**. Version 6.11. Cary: SAS Institute, 1995. 530p.

STATISTICAL ANALISYS SYSTEM – SAS. **Procedures guide: substitute**. Version 9.1 Cary: SAS Institute, 2004. 530p.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 235p.

SILVA, L.D.F.; EZEQUIEL, J.M.B.; AZEVEDO, P.S.; CATTELAN, J.W.; RIBEIRO, E.L.A.; ROCHA, M.A.; CASTRO, V.S.; MENDES, A.R. Uso da cutina na estimativa das digestões total e parcial de alguns componentes de rações contendo diferentes fontes de nitrogênio, em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.600-606, 2006.

SIQUEIRA, R.F.; GOMES, R.C.; RODRIGUES, P.H.M.; FUKUSHIMA, R.S.; LORENZO, C.L.F; GOBESSO, A.A.O. Uso da cutina na estimativa da digestibilidade aparente de dietas para eqüinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.6, p.1373-1381, 2009.

STEIN, R.B.; SILVA; TOLEDO, L.R.A.; ALMEIDA, F.Q.; RODRIGUES, P.H.M.; LIMA, C.G.; CORASSA, A.; SANTOS, T.M. Estimativa da digestibilidade aparente da matéria seca por meio de indicadores internos em eqüinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.504-511, 2006.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Comstock Publishing Associates/Cornell University Press, 1994. 476p.

ZEOULA, L.M.; PRADO, I.N.; DIAN, P.H.M.; GERON, L.J.V.; CALDAS NETO, F.S.C.; MAEDA, E.M.; PERON, P.D.P.; MARQUES, J.A.; FALÇÃO, A.J.S. Recuperação fecal de indicadores internos avaliados em ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1865-1874, 2002.

Data de recebimento: 21/07/2010

Data de aprovação: 05/02/2011