



Archivos de Zootecnia

ISSN: 0004-0592

pa1gocag@lucano.uco.es

Universidad de Córdoba

España

Maeda, E.M.; Zeoula, L.M.; Gomes, H.C.C.; Jacobi, G.; Simioni, F.L.; Oliviera, R.A. de
Avaliação de indicadores usados nos estudos de ingestão e digestibilidade em bovinos e bubalinos
Archivos de Zootecnia, vol. 60, núm. 229, marzo, 2011, pp. 123-131

Universidad de Córdoba

Córdoba, España

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49518786014>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

AVALIAÇÃO DE INDICADORES USADOS NOS ESTUDOS DE INGESTÃO E DIGESTIBILIDADE EM BOVINOS E BUBALINOS

EVALUATION OF MARKERS USED IN THE STUDIES OF INTAKE AND DIGESTIBILITY IN CATTLE AND BUFFALO

Maeda, E.M.¹, Zeoula, L.M.¹, Gomes, H.C.C.¹, Jacobi, G.¹, Simioni, F.L.^{1*} e Oliviera, R.A. de¹

¹Departamento de Zootecnia. Universidade Estadual de Maringá. Paraná. Brasil. *flsimioni@yahoo.com.br; lmzeoula@uem.br

PALAVRAS CHAVE ADICIONAIS

FDA indigestível. FDN indigestível. MS indigestível. Óxido de cromo.

ADDITIONAL KEYWORDS

Indigestible NDF. Indigestible ADF. Indigestible DM. Chromium oxide.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar os indicadores internos, matéria seca indigestível (MSi), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido indigestível (FDAi) e compará-los com indicador externo, o óxido crômico na estimativa dos fluxos omasal, fecal e da ingestão de matéria seca (IMS) de dietas contendo 60% de silagens de cana-de-açúcar e 40% de concentrado para bovinos e bubalinos. Foram utilizados 4 bovinos e 4 búfalos, cânulados no rúmen. O delineamento experimental foi em dois quadrados latinos 4 x 4, com um arranjo fatorial 2 x 4 x 4 correspondendo a 2 espécies, 4 dietas e 4 indicadores. Houve interação entre indicadores e espécie para o fluxo omasal, porém, não ocorreu interação para o fluxo fecal e estimativa de IMS. O fluxo omasal estimado pelo MSi não diferiu do estimado pelo Cr₂O₃ na espécie bovina, estas estimativas foram diferentes das obtidas pela FDNi e FDAi, que o subestimaram. Na estimação do fluxo fecal todos os indicadores internos diferiram do Cr₂O₃. A IMS estimada pela MSi e FDAi não diferiu da IMS observada (oferta menos a sobra). Portanto, pode-se utilizar a MSi para estimativa do fluxo omasal em bovinos, e, para a estimativa da IMS pode ser utilizado a FDAi e MSi, associado ao Cr₂O₃ como indicador de produção fecal total.

SUMMARY

The purpose of this study was to evaluate three internal markers of digestibility: indigestible

dry matter (iDM), indigestible neutral detergent fiber (iNDF) and indigestible acid detergent fiber (iADF), by comparing them with chromium oxide as external marker in the estimation of omasal and fecal flows and dry matter intake (DMI) of diets containing 60% of sugar cane silage and 40% concentrate. Four buffalos and four bovines, fitted with ruminal cannula, were used in a replicated split-plot 4 x 4 Latin square design with 2 species (buffalo and bovine) and 4 diets distributed among plots and 4 markers (Cr₂O₃, iADF, iNDF, and iDM) as subplots. Omasal flows differed between markers and animal species (interaction p<0.05). In buffalos, but not in cattle, there were large differences between omasal flow estimates from MSi and Cr₂O₃, while iNDF and iADF underestimated omasal flow in both species although to larger extent in buffalo than in cattle. Fecal output estimates differed between markers similarly for both species, with all internal markers differing from Cr₂O₃. Estimates of IMS derived from Cr₂O₃ as faecal output markers, differed between internal digestibility markers to similar extent for all diets and species. Dietary IMS estimated from MSi and iADF did not differ from observed values, suggesting their potential as digestibility markers in the estimation of intake while Cr₂O₃ and iDM could be used to estimate omasal flows in cattle.

INTRODUÇÃO

Os indicadores têm sido utilizados como

Recibido: 17-11-08. Aceptado: 22-7-09.

Arch. Zootec. 60 (229): 123-131. 2011.

ferramenta experimental por muitos anos (Merchen, 1993) e um amplo número de substâncias tem sido avaliados como indicadores para estudar a função digestiva em ruminantes. O indicador pode ser classificado como interno, aquele que está no alimento, e externo, adicionado na ração ou administrado oralmente ou intraruminalmente. Segundo Merchen (1993), nenhuma das substâncias usadas como indicadores preenchem todas as características de indicador ideal, ser inerte para a microbiota ruminal, não ser absorvido, não ser tóxico para o animal e para a pessoa que o manipula, ser totalmente recuperado nas fezes, não ser oneroso de fácil obtenção, fácil análise laboratorial e que apresente um fluxo constante pelo trato digestivo. Entretanto, vários indicadores são suficientemente adequados para fornecer dados representativos de fluxo omasal, fecal e de ingestão de matéria seca.

Em determinadas circunstâncias, como no caso de animais em pastejo, não é possível quantificar o consumo real de forragem, e ainda a coleta total das fezes colhidas em bolsas amarradas ao animal não é uma tarefa simples, dificultando as estimativas de digestibilidade dos nutrientes, nesse caso. Assim, tem sido proposto o método dos indicadores, no qual o mesmo deve ser totalmente recuperado em qualquer segmento do trato digestivo do animal em estudo (Silva *et al.*, 1968), permitindo assim estimar os fluxos, seja no omaso, intestino ou fecal, e ainda estimar a ingestão total de alimentos. Essas determinações estão baseadas na razão entre a quantidade do indicador consumido intrinsecamente ao alimento, ou administrado ao animal e sua concentração nas fezes (Aroeira, 1997).

O óxido crômico ou sesquióxido de cromo (Cr_2O_3), indicador externo, é o composto inorgânico mais utilizado em experimentos de digestibilidade e a acurácia e precisão da técnica tem sido registradas (Oliveira Jr. *et al.*, 2004). Ferret *et al.* (1999) não observaram diferença entre a coleta total de fezes e

produção fecal estimada pelo Cr_2O_3 quando os animais receberam determinada dieta, e diferença quando outra foi fornecida, o que mostrou efeito de dietas.

Entre os indicadores internos, têm sido estudados alguns componentes da fração fibrosa dos alimentos, a fibra em detergente neutro (FDNi) e ácido (FDAi) indigestíveis, lignina em detergente ácido, lignina em detergente ácido indigestível, celulose potencialmente indigestível, cinza insolúvel em detergente neutro e cinza insolúvel em detergente ácido. Estes indicadores podem ser utilizados tanto na estimativa da produção fecal, como nas estimativas dos coeficientes de digestibilidade e ingestão de alimentos quando se conhece a produção fecal (Penning e Johnson 1983; Berchielli *et al.*, 2000). Conhecendo-se o potencial de utilização dos indicadores, objetivou-se avaliar os indicadores óxido crômico, FDNi, FDAi, MSi na estimativa do fluxo fecal e omasal e na estimativa da ingestão da matéria seca de dietas diferentes, em bovinos e bubalinos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Iguatemi e no Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animal pertencentes ao Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá. Foram utilizados quatro bovinos, castrados, da raça Holandesa (*Bos taurus*) e quatro búfalos mestiços (*Bubalus bubalis*), castrados, com peso corporal (PC) de 492 ± 10 kg e 403 ± 49 kg, respectivamente, fistulados ruminalmente. Os animais foram mantidos em baias individuais cobertas.

A ração foi composta de 60% de volumoso e 40% de concentrado à base de milho moído, farelo de soja e suplemento mineral. O volumoso utilizado foi a silagem de cana-de-açúcar, porém com adição ou não do *Lactobacillus buchneri*, uréia, raspa de mandioca e casca de soja no momento

INDICADORES EM ESTUDOS DE DIGESTIBILIDADE

da ensilagem, formando os seguintes volumosos: 1) cana-de-açúcar + *Lactobacillus buchneri*; 2) cana-de-açúcar + *L. buchneri* + 1% de uréia na matéria natural (MN); 3) cana-de-açúcar + *L. buchneri* + 10% de raspa de mandioca (na MN); 4) cana-de-açúcar + *L. buchneri* + 10% de casca de soja (na MN). As dietas foram balanceadas para serem isoprotéicas e isoenergéticas (12% de PB e 69% de NDT) (**tabela I**) e foram fornecidas aos animais em duas porções iguais, pela manhã (8:00 h) e à tarde (16:00 h) e restrita a 2% do PC. Os animais receberam diariamente 50 g de suplemento mineral comercial.

Os fluxos diários de matéria seca omasal e fecal foram estimados utilizando-se como

Tabela I. Composição percentual e química das rações experimentais (% na MS). (Percentage and chemistry composition of experimental diets (% of MS)).

Alimentos	Tratamentos (%)			
	SICAI	SICAIM	SICAIS	SICAIU
Farelo de soja	16,00	17,00	13,00	3,00
Milho moído	23,00	22,00	26,00	36,00
Supl. mineral	1,00	1,00	1,00	1,00
Volumoso	60,00	60,00	60,00	60,00
Componentes (% da MS)				
MS (%)	53,00	55,04	54,63	51,77
PB (% MS)	11,67	11,92	11,87	11,76
FDN (% MS)	42,63	37,48	42,33	44,18
FDA (% MS)	27,69	22,37	27,77	26,10
NDT %	68,87	70,63	70,61	68,24
FDNi (% FDN)	33,71	33,80	26,50	31,32
FDAi (% FDA)	33,14	34,47	27,31	31,63
MSi (%)	22,42	18,46	19,34	23,05
FDNi (% MS)	14,37	12,67	11,22	13,84
FDAi (% MS)	9,18	7,71	7,58	8,25

SICAI= silagem de cana-de-açúcar + inoculante; SICAIM= SICAI + farinha de varredura de mandioca; SICAIS= SICAI + casca de soja; SICAIU= SICAI + uréia; FDN= fibra em detergente neutro indigestível; FDA= fibra em detergente ácido indigestível; MSi= matéria seca indigestível.

indicador externo o óxido crômico (Cr_2O_3) e, como indicadores internos, a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), a fibra em detergente ácido indigestível (FDAi) e a matéria seca indigestível (MSi). O Cr_2O_3 foi administrado em duas quantidades diárias de 5 g (10 g/dia/animal), embrulhado em papel e colocado diretamente no rúmen através da cânula.

O experimento foi conduzido em quatro períodos experimentais com 19 dias cada, sendo 14 dias para adaptação dos animais e 5 dias de coleta. A coleta de digesta omasal foi realizada por sucção através de uma bomba de vácuo, acessando o omaso pelo orifício retículo-omasal, segundo técnica descrita por Huhtanen *et al.* (1997). Foi coletada aproximadamente 400 ml/dia de digesta omasal durante 4 dias nos horários: 8:00, 12:00, 16:00 e 20:00 horas, totalizando 4 amostras/animal/periódico. As amostras de fezes, foram obtidas diretamente do reto (aproximadamente 100 g) por 5 dias às 8:00 e 16:00 horas, perfazendo um total de 10 amostras/animal/periódico. Estas amostras foram armazenadas em sacos plásticos devidamente etiquetados e congeladas a -20°C.

Após o período de coleta as amostras de alimento, sobras, fezes e digestas omasal foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C até atingir peso constante e logo após moídas em moinho de facas com peneira de 5 mm e misturadas em quantidades iguais para formar amostras compostas/tratamento/animal. Uma parte das amostras compostas de digesta e fezes foram moídas no moinho de facas a 1 mm, para análise de Cr_2O_3 .

A concentração de Cr_2O_3 nas amostras da digesta e fezes foram determinadas por espectrofotometria de absorção atômica, de acordo com Kimura e Miller (1957). Para se obter a concentração da MSi, FDNi e FDAi nos alimentos, sobras de alimentos, digesta omasal e fezes foi feita a incubação ruminal de 6 g de amostras, moídas em peneira de 5 mm, acondicionadas em sacos de monofí-

lamento de poliéster, fabricados em náilon (ANKON-BAR DIAMOND, INC., Parma Idaho - USA), com dimensões de 10 x 17 cm e com diâmetro dos poros de 53 micra. Os sacos contendo as amostra foram amarrados a uma ancora de 600 g e introduzidos no rúmen por 240 horas (Lippke *et al.*, 1986). Considerando as possíveis diferenças da microbiota ruminal entre bovinos e bubalinos (Franzolin e Franzolin, 2000), foram feitas incubações ruminais em ambas espécies.

Após a retirada do rúmen, os sacos foram lavados com água corrente até que a água se torna totalmente límpida e imediatamente transferidos para estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 h. Para determinar MSi, FDNi e FDAi dos resíduos secos após a incubação estes foram moídos a 1 mm. O teor de MS foi obtido após a secagem em estufa a 105°C e a MSi foi obtida pela diferença do peso seco do material antes da incubação e o peso seco do resíduo após incubação. Para determinar a FDNi e a FDAi do resíduo após a incubação foi realizada as análises de FDN em equipamento analisador de fibra Ankon®, lavados com água quente e acetona, secos e pesados (Mertens, 2002) e as análises de FDA foram conduzidas de acordo com Van Soest *et al.* (1991).

Para determinar IMS pelo animal, foi pesada a quantidade fornecida e subtraída pela sua respectiva sobra. A ingestão também foi estimada, pelos indicadores MSi, FDNi e FDAi levando em consideração o fluxo fecal estimado pelo Cr₂O₃, através da equação:

$$\text{IMS estimada (kg/dia)} = [(\text{produção fecal MS} \times \% \text{ ind. Fezes})] / (\% \text{ indicador na dieta}).$$

O fluxo fecal e omasal (kg/dia) foram calculados conforme a razão:

$$\text{Fluxos (kg/dia)} = \text{indicador ingerido (kg) / (concentração do indicador no segmento, ou fezes)}.$$

De posse das estimativas dos fluxos

omasais e fecais foi estimado a digestibilidade ruminal da MS expresso em percentagem do total digerido, e a digestibilidade aparente total da MS em percentagem do ingerido.

O delineamento experimental para as variáveis fluxo omasal e fluxo fecal foi em dois quadrados latinos 4 x 4, com um arranjo fatorial 2 x 4 x 4 correspondendo a 2 espécies (bubalina e bovina) e 4 dietas na parcela e 4 indicadores (Cr₂O₃, MSi, FDAi e FDNi) na subparcela. Para a variável IMS, foi utilizado o mesmo delineamento, no entanto com apenas 3 indicadores na subparcela (MSi, FDNi e FDAi). Os valores foram analisados pelo programa estatístico SAEG (1997) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. Para determinar a precisão das estimativas das médias foi utilizado o coeficiente de variação (CV) e o erro padrão da média (EPM). A estimativa do consumo de MS foi comparado por teste de média e regressão linear.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na estimativa do fluxo omasal de MS, expresso em % do ingerido, não houve interações entre indicador e dieta experimental, porém houve interação de indicador e espécie animal. A falta de interação entre indicador *versus* dieta é um fator positivo, pois demonstrou o mesmo comportamento do indicador nas diferentes dietas estudadas. As estimativas do fluxo omasal de MS, independente das dietas, variaram entre os indicadores e principalmente para espécie bubalina. Os fluxos de MS omasal obtidos pela FDNi e FDAi em bubalinos não diferiram entre si ($p > 0,05$), porém foram inferiores aos estimados pelo Cr₂O₃ e a MSi, que diferiram ($p < 0,05$), (**tabela II**) e o maior valor foi verificado para o Cr₂O₃. A menor variação em torno da média e a maior precisão da estimativa foi obtida para Cr₂O₃, seguido da MSi para o fluxo omasal de MS.

O fluxo omasal de MS estimado pelo Cr₂O₃ e MSi, na espécie bovina, apresentou

INDICADORES EM ESTUDOS DE DIGESTIBILIDADE

Tabela II. Fluxo omasal médio da matéria seca (% ingerido) e recuperação omasal do óxido crômico (Cr_2O_3), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido indigestível (FDAi) e matéria seca indigestível (MSi) em bovídeos. (Omasal dry matter average flow (% of intake) and omasal recovery of the chromic oxide (Cr_2O_3), indigestible neutral detergent fiber (FDNi), indigestible acid detergent fiber (FDAi) and indigestible dry matter (MSi) in bovidae).

Indicadores	Fluxo omasal	EPM	CV (%)	Recuperação omasal dos indicadores (%)*
Bubalinos				
Cr_2O_3	75,8 ^a	0,99	5,3	100
MSi	61,2 ^b	2,30	15	80,73
FDNi	41,1 ^c	3,03	29,5	54,22
FDAi	38,5 ^c	1,96	20,4	50,79
Bovinos				
Cr_2O_3	67,3 ^a	1,02	6,1	100
MSi	66,1 ^a	1,67	26,6	98,22
FDNi	54,3 ^b	2,83	20,9	80,68
FDAi	52,9 ^b	3,31	25	78,60

^{ab}Médias seguidas de mesma letra na coluna, dentro da mesma espécie não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

CV= coeficiente de variação; EPM= erro padrão da média.

*Recuperação omasal considerando 100% de recuperação do Cr_2O_3 .

valores semelhantes (67,3 e 66,1% do ingerido, respectivamente), mas diferente ($p<0,05$) dos valores estimados pela FDNi e FDAi, e estes não apresentaram diferença entre si ($p>0,05$). Além dos valores obtidos pela FDNi e FDAi serem diferentes do Cr_2O_3 ainda, apresentaram estimativas de digestibilidade ruminal improváveis (percentagem do total digerido no trato gastrintestinal) em ambas as espécies estudadas (**tabela II**). Levando em consideração as dietas estudadas, biologicamente não é provável que 100% e improvável que 94% da digestão total do alimento ocorra apenas no rúmen.

Os indicadores FDNi e FDAi, em ambas as espécies subestimaram o fluxo omasal de MS e, consequentemente superestimaram a digestibilidade da MS no retículo-rúmen. Segundo Fahey e Jung (1983), a maior limitação dos indicadores internos é a sua recuperação variável nos segmentos do trato digestivo de interesse, ou até mesmo nas fezes. A grande variação observada nas

estimativas obtidas pelos indicadores internos (MSi, FDNi e FDAi) e a baixa variação ocorrida nas estimativas feitas por intermédio do Cr_2O_3 , como pode ser verificado através do erro padrão da média e coeficiente de variação, concorda com a observação destes autores.

Berchielli *et al.* (1998), estudando em bovinos o fluxo de MS no duodeno e suas digestibilidades estimadas por meio de indicadores internos (FDNi e FDAi) e externos (óxido crômico e cloreto de itérbio), observaram que a FDNi e a FDAi, quando usadas como indicadores, apresentaram menor variação e não diferiram entre si quanto à determinação da digestibilidade, enquanto os indicadores externos superestimaram o fluxo de MS e MO duodenal e, consequentemente, subestimaram os valores de digestibilidade.

Em relação ao fluxo fecal de MS (% do ingerido), não houve interações de dieta experimental versus indicador e de espécie

Tabela III. Fluxos médios da matéria seca fecal (% ingerido) e recuperação fecal do óxido crômico (Cr_2O_3), matéria seca indigestível (MSi), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) e fibra em detergente ácido indigestível (FDAi). (Fecal dry matter average flow (% of intake) and fecal recovery of the chromic oxide (Cr_2O_3), indigestible dry matter (MSi), indigestible neutral detergent fiber (FDNi) and indigestible acid detergent fiber (FDAi)).

Indicadores	Fluxo fecal (%)	EPM	CV (%)	Recuperação fecal dos indicadores (%)*
Cr_2O_3	45,0 ^b	0,98	12,3	100
MSi	37,7 ^c	1,07	16	83,77
FDNi	52,2 ^a	1,87	20,3	116
FDAi	36,1 ^c	1,44	22,5	80,22

^{ab}Médias na mesma coluna seguida com letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$). CV= coeficiente de variação; EPM= erro padrão da média.

*Recuperação fecal dos indicadores considerando 100% de recuperação do Cr_2O_3 .

versus indicador, porém, houve efeito de indicadores ($p<0,05$) (tabela III). Maior fluxo fecal foi verificado quando a FDNi foi utilizada, seguida pelo o Cr_2O_3 e os menores valores de fluxo de MS fecal foram observados para os indicadores FDAi e MSi, os quais não diferiram. Os valores estimados pelo Cr_2O_3 , apresentaram menor variação do que os indicadores internos. A acurácia e a precisão do Cr_2O_3 como indicador de fluxo fecal têm sido comprovadas na literatura (Pereira *et al.*, 1983; Oliveira Jr. *et al.*, 2004).

O valor estimado de fluxo fecal com a FDNi foi superestimado e com o uso da FDAi e MSi foi subestimado em relação aos valores obtidos com o Cr_2O_3 . Entretanto, Saliba *et al.* (1999), compararam diversos indicadores internos e externos com o método de coleta total de fezes, e afirmaram que a média obtida com a FDAi foi a mais próxima à obtida pela coleta total, e mostrou-se com potencial de indicador interno para forragens, devido ao baixo custo e à facilidade metodológica. Também foi verificado recuperações fecais de indicadores internos (FDNi, FDAi) próximo de 100% em ovinos alimentados com feno de Tifton 85 (Zeoula *et al.*, 2002).

Contrário ao comportamento para a FDNi, que refletiu em menor valor de

digestibilidade da MS, Zeoula *et al.* (2002), após revisão de literatura, constataram que os indicadores internos apresentaram valores subestimados de fluxos e superestimados de digestibilidade, o que provavelmente pode ser devido a uma recuperação incompleta em função do tempo de incubação de 192 h. Segundo Casali *et al.* (2008) para MSi e FDNi o tempo de incubação a ser utilizado deve ser 240 h e para a FDAi de 264 h para obtenção de estimativas mais exatas de fluxos de MS. No presente trabalho foi utilizado 240 h de incubação ruminal para todos os indicadores o que pode ter comprometido os valores de FDAi, contudo os fluxos foram iguais aos obtidos pela MSi.

Maeda *et al.* (2005) concluíram que o Cr_2O_3 , FDNi e MSi foram os indicadores mais adequados em relação à cinza insolúvel em ácido (CIA) para estimativa do fluxo fecal, e não diferiram entre si. Ainda, para o fluxo de MS duodenal, o óxido crômico foi o mais adequado em relação à CIA, FDNi e a MSi.

Nas estimativas de consumo de matéria seca (kg/dia), aonde se utilizou à produção fecal total estimado pelo Cr_2O_3 associado a um dos indicadores internos, não foi observado interações entre indicador *versus* dieta experimental e indicador *versus* espécie,

INDICADORES EM ESTUDOS DE DIGESTIBILIDADE

porém, houve efeito, de indicador ($p<0,05$) (**tabela IV**). Os indicadores MSi e FDAi estimaram a ingestão de MS (IMS) com precisão, não diferindo da IMS observado (oferta menos a sobra) ($p>0,05$) e a FDNi, por sua vez, subestimou a IMS em 26%. Esses dados contrariam em parte as observações de Morais (2008) que estimou a ingestão pelo Cr_2O_3 , associada a digestibilidade *in vitro* da MS e aos indicadores internos FDAi e FDNi e concluiu que nenhum dos métodos estimou adequadamente a ingestão. Observou-se, para os indicadores internos, subestimativa na IMS em torno de 30%.

Ambos indicadores apresentaram alta correlação com a IMS observada (**figura 1**). No entanto, a FDAi apresentou-se mais ajustada aos valores de consumo observados ($R^2=0,81$) em comparação com a MSi e FDAi ($R^2=0,73$ e $R^2=0,79$ respectivamente). À medida que a IMS observada muda em consequência da dieta, os valores estimados pela MSi e principalmente a FDAi acompanham a variação. Entretanto, pode-se dar preferência a MSi devido à simplicidade de determinação e custos, em relação a FDAi.

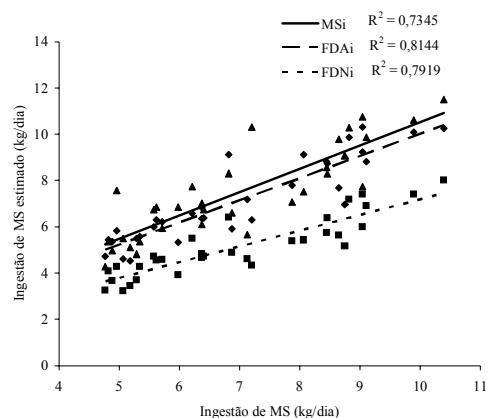


Figura 1. Correlação entre a ingestão de matéria seca (MS) observada e estimada pelos indicadores internos, utilizando-se o óxido de cromo como indicador de produção fecal total. (Correlation between dry matter intake (MS) observed and estimated by the internal markers, using chromium oxide as an total fecal output indicator).

Segundo Detmann *et al.* (2001) os indicadores internos de digestibilidade MSi e FDNi constituem a melhor alternativa para determinação do consumo de matéria seca em animais sob pastejo, enquanto a FDAi

Tabela IV. Ingestões de matéria seca (IMS em kg/dia), de diferentes dietas, observadas e estimadas pela matéria seca indigestível (MSi), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) e fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), associadas ao óxido crômico como indicador de produção fecal. (Dry matter intake (IMS kg/day) of different diets, observed and estimated by the indigestible dry matter (MSi), indigestible neutral detergent fiber (FDNi) and indigestible acid detergent fiber (FDAi), associated with chromic oxide as a fecal output marker).

	SICAI	Dieta			Média	EPM	CV (%)
	SICAIM	SICAIS	SICAIU				
IMS observada	7,5	6,9	7,7	5,8	6,9 ^a	0,29	24,1
MSi	8,2	8,2	7,4	6,0	7,5 ^a	0,35	26,5
FDNi	5,7	4,8	5,5	4,5	5,1 ^b	0,23	25,0
FDAi	7,6	6,6	8,0	6,3	7,1 ^a	0,31	24,9

^{ab}Médias na mesma coluna seguida com letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$). SICAI= silagem de cana-de-açúcar + inoculante; SICAIM= SICAI + farinha de varredura de mandioca; SICAIS= SICAI + casca de soja; SICAIU = SICAI + uréia; EPM= erro padrão da média; CV= coeficiente de variação.

demonstrou comportamento variável. Contudo, as análises nesse estudo foram conduzidas de forma seqüencial, sendo a FDAi obtida no último passo do procedimento, existindo a possibilidade de acúmulo de erro, o que pode refletir em estimativas inexatas de sua concentração real.

Os resultados observados para a digestibilidade total da MS e para a estimativa da IMS obtida pelo Cr₂O₃ como indicador de produção fecal, associado aos indicadores internos, apontam que a recuperação fecal do cromo foi próxima a 100%. Segundo Prigge *et al.* (1981), o emprego de duas aplicações diárias de Cr₂O₃ (como a realizada no presente trabalho) quando comparada a uma aplicação, gerou estimativas semelhantes ao procedimento de coleta total.

Ainda, para os indicadores internos, MSI

e FDAi, que permitiram estimativa de consumo semelhante ao observado, pode estar sinalizando melhor recuperação fecal desses indicadores em relação a FDNi. Deste modo, pode-se sugerir que dentre os indicadores internos avaliados, a FDNi foi o pior indicador de fluxo fecal, independente da espécie, bovina ou bubalina.

CONCLUSÕES

Sugere-se a utilização do óxido de cromo ou matéria seca indigestível para se estimar o fluxo de matéria seca omasal para bovinos e o fluxo de matéria seca fecal, independente da espécie (bovinos e bubalinos). O uso de óxido de cromo como indicador de fluxo fecal associado à fibra em detergente ácido indigestível ou matéria seca indigestível podem ser utilizados na estimativa de ingestão de matéria seca.

BIBLIOGRAFIA

- Aroeira, L.J.M. 1997. Estimativas de consumo de gramíneas tropicais. Em: Simpósio Internacional de Digestibilidade em Ruminantes. 1997. Lavras, MG. Anais... Universidade Federal de Lavras. Lavras. pp. 127-163.
- Berchielli, T.T., Andrade, P. e Furlan, C.L. 2000. Avaliação de indicadores internos em ensaios de digestibilidade. *Rev. Bras. Zootecn.*, 29: 830-833.
- Berchielli, T.T., Rodriguez, N.M., Osório Neto, E. e Rocha, S.S. 1998. Comparação de marcadores de fase sólida para medir fluxo de matéria seca e matéria orgânica no duodeno. *Arq. Bras. Med. Vet. Zoo.*, 50: 147-152.
- Casali, A.O., Detmann, E., Valadares Filho, S.C., Pereira, J.C., Henriques, L.T., Freitas, S.G. e Paulino, M.F. 2008. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. *Rev. Bras. Zootecn.*, 37: 335-342.
- Detmann, E., Paulino, M.F., Zervoudakis, J.T., Valadares Filho, S.C., Euclides, R.F., Lana, R.P. e Queiroz, D.S. 2001. Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços, suplementados, a pasto. *Rev. Bras. Zootecn.*, 30: 1600-1609.
- Fahey, G.C. Jr. and Jung, H.G. 1983. Lignin as a marker in digestion studies: A review. *J. Anim. Sci.*, 57: 220.
- Ferret, A., Plaixats, J. and Caja, G. 1999. Using markers to estimate dry matter digestibility, fecal output and dry matter intake in dairy ewes fed Italian ryegrass hay or alfalfa hay. *Small Ruminant Res.*, 33: 145-152.
- Franzolin, R. e Franzolin, M.H.T. 2000. População protozoários ciliados e degradabilidade ruminal em búfalos e bovinos zebuínos sob dieta à base de cana-de-açúcar. *Rev. Bras. Zootecn.*, 29: 1853-1861.
- Huhtanen, P., Brotz, P.G. and Satter, L.D. 1997. Omasal sampling technique for assessing fermentative digestion in the forestomach of dairy cows. *J. Anim. Sci.*, 75: 1380-1392.
- Kimura, F.T. and Miller, V.L. 1957. Improved determination of chromic oxide in calf feed and feces. *J. Agric. Food Chem.*, 5: 216.
- Lippke, H., Ellis, W.C. and Jacobs, B.F. 1986. Recovery of indigestible fiber from feces of sheep and cattle on forage diets. *J. Dairy Sci.*, 69: 403-412.

INDICADORES EM ESTUDOS DE DIGESTIBILIDADE

- Maeda, E.M., Zeoula, L.M., Best, J., Prado, I.N., Geron, L.J.V. e Fussiger, L. 2005. Óxido crômico, cinza insolúvel em ácido, fibra em detergente neutro indigestível e matéria seca indigestível como indicadores de fluxos duodenal e fecal de bovinos e bubalinos. Em: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 42. 2005. Goiânia. Anais... Goiânia-GO.
- Merchen, N.R. 1993. Digestion, absorption and excretion in ruminants. In: Church, D.C. (Ed.). The ruminant animal digestive physiology and nutrition. 4th ed. O&B Books. Corvallis-OR. USA. pp. 172-201.
- Mertens, D.R. 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. *J. AOAC Int.*, 85: 1217-1240.
- Morais, J.A.S. 2008. Estimativa da ingestão e digestibilidade em bovinos de corte alimentados com *Brachiaria brizantha* cv. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Marandu. Jaboticabal-SP. 119 pp.
- Oliveira Júnior, R.C., Pires, A.V., Fernandes, J.J.R., Susin, I., Santos, F.A.P., Nascimento Filho, V.F. e Araújo, F.C. 2004. Avaliação de marcadores para estimar a digestibilidade dos nutrientes em novilhos nelore alimentados com dietas contendo alto teor de concentrado e fontes nitrogenadas. *Rev. Bras. Zootecn.*, 33: 749-758.
- Penning, P.D. and Johnson, R.H. 1983. The use of internal markers to estimate herbage digestibility and intake. 1. Potentially indigestible cellulose and acid insoluble ash. *J. Agr. Sci.*, 100: 127-131.
- Pereira, J.C., Garcia, J.A. e Escuder, C.J. 1983. Estudo da digestão em bovinos fistulados, alimentados com rações tratadas com formoldeído e contendo óleo. I. Influência dos períodos de coleta nas estimativas de fluxo e da excreção da matéria seca. *Rev. Bras. Zootecn.*, 12: 399-428.
- Prigge, E.C., Varga, G.A., Vicini, J.L. and Reid, R.L. 1981. Comparison of ytterbium chloride and chromium sesquioxide as fecal indicators. *J. Anim. Sci.*, 53: 1629-1633.
- SAEG. 1997. Sistema de análises estatísticas e genéticas (Manual do usuário). Versão 7.1. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa- MG. 150 pp.
- Saliba, E.O.S., Rodriguez, N.M. e Gonçalves, L.C. 1999. Estudo comparativo da lignina isolada da palha de milho, com outros indicadores em ensaio de digestibilidade aparente. Em: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Porto Alegre. Anais... Porto Alegre-RS.
- Silva, J.F.C., Campos, J. e Conrad, J.H. 1968. Uso do óxido crômico na determinação da digestibilidade. *Experientiae*, 8: 1-23.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74: 3583-3597.
- Zeoula, L.M., Prado, I.N., Dian, P.H.M., Geron, L.J.V., Caldas Neto, S.F., Maeda, E.M., Peron, P.D.P., Marques, J.A. e Falcão, A.J.S. 2002. Recuperação fecal de indicadores internos avaliados em ruminantes. *Rev. Bras. Zootecn.*, 31: 1865-1874.