

## Indicadores para estimativa de consumo total por novilhas holandês x zebu mantidas em confinamento<sup>1</sup>

*Markers for total consumption estimate of penned holstein x zebu heifers*

SILVA, Janaina Januário da<sup>2</sup>; SALIBA, Eloísa Oliveira Simões<sup>3</sup>; BORGES, Iran<sup>3</sup>; GONÇALVES, Lúcio Carlos<sup>3</sup>; RODRIGUÉZ, Norberto Mario<sup>3</sup>; AROEIRA, Luiz Januário Magalhães<sup>4</sup>; SILVA, André Guimarães Maciel<sup>5</sup>; COSTA, Francisco José do Nascimento<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Parte integrante da Tese de Doutorado da primeira autora. Trabalho financiado pela FAPEMIG.

<sup>2</sup>Universidade Federal do Mato Grosso, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Departamento de Ciências Básicas e Produção Animal, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.

<sup>3</sup>Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Departamento de Zootecnia, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

<sup>4</sup>Centro Nacional de Pesquisa em Gado de Leite, Setor de Pastagens, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil.

<sup>5</sup>Universidade Federal do Pará, Faculdade de Medicina Veterinária, Faculdade de Medicina Veterinária, Departamento de Produção Animal, Castanhal, Pará, Brasil.

<sup>6</sup>Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil.

\*Endereço para correspondência: janajanu@yahoo.com

### RESUMO

Objetivou-se avaliar a eficácia dos indicadores internos: fibras indigestíveis (FDAi e FDNi) e lignina Klason e os indicadores externos: óxido crômico e hidroxifenilpropano enriquecido e modificado LIPE<sup>®</sup> nas estimativas de consumo total de novilhas mestiças Holandês x Zebu, mantidas em confinamento e submetidas a quatro dietas: silagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.); silagem de capim elefante e concentrado comercial; cana-de-açúcar picada e uréia; cana-de-açúcar picada, uréia e concentrado comercial. O óxido crômico subestimou o consumo das novilhas, independente da dieta fornecida, e os resultados diferiram daqueles medidos no cocho e dos obtidos com os demais indicadores. O LIPE<sup>®</sup> pode substituir o óxido crômico, pois as estimativas de consumo fornecidas por ele não diferiram do consumo observado no cocho, em nenhuma das dietas estudadas. A lignina Klason mostrou ser mais adequada para estimar o consumo das novilhas alimentadas com dietas à base de silagem de capim, do que para aquelas que receberam cana-de-açúcar. Para novilhas que receberam apenas cana e ureia, a lignina Klason subestimou numericamente o consumo (3,57kg/dia de MS),

em relação ao consumo registrado no cocho (4,05kg/dia de MS) e, para aquelas que receberam cana, ureia e concentrado, esse indicador subestimou o consumo (3,90kg/dia de MS), de maneira que diferiu estatisticamente do consumo no cocho (4,90kg/dia de MS). As fibras indigestíveis (FDAi e FDNi) foram adequadas para estimar o consumo das novilhas, independente da dieta oferecida. Esses resultados demonstram que os indicadores apresentam efeito diferenciado, conforme o volumoso utilizado.

**Palavras-chave:** indicadores externos, indicadores internos, novilhas leiteiras, produção fecal

### SUMMARY

It was aimed to evaluate the effectiveness of the internal markers: indigestible fibers (FDAi and FDNi), lignin Klason and the external markers: chromic oxide and modified enriched hydroxiphenilpropan LIPE<sup>®</sup> on the total intake estimates of penned crossbreed heifers (Holstein x Zebu). They're assigned to four diets: elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) silage; elephant grass silage and commercial concentrate;

chopped sugar cane and urea; chopped sugar cane, urea and commercial concentrate. The chromic oxide underestimated the heifers consumption of all diets and its estimates differed from either hod consumption or those obtained with markers. LIPE<sup>®</sup> may replace chromic oxide because its consumption estimates did not differ from hod consumption of all diets. The lignin Klason showed to be more appropriate to estimate the heifers consumption that were fed with diets based on grass silage than those heifers fed with sugarcane. This marker underestimated the consumption of heifers that received sugarcane and urea (3,57kg/day of MS) when it was compared to the consumption registered in hod (4,05kg/day of MS), however, for those heifers that received sugarcane, urea and supply, lignin Klason underestimated the consumption (3,90kg/day of MS), so that, it differed from consumption in hod (4,90kg/day of MS). The indigestible fibers (FDAi and FDNi) were suitable to estimate the heifers consumption in all diets. Those results showed that markers present differentiated effect according to the roughage used.

**Keywords:** dairy heifers, external markers, fecal output, internal markers

## INTRODUÇÃO

Vários problemas são relatados quanto à utilização do óxido crômico (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) como indicador externo da produção fecal, tais como incompleta mistura com a digesta ruminal, passagem mais rápida pelo rúmen do que o material fibroso e possibilidade de acúmulo em alguma parte do trato digestivo. Apesar disso, o produto ainda é o mais empregado com esse objetivo em trabalhos com ruminantes, principalmente, pelo seu baixo custo e relativa facilidade de administração e análise (PAIXÃO et al., 2007).

Indicadores internos também têm sido utilizados na estimativa da produção fecal, tais como: cinza insolúvel em ácido (CIA), cinza insolúvel em detergente ácido (CIDA), lignina em detergente ácido indigestível (LDAi), lignina Klason

e fibra em detergente neutro (FDNi) ou ácido (FDAi) indigestíveis. A recuperação de frações indigestíveis do alimento é a base para a utilização dos indicadores internos, que são aplicados convenientemente em estudos dessa natureza (BARROS et al., 2007).

As limitações inerentes aos indicadores, tanto externos quanto internos, impulsionaram a busca por indicadores mais precisos, baratos e, de preferência, com metodologias de análise mais simples. No tocante à praticidade, merece destaque o LIPE<sup>®</sup> (lignina purificada e enriquecida), denominação dada ao hidroxifenilpropano modificado e desenvolvido na Universidade Federal de Minas Gerais. É uma técnica alternativa, que exige menor tempo de adaptação dos animais, é de baixo custo e pode ser recuperado nas fezes quase que em sua totalidade, além de ser considerada característica essencial para um bom indicador (SALIBA et al., 2004). Em estudos preliminares, verificou-se que a taxa de recuperação fecal do LIPE<sup>®</sup> foi de 97,9 e 99,3% para os coelhos, 95,9% em ovinos, 102,6 e 94,6% nos suínos e 96% em equinos, com valor de consumo estimado pelo LIPE<sup>®</sup> (10,23kg/dia de MS) muito próximo ao obtido pelo consumo medido (10,67kg/ dia de MS), sem que fosse observada diferença estatística (RODRIGUÉZ et al., 2007).

Com base na ausência de consenso entre os resultados de trabalhos que fizeram uso dos indicadores internos e externos e o potencial promissor de utilização do LIPE<sup>®</sup>, objetivou-se avaliar a eficácia dos indicadores internos, fibras indigestíveis (FDAi e FDNi) e lignina Klason, e os indicadores externos, óxido crômico e hidroxifenilpropano enriquecido e modificado LIPE<sup>®</sup> nas estimativas de consumo total por novilhas mestiças Holandês x Zebu, mantidas em confinamento e submetidas a quatro dietas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental da Embrapa Gado de Leite, situado no município de Coronel Pacheco – MG, cujas coordenadas geográficas são 21°33'22"S e 43°6'15"W e a altitude é de 410m. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cwa (mesotérmico).

Adotou-se o delineamento experimental em blocos (animais) ao acaso sob esquema fatorial (quatro dietas, cinco indicadores, comparados ao consumo mensurado no cocho e cinco dias para colheita de fezes).

Utilizou-se um total de 20 novilhas mestiças Holandês x Zebu, dispostas em baias individuais, providas de cocho de cimento e bebedouro automático (tipo

concha). Foram reservados 15 dias para adaptação desses animais às dietas e à instalação.

As 20 novilhas foram separadas (por sorteio) em quatro grupos de cinco animais e para cada grupo foi administrado um tipo de dieta. As dietas experimentais foram: silagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com 25,9% MS; silagem de capim elefante com adição de concentrado (na proporção 80:20, com base matéria seca); cana-de-açúcar picada (28,5% MS) com a mistura de ureia e sulfato de amônio (proporção 9:1, com base na matéria natural); cana-de-açúcar picada com ureia e sulfato de amônio (9:1) mais concentrado comercial (na proporção 80:20 com base matéria seca) estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Composição bromatológica das dietas experimentais

Dietas	MS (%)	% na MS					EB (Mcal/kgMS)	DIVMS (%)
		PB	EE	FDA	FDN	FLK		
Silagem de capim elefante	20,00	5,05	1,78	34,59	55,75	11,59	4,24	45,68
Silagem de capim elefante e concentrado comercial (80:20)	21,46	6,90	2,30	31,83	53,07	12,16	3,94	48,05
Cana-de-açúcar e 9:1 de uréia e sulfato de amônio	25,08	11,89	0,80	48,93	66,48	13,96	3,95	43,20
Cana-de-açúcar e 9:1 de uréia e sulfato de amônio e concentrado comercial (80:20)	27,76	12,13	2,19	34,10	55,22	12,43	4,06	44,63
Concentrado comercial	90,00	16,00	4,70	6,40	17,50	-	4,60	90,00

<sup>1</sup>MS = matéria seca, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, FDA = fibra detergente neutro, FDN = fibra detergente, ácido, FLK = fração lignina Klason, EB = energia bruta, DIVMS = digestibilidade “in vitro” da matéria seca; <sup>2</sup>As proporções 9:1 de ureia e sulfato de amônio e 80:20 de silagem de capim elefante ou cana-de-açúcar e concentrado comercial foram estabelecidas com base na matéria natural.

A opção por dietas de mais baixa qualidade foi decorrente do fato de que a maioria dos trabalhos encontrados na literatura, que têm por objetivo avaliar indicadores, faz uso de dietas de alta qualidade (com base de silagem de milho, concentrados altamente energéticos, suplementos protéicos, etc.), de modo que se tornam escassas as informações para esse tipo de alimentação mais barata.

As dietas acrescidas de concentrado comercial foram fornecidas sob a forma de mistura total, homogeneizadas no cocho antes que novilhas tivessem acesso. Amostras das dietas totais e de possíveis sobras do cocho foram pesadas e acondicionadas para posteriores análises laboratoriais. Procedeu-se à determinação da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo das dietas segundo AOAC International (CUNIFF, 1995), além da fibra detergente neutro e fibra em detergente ácido, conforme metodologia proposta por Robertson & Van Soest (1981). A digestibilidade das dietas experimentais foi determinada pelo método "in vitro" descrito por Tilley & Terry (1963), resultados utilizados para o cálculo do consumo de matéria seca das novilhas.

Para cada grupo de novilhas formado, conforme a dieta fornecida, foram observados os seguintes pesos vivos médios: 268,50; 267,83; 267,50 e 273,33kg, para novilhas que receberam silagem de capim; silagem de capim e concentrado; cana e uréia; cana, ureia e concentrado, respectivamente.

Com a impossibilidade de realização da colheita total de fezes, foram realizadas estimativas de produção fecal (kg/dia de matéria seca) apenas com os indicadores internos (FDA<sub>i</sub>, FDN<sub>i</sub> e lignina Klason) e externos (LIPE<sup>®</sup> e óxido crômico). Para tal, os indicadores externos LIPE<sup>®</sup> e óxido crômico foram administrados da seguinte forma: duas doses, 9:00 e 14:00 h, para o óxido

crômico e somente às 9:00 h para o LIPE<sup>®</sup>. Foram utilizadas cápsulas de 0,25g de LIPE<sup>®</sup>, e o óxido crômico foi fornecido envolto por sacos de papel, sob a forma de "balas", com 5 g do indicador. Ambos indicadores foram introduzidos oralmente, via lança-balas. Os indicadores internos FDA e FDN indigestíveis foram obtidos após incubação dos alimentos, das sobras e das fezes, moídos em peneira com malha de cinco milímetros e alocados em sacos de náilon com dimensões de 9,5x12 cm e porosidade de 50µm, por 144 horas no rúmen de três vacas fistuladas. A dieta basal dessas vacas foi composta por cana-de-açúcar picada adicionada de 9:1 uréia e sulfato de amônio. Após a incubação ruminal, os sacos foram lavados e submetidos à secagem em estufa de ventilação forçada a 55<sup>o</sup>C, por 72 horas.

As determinações dos indicadores foram realizadas, de forma sequencial, de acordo com método de Van Soest et al. (1991), por meio do aparelho Ankon 200 (Ankon Technology Corp., Fairport, NY, USA).

A fração Klason da lignina foi determinada pelo método gravimétrico com adição de ácido sulfúrico a 72% nas amostras de alimentos oferecidos, sobras do cocho e nas fezes, conforme metodologia de Van Soest (1994).

A amostragem de fezes seguiu o protocolo estabelecido para o óxido crômico, com seis dias iniciais de adaptação e os cinco últimos dias para coleta colheita (direto da ampola retal), pela manhã e à tarde, num total de 11 dias de administração. Para o LIPE<sup>®</sup>, porém, foram reservados três dias de adaptação (concomitantemente aos três últimos dias de adaptação ao óxido crômico), seguidos dos cinco últimos para amostragem. Para os indicadores internos foram reservados também cinco dias de pesagem da dieta

oferecida e das sobras do cocho, para efeito de comparação. As amostras de fezes foram secas em estufa ventilada regulada a 55 °C por 72 horas e processadas em moinho tipo “Willey” com peneira de malha de um milímetro. Foi utilizado espectrofotômetro de absorção atômica de chama (Perkin Elmer 3110) do Laboratório de Nutrição da EV – UFMG, para a dosagem do teor de cromo, conforme metodologia mencionada por Berchielli et al. (2000). Parte das amostras de fezes moídas foram misturadas em brometo de potássio (KBr) a 1%, a fim de se proceder a leituras das concentrações de LIPE<sup>®</sup>, as quais foram realizadas por espectroscopia no infravermelho. A produção fecal foi calculada pela razão logarítmica das bandas espectrais entre os comprimentos de onda  $\lambda_1$  (1050 nm) e  $\lambda_2$  (1650nm) (SALIBA et al., 2002). A equação geral para determinação da produção fecal (kg/dia de MS), tanto por meio dos indicadores externos quanto internos, baseou-se na razão entre a quantidade do indicador ingerido pelo animal e sua concentração nas fezes (Produção fecal = gramas do indicador ingerido/concentração do marcador nas fezes).

O consumo foi obtido pela razão entre a produção fecal obtida pelos indicadores e o inverso da digestibilidade, conforme a equação: Consumo (kg/dia de MS) = Produção fecal / (1-Digestibilidade) (Prigge et al., 1981).

O modelo matemático utilizado para análise de variância foi:

$$Y_{ijk} = \mu + B + D_i + I_j + DCk + DI_{ij} + DDC_{ik} + IDC_{jk} + E_{ijk}$$

Em que:

$Y_{ijk}$  = variável observada para dieta i, por meio do indicador j, no dia k;

$\mu$  = média geral;

B = blocos (animais);

$D_i$  = efeito da dieta i;

$I_j$  = efeito do indicador j;

DCk = efeito do dia de coleta k;

$DI_{ij}$  = efeito da interação dieta x indicador;

DDC<sub>ik</sub> = efeito da interação dieta x dia de coleta;

IDC<sub>jk</sub> = efeito da interação indicador x dia de coleta;

$E_{ijk}$  = erro aleatório

Os resultados foram analisados mediante o procedimento PROC GLM do SAS (1996), e as diferenças entre os tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a impossibilidade de realização da coleta total de fezes para o estudo do consumo de MS, foram realizadas estimativas de produção fecal (kg/dia de MS) com os indicadores internos (FDA<sub>i</sub>, FDN<sub>i</sub> e lignina Klason) e externos (LIPE<sup>®</sup> e óxido crômico), com observação do efeito significativo (P=0,0001) do indicador segundo a dieta fornecida (Tabela 2).

O indicador óxido crômico subestimou (P<0,05) a produção fecal das novilhas em relação aos demais indicadores, independente da dieta oferecida. Soares et al. (2004) verificaram que a recuperação fecal do óxido crômico não é completa, principalmente, em função da variabilidade dos resultados obtidos pela metodologia de análise. Além disso, a variação de excreção entre animais, a variação diurna de excreção nas fezes, a forma de administração, o número de doses, o método e horário de amostragem das fezes, a duração dos períodos de adaptação e de colheita, a incompleta mistura com a digesta ruminal e a passagem mais rápida pelo rúmen do que o material fibroso podem ter contribuído para a subestimativa da

produção fecal pelo óxido crômico. Da mesma forma que Myers et al. (2006), em avaliação do padrão de excreção do dióxido de titânio e do óxido crômico em ovelhas, verificaram que o emprego de duas aplicações diárias leva à redução da amplitude total de variação em torno da média, de forma a tornar o

perfil de excreção do óxido crômico mais estável e próximo do equilíbrio desejado, com oposição ao que ocorre com a dosagem única. Detmann et al. (2004), ao revisarem o uso de indicadores, chegaram à mesma conclusão e recomendaram a aplicação de duas doses diárias.

Tabela 2. Estimativas médias de produção fecal (kg/dia de MS) por novilhas Holandês x Zebu confinadas

Dieta	Óxido crômico	LIPE <sup>®</sup>	Lignina Klason	FDAi	FDNi
Silagem de capim elefante	1,62±0,45 <sup>b</sup>	2,71±0,57 <sup>a</sup>	2,41±0,41 <sup>a</sup>	2,69±0,25 <sup>a</sup>	2,54±0,23 <sup>a</sup>
Silagem de capim elefante e concentrado	1,78±0,15 <sup>c</sup>	2,95±0,55 <sup>a</sup>	2,28±0,08 <sup>b</sup>	2,95±0,60 <sup>a</sup>	2,74±0,69 <sup>a</sup>
Cana-de-açúcar e uréia	1,29±0,13 <sup>b</sup>	2,24±0,38 <sup>a</sup>	1,90±0,06 <sup>a</sup>	1,90±0,11 <sup>a</sup>	1,82±0,09 <sup>a</sup>
Cana-de-açúcar, uréia e concentrado	1,29±0,09 <sup>c</sup>	2,38±0,32 <sup>a</sup>	2,17±0,11 <sup>ab</sup>	1,91±0,07 <sup>b</sup>	2,09±0,06 <sup>ab</sup>

<sup>1</sup>Médias e desvios padrão seguidos de letras distintas na mesma linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05); <sup>2</sup>LIPE<sup>®</sup>, FDAi e FDNi são: hidroxifenilpropano purificado e enriquecido, fibra em detergente ácido indigestível e fibra em detergente neutro indigestível, respectivamente.

No presente trabalho, a administração de duas doses diárias de óxido crômico não evitou a subestimativa da produção fecal das novilhas, de forma a evidenciar a complexidade e interação de fatores que podem diminuir a eficiência do mesmo como indicador externo. Do ponto de vista etológico, a aplicação de duas doses, em animais não treinados para o manejo experimental, como neste caso, altera o consumo e, conseqüentemente, a excreção fecal (ZEOULA et al., 2002). As estimativas de produção fecal fornecidas pelos indicadores internos diferiram entre si (P<0,05) apenas para a dieta à base de silagem de capim elefante e concentrado, para a qual as fibras indigestíveis forneceram estimativas

superiores (2,95 e 2,74kg/dia de MS, para FDAi e FDNi, respectivamente) àquela obtida com a lignina Klason (2,28kg/dia de MS).

As estimativas obtidas com o LIPE<sup>®</sup> diferiram (P<0,05) daquelas obtidas com indicadores internos para dietas à base de silagem de capim e concentrado (2,95 e 2,28kg/dia de MS, obtidas com LIPE<sup>®</sup> e lignina Klason, respectivamente) e cana, uréia e concentrado (2,38 e 1,91kg/dia de MS, obtidas com LIPE<sup>®</sup> e FDAi, respectivamente).

No trabalho de Freitas et al. (2002), os autores avaliaram diferentes indicadores na estimativa de produção fecal de novilhos mestiços com peso vivo médio semelhante ao dos animais do presente

estudo (271,7kg) e verificaram que a maior estimativa foi obtida com a FDNi (2,99kg/dia de MS), sem diferir estatisticamente da estimativa obtida com o óxido crômico (2,69kg/dia de MS). Os mesmos autores concluíram que, para as condições de seu estudo, a FDAiv (“in vitro”) foi o indicador que melhor estimou a produção fecal (2,39kg/dia de MS), não diferindo ( $P>0,05$ ) da coleta total.

Para o estudo do consumo total de MS, vale ressaltar novamente que as novilhas receberam concentrado incluído na mistura total da dieta e, portanto, os resultados apresentados referem-se ao consumo total (kg/dia de MS e % PV), composto de 1,3kg de concentrado (considerando-se que este foi totalmente consumido) somado à porção de volumoso, que pode ser conhecida pela subtração desse valor dos totais apresentados (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3. Valores médios de consumo (kg/dia de MS) por novilhas Holandês x Zebu confinadas

Dieta	Consumo mensurado	Óxido crômico	LIPE <sup>®</sup>	Lignina Klason	FDAi	FDNi
Silagem de capim elefante	4,85±0,95 <sup>a</sup>	2,98±0,33 <sup>b</sup>	5,21±0,22 <sup>a</sup>	4,63±0,40 <sup>a</sup>	4,85±0,13 <sup>a</sup>	5,33±0,37 <sup>a</sup>
Silagem de capim elefante e concentrado	5,86±0,67 <sup>a</sup>	3,42±0,28 <sup>b</sup>	5,42±0,39 <sup>a</sup>	5,27±0,18 <sup>a</sup>	5,48±0,19 <sup>a</sup>	6,09±0,27 <sup>a</sup>
Cana-de-açúcar e uréia	4,05±0,79 <sup>ab</sup>	2,26±0,55 <sup>c</sup>	4,04±0,18 <sup>ab</sup>	3,57±0,27 <sup>b</sup>	4,05±0,22 <sup>ab</sup>	4,61±0,21 <sup>a</sup>
Cana-de-açúcar, uréia e concentrado	4,90±0,83 <sup>a</sup>	2,19±0,48 <sup>c</sup>	4,19±0,31 <sup>ab</sup>	3,90±0,55 <sup>b</sup>	4,43±0,34 <sup>ab</sup>	4,99±0,15 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Médias e desvios padrão seguidos de letras distintas na mesma linha diferem pelo teste de Tukey ( $P<0,05$ ); <sup>2</sup>LIPE<sup>®</sup>, FDAi e FDNi são: hidroxifenilpropano purificado e enriquecido, fibra em detergente ácido indigestível e fibra em detergente neutro indigestível, respectivamente.

Tal como para estimativa da produção fecal, o óxido crômico subestimou ( $P<0,05$ ) o consumo de MS pelas novilhas, independente da dieta consumida. Os resultados com óxido crômico diferiram, não apenas do consumo de MS mensurado no cocho, mas também daqueles obtidos com os demais indicadores. Entretanto, as estimativas de consumo obtidas com o LIPE<sup>®</sup> mostraram que esse pode ser um indicador externo substituto do óxido crômico, pois as estimativas de consumo fornecidas por ele não

diferiram ( $P>0,05$ ) do consumo mensurado no cocho, para todas as dietas estudadas.

A lignina Klason foi o indicador mais adequado para estimar o consumo das novilhas alimentadas com silagem de capim. Porém, a lignina Klason subestimou numericamente ( $P>0,05$ ) o consumo (3,57kg/dia de MS) das novilhas que receberam cana-de-açúcar e ureia e, estatisticamente (3,90kg/dia de MS), daquelas que receberam cana-de-açúcar, ureia e concentrado.

Apesar da praticidade da metodologia de análise, a fração lignina Klason dos alimentos pode incluir uma variedade de componentes não lignina, tais como polímeros (aldeído fenol), taninos e complexos tanino-proteína, polímeros decorrentes de reação de Maillard, cutina, além de contaminantes advindos da adição de aditivos (FUKUSHIMA & SAVIOLI, 2001).

Em função disso, o uso da fração lignina Klason, como indicador, é muito criticado, por suas impurezas, sua inabilidade em recuperar fenóis e, principalmente, pela alteração dos lignofenóis resultante do uso de ácido sulfúrico forte. Além disso, existe a interferência da distribuição relativa da lignina para os tamanhos de partícula. A lignina dos alimentos está associada a um material mais coeso e firme,

enquanto que, nas fezes, está associada a um material mais fino. Durante a fase de filtragem em laboratório, para obtenção da fração Klason, partículas de lignina muito finas das fezes podem ser perdidas (SAVIOLI et al., 2000). Outra fonte de perda de lignina fecal também pode ser decorrente do ataque do ácido sulfúrico às partículas muito finas, já que essas apresentam maior área de superfície de contato.

Esses resultados reforçam o pressuposto de que os indicadores apresentam respostas diferenciadas, conforme o volumoso oferecido (BERCHIELLI et al., 2005) e ressaltam a importância de pesquisas que associam tipos de indicadores (externos ou internos) com diferentes forrageiras, com intuito de se estabelecerem os melhores contrastes.

Tabela 4. Valores médios de consumo em porcentagem do peso vivo de novilhas Holandês x Zebu confinadas

Dieta	Consumo mensurado	Óxido crômico	LIPE <sup>®</sup>	Lignina Klason	FDAi	FDNi
Silagem de capim elefante	1,81±0,12 <sup>a</sup>	1,11±0,22 <sup>b</sup>	1,95±0,17 <sup>a</sup>	1,73±0,26 <sup>a</sup>	1,81±0,07 <sup>a</sup>	1,99±0,09 <sup>a</sup>
Silagem de capim elefante e concentrado	2,19±0,09 <sup>a</sup>	1,28±0,18 <sup>b</sup>	2,02±0,28 <sup>a</sup>	1,97±0,17 <sup>a</sup>	2,04±0,10 <sup>a</sup>	2,27±0,13 <sup>a</sup>
Cana-de-açúcar e uréia	1,51±0,07 <sup>ab</sup>	0,85±0,21 <sup>c</sup>	1,48±0,19 <sup>ab</sup>	1,31±0,18 <sup>b</sup>	1,51±0,02 <sup>ab</sup>	1,72±0,17 <sup>a</sup>
Cana-de-açúcar, uréia e concentrado	1,79±0,06 <sup>a</sup>	0,80±0,25 <sup>c</sup>	1,57±0,30 <sup>ab</sup>	1,45±0,22 <sup>b</sup>	1,62±0,05 <sup>ab</sup>	1,82±0,04 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Médias e desvios padrão seguidos de letras distintas na mesma linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05); <sup>2</sup>LIPE<sup>®</sup>, FDAi e FDNi são: hidroxifenilpropano purificado e enriquecido, fibra em detergente ácido indigestível e fibra em detergente neutro indigestível, respectivamente.

O óxido crômico foi o indicador menos adequado para estimar o consumo de MS (% do PV) das novilhas, pois forneceu estimativas inferiores (P<0,05) ao consumo verdadeiro mensurado no

cocho, independentemente, da dieta consumida.

As estimativas de consumo de MS (% do PV) obtidas com o indicador externo LIPE<sup>®</sup> e os indicadores internos FDAi,

FDNi e lignina Klason não diferiram ( $P>0,05$ ) do consumo mensurado no cocho, logo, foram considerados adequados para estimar o consumo de MS por animais alimentados, tanto com silagem de capim elefante quanto cana-de-açúcar.

A mensuração do consumo de MS no cocho demonstrou baixa ingestão de alimentos por parte das novilhas. Da mesma forma, Ítavo et al. (2002), por meio dos indicadores internos FDA e FDNi e dos novilhos alimentados com feno de capim Coast-cross, registraram consumos iguais a 1,71% do PV. Em contrapartida, novilhos alimentados com feno de capim Tifton 85 consumiram 2,27% do PV, de forma a sugerir o melhor valor nutritivo do feno em questão. Nesse mesmo trabalho, os autores concluíram que a FDAi foi o indicador mais adequado para estimar o consumo pelos novilhos. Contrariamente, Cabral et al. (2008) registraram ineficácia deste último indicador frente ao óxido crômico e FDNi, na medida em que superestimou a excreção fecal e subestimou a digestibilidade aparente da matéria seca para bovinos mestiços de 350kg.

No tocante à ingestão das dietas à base de cana-de-açúcar, foi observada ingestão inferior àquelas encontradas por Queiroz et al. (2001). Os autores avaliaram o comportamento alimentar de novilhas com 220kg de peso vivo aos 14 meses, alimentadas com cana-de-açúcar e dois tipos de concentrado, cuja diferença estava na maior ou menor degradação ruminal da fonte de proteína de farelo de soja ou farinha de sangue mais glúten de milho, respectivamente. A proporção volumoso:concentrado foi equivalente a 77,77:22,23 para dieta à base de cana-de-açúcar e farelo de soja e 83,39:16,61 para cana-de-açúcar mais farinha de sangue e glúten. Os autores registraram consumos de 9,10kg e

8,07kg/dia de MS, respectivamente, que corresponderam a 4,13 e 3,67% do PV. As estimativas de produção fecal e, conseqüentemente, do consumo de MS por novilhas leiteiras, que consumiam dietas de baixo valor nutritivo, podem ser realizadas com os indicadores LIPE<sup>®</sup>, FDAi e FDNi em substituição ao óxido crômico. Entretanto, a utilização da lignina Klason como indicador, em animais alimentados com dietas dessa natureza, merece ressalvas. A utilização do LIPE<sup>®</sup>, FDAi e FDNi, em substituição ao óxido crômico ainda torna possível a redução do período de colheita de fezes de seis para três dias, com minimização do estresse dos animais.

Ao se considerar a proximidade das estimativas obtidas com os indicadores e o consumo real mensurado no cocho, para novilhas alimentadas com dieta à base de silagem de capim, os indicadores mais adequados foram FDAi e lignina Klason. Quando foi acrescentado concentrado à dieta, os indicadores mais precisos foram FDNi seguido de FDAi. Para novilhas alimentadas com dieta à base de cana-de-açúcar e ureia, os indicadores FDAi e LIPE<sup>®</sup> forneceram estimativas mais próximas do consumo real e, ao acrescentarmos o concentrado à essa dieta, FDNi e FDAi foram os mais adequados.

Esses resultados corroboram as evidências de que o tipo de volumoso da dieta requer o emprego de indicadores de consumo mais adequados e específicos para realização das estimativas.

## REFERÊNCIAS

BARROS, E.E.; FONTES, C.A.A.;  
DETMANN, E.; VIEIRA, R.A.M.;  
HENRIQUES, L.T.; RIBEIRO, E.G.  
Avaliação do perfil nictemeral de excreção  
de indicadores internos e de óxido crômico  
em ensaios de digestão em ruminantes.  
**Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36,  
n.6, 2007. Supl. [ [Links](#) ].

BERCHIELLI, T.T.; OLIVEIRA, S.G.;  
CARRILHO, E.N.V.M.; FEITOSA, J.V.;  
LOPES, A.D. Comparação de indicadores  
para estimativas de produção fecal e de  
fluxo de digesta em bovinos. **Revista  
Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.987-  
996, 2005. [ [Links](#) ].

BERCHIELLI, T.T.; ANDRADE, P.;  
FURLAN, C.L. Avaliação de marcadores  
internos em ensaios de digestibilidade.  
**Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29,  
n.3, p.830-833, 2000. [ [Links](#) ].

CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO,  
S.C.; DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS,  
J.T.; SOUZA, A.L.; VELOSO, R.G.  
Avaliação de indicadores na estimação da  
excreção fecal e da digestibilidade em  
ruminantes. **Revista Brasileira de Saúde  
e Produção Animal**, v.9, n.1, p.29-34,  
2008. [ [Links](#) ].

CUNIFF, P. **Official methods of analysis  
of AOAC International**. 16.ed.  
Arlington: AOAC International, 1995.  
[ [Links](#) ].

DETMANN, E.; VALADARES FILHO,  
S.C.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS,  
J.T.; CABRAL, L.S. Avaliação da técnica  
de indicadores na estimação do consumo  
por ruminantes em pastejo. **Cadernos  
Técnicos de Medicina Veterinária e  
Zootecnia**, n.46, p.40-57, 2004. [ [Links](#) ].

FREITAS, D.; BERCHIELLI, T.T.;  
SILVEIRA, R.N.; SOARES, J.P.G.;  
ERNANDES, J.J.R.; PIRES, A.V.  
Produção fecal e fluxo duodenal de

matéria seca e matéria orgânica  
estimados por meio de indicadores.  
**Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31,  
n.3, p.1521-1530, 2002. [ [Links](#) ].

FUKUSHIMA, R.S.; SAVIOLI, N.M.F.  
Correlação entre digestibilidade in vitro  
da parede celular e três métodos  
analíticos para avaliação quantitativa da  
lignina. **Revista Brasileira de  
Zootecnia**, v.30, n.2, p. 302-309, 2001.  
[ [Links](#) ].

ÍTAVO, L.C.V.; VALADARES  
FILHO, S.C.; SILVA, F.F.;  
VALADARES, R.F.D.; CECON, P.R.;  
ÍTAVO, C.C.B.F.; MORAES,  
E.H.B.K.; PAULINO, P.V.R. Níveis de  
concentrado e proteína bruta na dieta de  
bovinos nelore nas fases de recria e  
terminação: Consumo e Digestibilidade.  
**Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31,  
n.2, p.1033-1041, 2002. Supl. [ [Links](#) ].

MYERS, W.D.; LUDDEN, P.A.;  
NAYIGIHUGU, V.; HESS, B.W.  
Excretion patterns of titanium dioxide  
and chromic oxide in duodenal digesta  
and faeces of ewes. **Small Ruminant  
Research**, v.63, p.135-141, 2006.  
[ [Links](#) ].

PAIXÃO, M.L.; VALADARES  
FILHO, S.C.; LEÃO, M.I.; CECON,  
P.R.; MARCONDES, M.I.; SILVA,  
P.A.; PINA, D.S.; SOUZA, M.G.  
Variação diária na excreção de  
indicadores interno (FDAi) e externo  
(Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), digestibilidade e parâmetros  
ruminais em bovinos alimentados com  
dietas contendo uréia ou farelo de soja.  
**Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36,  
n.3, p. 739-747, 2007. [ [Links](#) ].

PRIGGE, E.C.; VARGA, G.A.; VICINI,  
J.L.; REID, R.L. Comparison of  
ytterbium chloride and chromium  
sesquioxide as fecal indicators. **Journal**

of **Animal Science**, v.53, n.6, p. 1629-1633, 1981. [ [Links](#) ].

QUEIROZ, A.C.; NEVES, J.S.; MIRANDA, L.F.; PEREIRA, J.C.; PEREIRA, E.S.; DUTRA, A.R. Efeito do nível de fibra e da fonte de proteína sobre o comportamento alimentar de novilhas mestiças Holandês x Zebu. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.53, n.1, p. 84-88, 2001. [ [Links](#) ].

ROBERTSON, J.B.; VAN SOEST, P.J. The detergent system of analysis and its application to human foods. In: JAMES, W.P.T.; THEANDER, O. (Ed.). **The analysis of dietary fiber in food**. New York: Marcel Dekker, 1981. p.123-158. [ [Links](#) ].

RODRIGUÉZ, N.M.; SALIBA, E.O.S.; GUIMARÃES-JÚNIOR, R. Uso de indicadores para estimar consumo y digestibilidade de pasto. LIPE, lignina purificada y enriquecida. **Revista Colombiana de Ciências Pecuárias**, v.20, n.4, p. 518-525, 2007. [ [Links](#) ].

SALIBA, E.O.S.; FERREIRA, W.M.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, I. Lignin from eucalyptus as indicator for rabbits in digestibility trials. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.3, n.1, p.107-109, 2004. [ [Links](#) ].

SALIBA, E.O.S.; GONÇALVES, L.C.; MORAIS, S.A.L.; PILÓ-VELOSO, D. Lignina isolada da palha de milho utilizada com indicador em ensaios de digestibilidade: estudo comparativo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.54, n.1, 2002. [ [Links](#) ].

SAS INSTITUTE. **The SAS system for Windows**. Version 6.12. Cary, 1996. [ [Links](#) ].

SAVIOLI, N.M.F.; FUKUSHIMA, R.S.; LIMA, C.G.; GOMIDE, C.A. Rendimento e comportamento espectrofotométrico da lignina extraída de preparações de parede celular, fibra em detergente neutro ou fibra em detergente ácido. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.988-996, 2000. [ [Links](#) ].

SOARES, J.P.G.; BERCHIELLI, T.T.; AROEIRA, L.J.M.; DERESZ, F.; VERNEQUE, R.S. Estimativas de consumo do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), fornecido picado para vacas lactantes utilizando a técnica do óxido crômico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p. 811-820, 2004. [ [Links](#) ].

TILLEY, J.A.; TERRY, R.A. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**, v.18, n.1, p. 104-111, 1963. [ [Links](#) ].

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p. [ [Links](#) ].

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. **Journal of Dairy Science**, v.74, n. 10, p. 3583-3597, 1991. [ [Links](#) ].

ZEOULA, L.M.; PRADO, I.N.; DIAN, P.H.M.; GERON, L.J.V.; CALDAS NETO, S.F.M.; MAEDA, E.M.; PERON, P.D.P.; MARQUES, J.A.; FALCÃO, J.S. Recuperação fecal de indicadores internos avaliados em ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.865-1874, 2002. [ [Links](#) ].

Data de recebimento: 03/02/2009

Data de aprovação: 22/08/2010