

Digestibilidade Aparente e Consumo Determinados *in vivo* por Indicadores Externos em Bovinos

Apparent Digestibility and Intake Determined in Vivo by External Indicators in Cattle

Henrique Fonseca Lopes^{*a}; Eloísa de Oliveira Simões Saliba^b; Ludhiana Rosa Ferreira^c; Cecília Ribeiro da Mota e Silva^c; Filipe Aguiar e Silva^c

^aAssistência Técnica e Consultoria em Bovinocultura de Corte. MG, Brasil.

^bUniversidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Zootecnia, Escola de Veterinária. MG, Brasil.

^cUniversidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Zootecnia. MG, Brasil.

*E-mail: henriquelopesvet@gmail.com

Resumo

Foram utilizados 16 bovinos mestiços divididos em quatro grupos experimentais. Os animais foram mantidos em confinamento modelo *tie stall* e alimentados com dieta total constituídas por silagem de milho, fubá, farelo de soja e diferentes fontes de minerais. Foram realizados dois ensaios experimentais, durante o primeiro período o núcleo mineral foi fornecido misturado a dieta, no segundo período experimental o fornecimento dos minerais foi forçado. O objetivo com este trabalho foi avaliar a acurácia dos indicadores externos LIPE[®], NANOLIPE[®] e dióxido de titânio para estimar o consumo de matéria seca e a digestibilidade em bovinos que consumiram minerais de fontes convencionais ou quelatados. Para determinar o consumo real de matéria seca, a quantidade de alimento residual foi subtraída do alimento oferecido. Com a pesagem do total de fezes produzidas, foi determinada a produção fecal. Os valores estimados pelos indicadores de foram comparados aos obtidos pela coleta total de fezes e sobras. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com parcelas subdivididas. Os resultados estimados pelos três indicadores para consumo, digestibilidade e produção fecal não diferiram da coleta total, demonstrando não haver interação entre a fonte de minerais e os resultados estimados pelos indicadores utilizados. Porém quando o LIPE[®] foi usado associado a Lignina Klason estes indicadores não foram capazes de estimar adequadamente o consumo de matéria seca.

Palavras-chave: Ruminantes. Lignina. LIPE. NANOLIPE. Dióxido de Titânio.

Abstract

In this study we used 16 crossbred cattle divided into four groups. The animals were kept in feedlot tie stall and fed complete diet consisting of corn silage, corn meal, soybean meal and different sources of minerals. Two experimental trials were conducted. During the first period mineral kernel was provided mixed diet, on the second experimental period it was forced. The aim of this study was to evaluate the accuracy of external markers LIPE[®], NANOLIPE[®] and titanium dioxide to estimate dry matter intake and digestibility in cattle. To determine the real dry matter intake, the amount of residual food was subtracted from the food offered. By weighing the total amount of feces produced, the fecal production was determined. The values estimated by the indicators were compared to those obtained by the total collection of feces and residue. The design was completely randomized split plot. The estimated results by the three indicators for intake, digestibility and fecal output did not differ statistically from the total collection data, demonstrating there was no interaction between source of minerals and the results estimated by the indicators. Although when the LIPE[®] has been used associated with Klason Lignin these indicators were not able to accurately estimate dry matter intake.

Keywords: Ruminants. Lignina. LIPE. NANOLIPE. Titanium Dioxide

1 Introdução

O consumo voluntário é um dos fatores de maior influência sobre o desempenho. A ingestão de alimento disponibiliza nutrientes para serem assimilados pelo animal e a microbiota. Muitos fatores exercem influência sobre o consumo, dentre eles, fatores ambientais, relacionados ao animal, a dieta, condições de manejo e sistema de alimentação.

A digestibilidade é outro fator de grande relevância sobre a produção animal. A avaliação da digestibilidade de uma dieta é determinante para a formulação de uma ração adequada ao desempenho esperado de uma categoria animal. Para tanto, diversas metodologias *in vitro* e *in vivo* foram estabelecidas para avaliar a digestibilidade dos alimentos.

Para reduzir os erros, custos e outros problemas das técnicas usadas para determinar o valor nutritivo dos alimentos é importante a constante busca por métodos mais adequados. A determinação direta da produção fecal, conhecida como coleta total de fezes *in vivo* é um processo dispendioso e requer controle rigoroso do consumo e produção fecal do animal. Apesar dos procedimentos *in vivo* terem suas limitações em algumas situações, continuam como referência, tanto na avaliação dos alimentos, como na validação de métodos alternativos de determinação. O uso de indicadores de metabolismos animal foi proposto para estimar a produção fecal, digestibilidade e, indiretamente, o consumo. Os indicadores são monitores químicos para determinação quantitativa e qualitativa de fenômenos fisiológicos e

nutricionais (OWENS; HANSON, 1992).

Para avaliar os resultados obtidos com a suplementação animal é importante conhecer o consumo de cada componente da dieta. Principalmente para animais alimentados em grupo ou em sistema de pastejo. A estimativa acurada do consumo de matéria seca (CMS) é fator de extrema relevância para a formulação de dietas balanceadas.

Com este estudo objetivou-se avaliar a eficiência dos indicadores externos LIPE[®], NANOLIPE[®] e dióxido de titânio para estimar CMS e digestibilidade em bovinos que consumiram minerais de fontes convencionais ou quelatados.

2 Material e Métodos

2.1 Animais e instalações utilizadas

Foram utilizados 16 bovinos mestiços holandês-zebu, com peso médio de 150 kg. Os animais foram alojados em sistema de *Tie Stall*, sobre piso de concreto. As baias eram cobertas com telhado colonial, com comedouros de alvenaria e bebedouros individuais.

2.2 Dieta experimental

Os animais foram alimentados com dieta completa, composta por farelo de soja, milho moído, silagem de milho e duas fontes de mineral (tradicional e quelatado) com diferentes níveis de inclusão na dieta. A dieta foi formulada para atender as exigências de manutenção e crescimento dos animais segundo o NRC (2001). A composição dos ingredientes da dieta foi apresentada no Quadro 1 e a relação dos ingredientes no Quadro 2. A dieta foi fornecida duas vezes ao dia: às oito horas da manhã e às quatro horas da tarde.

O experimento foi dividido em dois períodos no primeiro o núcleo mineral foi fornecido incorporado à dieta total e no segundo ensaio foi realizado o fornecimento forçado do núcleo mineral. No intervalo entre os experimentos um dos animais veio a óbito.

Quadro 1 - Composição química expressa em percentual da matéria seca dos ingredientes e da dieta base completa

	Silagem	Soja	Milho	Dieta base
MS	32,10	88,40	87,90	56,49
MM	5,07	5,90	1,60	4,83
FDN	54,52	17,55	20,00	38,80
FDA	30,67	5,90	2,90	19,49
PB	7,30	50,80	8,20	20,23
EE	2,85	1,80	3,55	2,64
LK	4,78	1,40	1,10	3,22

MS: matéria seca, MM: matéria mineral, FDN: fibra em detergente neutro, FDA: fibra em detergente ácido, PB: proteína bruta, EE: extrato etéreo, LK: lignina klason.

Fonte: dados da pesquisa.

Quadro 2 - Composição das dietas experimentais, ingredientes, expressa em kg de matéria seca

Ingredientes	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4
Silagem	3,21	3,21	3,21	3,21
Fubá	1,67	1,67	1,67	1,67
Farelo de soja	0,795	0,795	0,795	0,795
Núcleo quelatado	0,00	0,00	0,086	0,046
Núcleo inorgânico	0,00	0,075	0,00	0,034

Fonte: dados da pesquisa.

Diariamente, para a determinação do alimento consumido, a quantidade de alimento residual foi subtraída do alimento oferecido. Além disso, pela pesagem do total de fezes produzidas, determinou-se a produção fecal. Amostras de alimentos, sobras e fezes foram coletadas para determinação dos teores de matéria seca (MS). A digestibilidade aparente *in vivo* da matéria seca foi calculada como descrito no item 2.6.

2.3 Avaliação do consumo real

Os animais passaram por 14 dias de adaptação a dieta e às instalações. Para cada indicador foi estabelecido protocolo específico de adaptação. Posteriormente, procedeu-se com a coleta total de fezes e das amostras para avaliação dos indicadores.

A dieta fornecida e as sobras de cada animal, foram registradas diariamente antes da alimentação matinal. A partir das coletas diárias do alimento fornecido e sobras foram formadas amostras compostas de cada período para cada animal.

Durante o período de coleta, amostras dos volumosos, concentrados e das sobras de cada animal foram coletadas diariamente. Ao final do período foram feitas amostras compostas, "pool" de cada animal.

2.4 Fornecimento e recuperação dos indicadores

Após o período de adaptação teve início a administração do TiO₂. Foram fornecidos 10 g por animal, por via oral antes do fornecimento da dieta da manhã. Em seguida, 12 dias após o período de adaptação procedeu-se o fornecimento do LIPE[®], 500 mg por via oral antes do fornecimento da ração da manhã. Ao final da adaptação iniciou-se a coleta total de fezes, para aferição do consumo e produção fecal. Foram coletadas uma amostra por dia dos dias 15 a 19. As cinco amostras de cada animal foram utilizadas para formar um *pool* para determinação da concentração de TiO₂ e LIPE[®].

Cápsulas contendo 500 mg do indicador NANOLIPE[®] foram administradas por via oral, uma vez ao dia, às oito horas da manhã, durante dois dias, nos dias 19 e 20 do período experimental. Para a análise de NANOLIPE[®] foi coletada uma amostra 24 horas após a administração da segunda dose do indicador, segundo metodologia proposta por Gonçalves (2012).

2.5 Análises laboratoriais

As amostras dos alimentos foram analisadas no Laboratório

de Nutrição Animal da Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais. No laboratório, as amostras de fezes foram previamente secas, em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas, e processadas em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm de diâmetro.

As análises dos teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) (AOAC, 1990) (INCT-CA, 2012), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados segundo as técnicas descritas por Van Soest *et al.* (1991). A análise de digestibilidade *in vitro* da matéria seca foi realizada segundo Tilley e Terry (1963).

Posteriormente foi realizada a quantificação do LIPE® e NANOLIPE®, por espectrometria de absorção no infravermelho com transformada de Fourier (FT-IV) segundo SALIBA *et al.* (2013, 2015). A produção fecal foi calculada segundo o item 2.6 e o consumo estimado, com a digestibilidade aparente *in vivo*, obtido por coleta total em cinco dias.

A concentração de TiO₂ foi determinado segundo Myers *et al.* (2004). Uma amostra de 0,5 g de fezes foi digerida, por 2 horas a 400 °C, em tubos para determinação de proteína. Na digestão foram utilizados 20 ml de ácido sulfúrico e 5g de mistura catalítica para proteína, em tubos macro KJELDAHL. Após a digestão, 15 ml de H₂O₂ (30%) foram adicionados lentamente e o material do tubo foi transferido para balões de 100 ml e completado com água destilada até completar o volume do balão. Uma curva padrão foi preparada com 0, 2, 4, 6, 8, 10 mg de TiO₂ e as leituras realizadas em espectrofotômetro com comprimento de onda de 410 nm. Para o cálculo da produção fecal e consumo estimado pelo TiO₂, utilizou-se a fórmula descrita no item 2.6.

Nas amostras de alimentos e fezes, coletadas diariamente do dia 15 ao dia 19, foram determinadas a concentração de lignina pelo método da Lignina Klason (LK), proposto por Van Soest (1994).

O consumo estimado pela LK foi calculado em combinação com dados do LIPE®, como expresso no item 2.6.

2.6 Fórmulas utilizadas

Digestibilidade por indicadores externos: DMS (%) = 1 - (PF/CMS)

Onde:

DMS = digestibilidade da MS (%)

PF = Produção fecal estimada pelo indicador (kg)

CMS = Consumo real total de matéria seca (kg)

Consumo de volumoso: CV = (PF*If)-Ic/Iv

Onde:

CV = Consumo de matéria seca de volumoso (kg)

PF = Produção fecal estimada por indicador externo (kg)

If = Concentração de indicador externo nas fezes (kg/kg)

Ic = Concentração de indicador externo no concentrado (kg/kg)

Iv = Concentração de indicador externo no volumoso (kg/kg)

Recuperação do indicador: RI = 1/RF*100

Onde:

RI = Recuperação do indicador

RF = Recuperação de matéria seca fecal calculada dividindo-se a produção fecal estimada pela produção fecal real

Consumo de matéria seca: CMS = PF/(1 - DMS)

Onde:

CMS = Consumo de matéria seca

PF = Produção fecal de matéria seca

DMS = Digestibilidade do alimento

Consumo de matéria seca indicador interno: MS = PF*(If/Ia)

Onde:

CMS = Consumo total de matéria seca (kg)

PF = Produção fecal total estimada indicador NANOLIPE (Kg)

If = Concentração de LK nas fezes (kg/kg)

Ia = Concentração de LK no alimento (kg/kg)

2.7 Delineamento experimental

O modelo experimental estatístico utilizado foi um delineamento inteiramente casualizado com parcelas subdivididas. Os dados foram avaliados pelo programa SISVAR, utilizando o teste TUKEY à 5% de probabilidade.

$$Y_{ij} = \mu + A_i + I_j + AI_{ij} + e_{ij}$$

Onde:

μ = Média geral

A_i = Efeito do indicador

AI_{ij} = Interação dos efeitos do indicador com suplementação

e_{ij} = Erro aleatório

3 Resultados e Discussão

3.1 Consumo de matéria seca

O consumo real de MS foi obtido pela coleta total de fezes e sobras e as estimativas da ingestão de matéria seca calculadas a partir dos indicadores LK, NANOLIPE®, LIPE® e TiO₂ durante o primeiro período experimental estão compilados no Quadro 3.

Quadro 3 - Consumo real de matéria seca e estimada pelos indicadores durante o primeiro período experimental, expressa em kg de matéria seca em diferentes dietas

	Coleta total	LK	LIPE®	NANOLIPE®	TiO ₂
Dieta 1	4,85 ab	2,60 b	5,00 ab	4,66 ab	7,05 a
Dieta 2	4,66 a	5,05 a	6,82 a	4,75 a	5,88 a
Dieta 3	5,39 a	5,40 a	6,82 a	5,59 a	6,44 a
Dieta 4	5,71 a	3,70 b	5,83 a	5,50 a	6,36 a
Média	5,15 ab	4,19 b	5,13 ab	6,12 a	6,43 a

Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem pelo teste de Tukey (p<0,05). CV(%) = 28,81.

Fonte: dados da pesquisa.

Os resultados do segundo período de coleta estão apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 - Consumo real de matéria seca e estimada pelos indicadores durante o segundo período experimental, expressa em kg de matéria seca em diferentes dietas

	Coleta Total	LK	LIPE®	NANOLIPE®	TiO ₂
Dieta 1	5,32 a	2,20 b	5,60 a	4,15 ab	5,48 a
Dieta 2	5,30 ab	2,83 b	5,21 ab	5,83 a	7,81 a
Dieta 3	6,80 a	5,60 a	6,19 a	5,83 a	6,06 a
Dieta 4	6,50 a	2,93 b	6,40 a	5,96 ab	7,75 a
Média	5,97 a	3,39 b	5,85 a	5,44 a	6,77 a

Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV(%) = 26,95%.

Fonte: dados da pesquisa.

O CMS no primeiro período experimental foi subestimado ($p < 0,05$) apenas pelo indicador interno LK na dieta 4. Todos os indicadores externos estimaram o CMS sem diferença significativa ($p > 0,05$) em relação aos resultados medidos pela coleta total de fezes e sobras. A média do CMS estimada por todos os indicadores no primeiro período experimental foi semelhante ao consumo real, diferindo apenas os valores obtidos com uso da LK dos estimados por TiO₂ e NANOLIPE®.

O indicador interno LK subestimou o CMS ($p < 0,05$) nas dietas 1 e 4 quando comparado à coleta total do segundo período. Os indicadores externos assim como no primeiro período experimental estimaram adequadamente o CMS não apresentando diferença ($p > 0,05$) em relação aos resultados obtidos pela coleta total de fezes e sobras. O CMS médio estimado pela LK no segundo período de coleta foi o único que diferiu significativamente da coleta total. Além de não diferirem da coleta total os indicadores não apresentaram diferença entre si.

Ao comparar os dados de consumo deste experimento aos preditos pelo BR-CORTE 1.0 é possível afirmar que no primeiro período apenas os valores de CMS da coleta total e do LIPE® foram condizentes com a tabela de exigências. O consumo estimado pela TiO₂ e NANOLIPE® foram superiores aos preditos, enquanto a LK subestimou os dados. No segundo ensaio, além do LIPE® e coleta total (CT), o NANOLIPE® também apresentou valores condizentes com as exigências previstas pela tabela de exigências. O CMS calculado a partir do TiO₂ continuou sendo superestimado como ocorreu no primeiro período. A LK se manteve subestimando o consumo.

Em estudo realizado por Silva *et al.* (2007) foram relatados resultados satisfatórios com a combinação de LK e LIPE® para estimar o CMS de bovinos alimentados com capim elefante. Já Gonçalves (2012) utilizou a LK, associada ao NANOLIPE® para estimar o CMS por bovinos recebendo dietas à base de silagem de milho. Neste trabalho, segundo o autor, a associação dos indicadores demonstrou resultados semelhantes ao CMS real. A vantagem do uso da LK em combinação com o LIPE® é que a estimativa do consumo é feita de modo direto, sem necessidade de estimativa de produção fecal ou digestibilidade.

O CMS estimado pelo indicador interno LK associado ao LIPE® foi menor que o obtido pela coleta total nos dois

períodos experimentais. Esta diferença pode ter ocorrido pois segundo Detmann *et al.* (2014) e Gomes *et al.* (2011) a análise de LK apresenta uma grande contaminação do resíduo de lignina com compostos nitrogenados. Além de outros erros inerentes a técnica analítica.

Ferreira *et al.* (2009b) realizaram dois trabalhos para estimar o consumo individual de vacas em lactação alimentadas em grupo. No primeiro, oito vacas foram alojadas em baias individuais recebendo silagem de milho e 4 kg de concentrado. No segundo, foram utilizadas 31 vacas, alojadas em *free stall* e alimentadas com silagem de milho e concentrado. O TiO₂ permitiu estimar com eficiência o consumo de concentrado nos dois ensaios.

Em estudo realizado com 30 fêmeas Nelore com aproximadamente 24 meses de idade Pina *et al.* (2011) compararam o TiO₂ ao Cr₂O₃ para estimativa de consumo individual de concentrado. Os animais foram alojados em baias coletivas. A dieta era composta por 80% de cana de açúcar e 20% de concentrado. Os indicadores TiO₂ e Cr₂O₃ foram igualmente efetivos para estimar os consumos individuais de concentrado destes bovinos. Assim como relatado por estes autores o TiO₂ proporcionou resultados confiáveis para estimativa de CMS no presente estudo.

Soares *et al.* (2011) realizou um estudo para avaliar Cr₂O₃ e LIPE® para a estimativa do CMS em bubalinos sob condições de pastejo. Dez bubalinos foram mantidos em pastagem de *Brachiaria humidicula* e o CMS foi superestimado quando o Cr₂O₃ foi utilizado, o indicador LIPE® estimou adequadamente o CMS. Em estudo realizado por Silva *et al.* (2010) o LIPE® foi eficaz para prever o CMS de novilhas alimentadas com cana-de-açúcar e ureia. Já Silva *et al.* (2011) demonstraram a eficiência do LIPE® em estudo com vacas em lactação, no qual não foi encontrada diferença significativa entre o CMS estimado pelo indicador e o consumo estimado pela coleta total. Lima *et al.* (2008) em ensaio comparando o LIPE® e o Cr₂O₃ para estimativa de CMS por bovinos de corte, concluíram ser o LIPE® a opção mais confiável para determinação indireta do CMS por animais sob regime de pastejo.

Os resultados encontrados com o uso do NANOLIPE corroboram com os encontrados por Gonçalves *et al.* (2012) em que a estimativa de consumo pelo indicador e consumo real encontraram valores de 2,10 e 2,05 % PV, respectivamente.

3.2 Digestibilidade

A digestibilidade aparente da matéria seca obtida com a coleta total de fezes e as estimativas de digestibilidade aparente da matéria seca calculadas a partir dos indicadores, NANOLIPE®, LIPE® e TiO₂ durante o primeiro período experimental estão dispostas no Quadro 5 e os resultados do segundo período no Quadro 6.

Quadro 5 - Digestibilidade aparente da matéria seca obtida pela técnica *in vivo* e estimada pelos indicadores durante o primeiro período experimental, expressa em porcentagem de matéria seca em diferentes dietas

	Coleta Total	LIPE®	NANOLIPE®	TiO ₂
Dieta 1	70% a	69% a	71% a	57% a
Dieta 2	69% a	53% b	68% a	61% a
Dieta 3	68% a	57% a	67% a	61% a
Dieta 4	68% a	68% a	70% a	60% a
Média	69% a	62% a	69% a	61% a

Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV = 12,46.

Fonte: dados da pesquisa.

Quadro 6 - Digestibilidade aparente da matéria seca real e estimada pelos indicadores durante o segundo período experimental, expressa em porcentagem de matéria seca em diferentes dietas

	Coleta total	LIPE®	NANOLIPE®	TiO ₂
Dieta 1	66% a	64% a	73% a	65% a
Dieta 2	72% a	73% a	71% a	58% a
Dieta 3	61% a	64% a	68% a	65% a
Dieta 4	69% a	70% a	73% a	64% a
Média	67% ab	68% ab	71% a	63% b

Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV = 10,13.

Fonte: dados da pesquisa.

A digestibilidade aparente da matéria seca no primeiro período experimental foi subestimada ($p < 0,05$) apenas pelo LIPE® na dieta 2. O NANOLIPE® e o TiO₂ apresentaram valores de digestibilidade que não diferiram ($p > 0,05$) dos resultados obtidos pela da CT. As médias da DMS estimadas pelos três indicadores foram semelhantes entre si e a DMS aparente, isso demonstra não haver influência da digestibilidade estimada incorretamente pelo LIPE® na dieta 2 sobre o seu resultado global.

A Digestibilidade aparente da matéria seca no segundo período de coleta foi corretamente estimada por todos os indicadores, visto que foram semelhantes aos resultados obtidos por meio da CT. As DMS médias estimadas pelo TiO₂ e NANOLIPE® diferiram entre si, porém ambas foram semelhantes ao LIPE® e a CT. Nos dois períodos, todos os indicadores foram eficientes em estimar DMS. Apesar de não apresentar diferença estatística os valores apresentados pelo TiO₂ foram numericamente inferiores a DMS aparente. Esses resultados podem ser considerados baixos frente aos relatados por Vargas *et al.* (2015) e Fernandes *et al.* (2013), com dietas semelhantes as deste ensaio. As DMS encontradas pelos pesquisadores foram de 66,6% e 76,4%, respectivamente.

Ferreira *et al.* (2009a) conduziram dois experimentos para estimar a digestibilidade em bovinos com uso dos indicadores externos Cr₂O₃, TiO₂ e LIPE®. No primeiro, foram utilizadas cinco novilhas mestiças alimentadas com cana-de-açúcar e concentrado. No segundo experimento, foram utilizadas oito vacas em lactação alimentadas com silagem de milho e 4 kg de concentrado. Não houve diferença na digestibilidade

da matéria seca entre os períodos de coleta. Em ambos a digestibilidade estimada por Cr₂O₃, TiO₂ e LIPE®, não diferiram da determinada pela CT.

Silva *et al.* (2014) utilizaram 30 touros Nelore terminados em confinamento, alojados em baias coletivas por 63 dias. Neste trabalho a digestibilidade foi estimada usando-se o LIPE®. O indicador LIPE® estimou de forma semelhante a digestibilidade aparente de todos os nutrientes das dietas experimentais. Estes resultados concordam com os estimados no presente trabalho. Saliba *et al.* (2003) em estudo com caprinos verificaram que não houve diferença para digestibilidade da matéria seca do feno de Tifton quando comparados os dados obtidos por meio de CT e estimados pelo LIPE®.

Merlo *et al.* (2008), Silva *et al.* (2008a) e Silva *et al.* (2008b), trabalhando com ovinos, não observaram diferença entre os dados encontrados pela CT e os estimados com o LIPE® na determinação da digestibilidade em dietas com níveis crescentes de castanha de caju, farelo de coco e torta de babaçu, respectivamente.

Figueiredo (2011) estimou a digestibilidade da dieta de 16 ovinos com uso de NANOLIPE® e TiO₂. O NANOLIPE® foi eficiente em estimar a digestibilidade, porém quando estimada pelo TiO₂ esta diferiu significativamente da CT. Para o presente estudo, a análise fornecida pelo NANOLIPE® corroborou os resultados do estudo anteriormente mencionado, porém diferiu nos resultados da análise do TiO₂.

3.3 Produção fecal

A produção fecal real obtida por meio da coleta total de fezes e as estimativas da produção fecal calculadas com uso dos indicadores NANOLIPE®, LIPE® e TiO₂ durante o primeiro período experimental estão apresentadas no Quadro 7. Os resultados do segundo período de coleta estão demonstrados no Quadro 8.

Quadro 7 - Produção fecal real e estimada pelos indicadores durante o primeiro período experimental, expressa em kg de matéria seca em diferentes dietas

	Coleta total	LIPE®	NANOLIPE®	TiO ₂
Dieta 1	1,63 a	1,31 a	1,24 a	1,43 a
Dieta 2	1,31 a	2,33 b	1,59 ab	1,68 ab
Dieta 3	1,96 a	2,38 b	1,93 ab	1,90 b
Dieta 4	1,97 a	1,96 a	1,93 ab	2,12 a
Média	1,72 ab	2,00 a	1,66 b	1,78 ab

Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV (%) = 13,93.

Fonte: dados da pesquisa.

A produção fecal foi superestimada ($p < 0,05$) pelo LIPE® nas dietas 2 e 3 e subestimada pelo TiO₂ na dieta 3 do primeiro período experimental. Em todas outras dietas não houve diferença significativa ($p > 0,05$) para estimativa da produção fecal de todos os indicadores e a produção fecal real. O NANOLIPE® estimou resultados semelhantes aos obtidos pela

coleta total em todas as dietas do primeiro período de coleta. A média da produção fecal estimada pelos indicadores foi semelhante a média de produção fecal da coleta total, apesar de variar entre eles, sendo o LIPE® superior ao NANOLIPE®.

Quadro 8 - Produção fecal real e estimada pelos indicadores durante o segundo período experimental, expressa em kg de matéria seca em diferentes dietas

	Coleta Total	LIPE®	NANOLIPE®	TiO ₂
Dieta 1	1,78 a	1,91 a	1,41 b	1,87 a
Dieta 2	1,50 a	1,47 a	1,58 a	2,08 a
Dieta 3	2,09 a	2,21 a	1,79 b	2,12 a
Dieta 4	2,01 b	1,98 b	1,78 b	2,34 a
Média	1,85 ab	1,90 ab	1,62 b	2,10 a

Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem pelo teste de Tukey (p<0,05). CV (%) = 16,28.

Fonte: dados da pesquisa.

O uso do TiO₂ para a dieta 4 do segundo período de coleta superestimou a produção fecal, enquanto o NANOLIPE® subestimou a produção fecal nas dietas 1 e 3. Os três indicadores apresentaram resultados satisfatórios para a dieta 2 deste período. O LIPE® estimou uma produção fecal semelhante a real para todas as dietas do segundo período. A produção fecal média estimada pelo NANOLIPE® foi inferior a estimada pelo TiO₂, entretanto todos proporcionaram estimativas semelhantes a produção fecal real.

Os resultados encontrados neste trabalho estão de acordo com os de Marcondes *et al.* (2006) que utilizaram novilhas mestiças alimentadas à base de cana de açúcar e concentrado para avaliar o TiO₂ como indicador da produção fecal. Os autores concluíram que o TiO₂ foi capaz de estimar adequadamente a produção fecal quando comparada a coleta total. Ferreira *et al.* (2009a) realizaram experimento em condições semelhantes e também concluíram que o TiO₂ foi eficiente para determinar a produção fecal. Já para ovinos, a avaliação da produção fecal estimada pelo TiO₂, realizada por Glidemann *et al.* (2009), encontrou valores de produção fecal semelhantes aos obtidos com a CT.

Os estudos com o NANOLIPE® são recentes, portanto, poucos resultados são encontrados na literatura. Os trabalhos que utilizaram o indicador apontam boa aplicação deste quando comparado com resultados encontrados na literatura. Em estudo com suínos, Nunes *et al.* (2011) encontraram resultados semelhantes entre a coleta total e a estimativa de produção fecal com uso do NANOLIPE®. Trabalhos com ovinos usando NANOLIPE® para estimar a produção fecal foram conduzidos por Figueiredo *et al.* (2011). Já Gonçalves (2012) conduziu experimento semelhante com bovinos. Em ambos os ensaios o indicador foi eficiente em determinar a produção fecal.

Saliba *et al.* (2003), trabalhando com ovinos, compararam a coleta total de fezes e estimativas com o LIPE®, em um ensaio avaliando o feno de Tifton 85 em dietas para ovinos. Os resultados obtidos mediante as duas formas de mensuração resultaram em resposta semelhantes para os

valores de produção fecal de 365,39 g/dia e 383,07 g/dia, respectivamente. Paixão *et al.* (2007), utilizaram novilhos para avaliar a variação na excreção fecal do LIPE® e vários outros indicadores comparando os valores estimados com a coleta total, concluíram que este indicador pode estimar satisfatoriamente a produção fecal, promovendo uma recuperação fecal próxima de 100%. Soares *et al.* (2011) realizaram experimento com dez bubalinos, mantidos em pastagem, em que o LIPE® foi eficiente para estimar a produção fecal.

3.4 Recuperação fecal

A recuperação fecal estimada pelos indicadores externos NANOLIPE®, LIPE® e TiO₂ é comparada ao ideal obtido pela coleta total sendo este igual a 100% de recuperação fecal. Os valores obtidos a partir das estimativas do primeiro período experimental estão dispostos no Quadro 9. Já as estimativas do segundo período encontram-se no Quadro 10.

Quadro 9 - Recuperação fecal estimada pelos indicadores em relação a recuperação fecal ideal durante o primeiro período experimental, expressa em porcentagem de matéria seca em diferentes dietas

	Ideal	LIPE®	NANOLIPE®	TiO ₂
Dieta 1	100,00 a	98,11 a	91,85 a	137,27 a
Dieta 2	100,00 a	121,41 a	100,22 a	120,27 a
Dieta 3	100,00 a	108,38 a	103,95 a	120,27 a
Dieta 4	100,00 a	102,71 a	95,68 a	107,05 a
Média	100,00 a	107,65 a	97,92 a	123,12 a

Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem pelo teste de Tukey (p<0,05). CV = 24,92.

Fonte: dados da pesquisa.

Quadro 10 - Recuperação fecal estimada pelos indicadores em relação a recuperação fecal ideal durante o segundo período experimental, expressa em porcentagem de matéria seca em diferentes dietas

	Ideal	LIPE®	NANOLIPE®	TiO ₂
Dieta 1	100,00 a	108,92 a	81,21 a	103,89 a
Dieta 2	100,00 a	98,83 a	105,74 a	107,10 a
Dieta 3	100,00 a	104,04 a	91,50 a	103,04 a
Dieta 4	100,00 a	99,11 a	92,51 a	117,83 a
Média	100,00 ab	102,73 a	92,74 b	107,97 a

Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem pelo teste de Tukey (p<0,05). CV = 26,56.

Fonte: dados da pesquisa.

A recuperação fecal estimada no primeiro período experimental pelos indicadores LIPE®, NANOLIPE® e TiO₂ apresentaram valores semelhantes (p>0,05) ao resultado ideal esperado. Todos os valores médios de recuperação fecal estimados pelos indicadores no primeiro período foram próximos ao real. Dentre eles, o NANOLIPE® apresentou menor amplitude de variação, não ultrapassando a diferença de 10% do esperado, enquanto TiO₂ e o LIPE® chegaram a diferenças de 37,27% e 21,41%, respectivamente.

Os indicadores LIPE®, NANOLIPE® e TiO₂ estimaram adequadamente a recuperação fecal no segundo período experimental. Neste ensaio, apesar de todas as médias de recuperação fecal demonstrarem ser estatisticamente

semelhantes a real, o NANOLIPE® diferiu dos outros dois indicadores utilizados. Diferente do primeiro ensaio o único indicador com variação superior a 10% em relação a CT foi o NANOLIPE®.

Em estudo realizado por Sampaio *et al.* (2011) a recuperação fecal total foi estimada com os indicadores externos Cr₂O₃ e TiO₂. Foram utilizados 14 novilhos alimentados com silagem de capim-elefante, silagem de milho ou feno de braquiária e suplementados ou não com 20% de mistura concentrada. As estimativas de recuperação fecal média para o Cr₂O₃ e TiO₂ foram de 99,50% e 101,95%, respectivamente, não diferindo significativamente do ideal independente da dieta. A recuperação fecal do TiO₂ também foi estudada por Titgemeyer *et al.* (2001) que encontraram recuperação de 79,4% a 108,1% do indicador nos dois experimentos realizados, resultados que corroboram os encontrados no presente trabalho.

Figueiredo *et al.* (2011), trabalhando com ovinos, observaram recuperação do NANOLIPE® de 99,1%. A recuperação do mesmo indicador neste estudo variou de 94,7% a 108,0%. Apresentando bons resultados, já que não diferiu ($p > 0,05$) de 100%.

Paixão *et al.* (2007) avaliaram a variação na excreção fecal de diversos indicadores, dentre eles o LIPE®, comparados com a coleta total em novilhos, concluíram que este indicador pode estimar satisfatoriamente a produção fecal, promove recuperação fecal próxima de 100%. Saliba *et al.* (2015) trabalharam com LIPE® em diferentes espécies animais em 11 ensaios e, em todos, o indicador apresentou recuperação fecal próxima de 100%. Concordando com os resultados encontrados neste estudo.

4 Conclusão

Os indicadores externos avaliados estimaram corretamente o consumo e digestibilidade e produção fecal em bovinos alimentados com silagem de milho, fubá e farelo de soja independente da fonte e forma de fornecimento do núcleo mineral. Porém o CMS obtido com a associação do LIPE® a Lignina Klason diferiu da coleta total.

Referências

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. Washington: AOAC, 1990.

DETMANN, E. *et al.* Protein contamination on Klason lignin contents in tropical grasses and legumes. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.49, p.994-997, 2014.

FERNANDES, D.P. *et al.* Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes em ovinos alimentados com dietas contendo diferentes quantidades de farelo de linhaça. *Comum. Sci.*, v.4, n.1, p.58-66, 2013.

FERREIRA, M.A. *et al.* Avaliação de indicadores em estudos com ruminantes: digestibilidade. *Rev. Bras. Zootec.*, v.38, p.1568-1573, 2009a.

FERREIRA, M.A. *et al.* Avaliação de indicadores em estudos com ruminantes: estimativa de consumos de concentrado e de silagem de milho por vacas em lactação. *Rev. Bras. Zootec.*, v.38,

n.8, p.1574-1580, 2009b.

FGUEIREDO, M.R.P. Indicadores externos de digestibilidade aparente em ovinos. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

GOMES, D. I. *et al.* Evaluation of lignin contents in tropical forages using different analytical methods and their correlations with degradation of insoluble fiber. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.168, n.3-4, p.206-222, 2011.

GONÇALVES, N. C. Validação do NANOLIPE como indicador para estimativa do consumo em bovinos leiteiros. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

INCT *Métodos para análises de alimentos*. INCT – Ciência Animal. Viçosa: UFV, 2012.

LIMA, L.P. *et al.* Bagaço de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) na dieta de vacas leiteiras: consumo de nutrientes. *Arq. Bras. Med. Vet.*, v.60, p.1004-1010, 2008.

MARCONDES, M.I. *et al.* Uso de diferentes indicadores para estimar a produção de matéria seca fecal e avaliar o consumo individual de concentrado e volumoso em novilhas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., João Pessoa. Anais... 2006.

MERLO, F.A. *et al.* Avaliação do LIPE como indicador externo de digestibilidade em ovinos recebendo dietas com farelo de coco. In: ZOOTEC. João Pessoa: ABZ, Anais... 2008.

MYERS, W.D. *et al.* Technical Note: a procedure for the preparation a quantitative analysis of samples for titanium dioxide. *J. Anim. Sci.*, v.82, n.1. p.179-183, 2004.

NUNES, A.N. *et al.* Validação do indicador NANOLIPE para estimativa de produção fecal em suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2011, Belém. Anais

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of dairy cattle. Washington: National Academy Press, 2001.

OLIVEIRA, M.A. Proporção de forragem e teor de lipídios, na dieta de vacas leiteiras, sobre o consumo, a produção e composição do leite. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, 2005.

OWENS, F.N.; HANSON, C. F. Symposium: external and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. *J. Dairy Sci.*, v.75, p.2605-2617, 1992.

PAIXÃO, M.L. *et al.* Variação diária na excreção de indicadores interno (FDAi) e externo (Cr 2O3), digestibilidade e parâmetros ruminais em bovinos alimentados com dietas contendo ureia ou farelo de soja. *Rev. Bras. Zootec.*, v.36, n.3, p.739-747, 2007.

PINA, D.S. *et al.* Níveis de inclusão e tempo de exposição da cana-de-açúcar ao óxido de cálcio sobre parâmetros digestivos e o desempenho de novilhas Nelore. *Rev. Bras. Zootec.*, v.40, p.348-356, 2011.

SALIBA, E.O.S. *et al.* Estudo comparativo da digestibilidade pela técnica da coleta total com lignina purificada como indicador de digestibilidade para ovinos em experimento com feno de Tifton 85. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, Santa Catarina. Anais... 2003.

SALIBA, E.O.S. *et al.* Evaluation of the infrared spectroscopy method for the quantification of NANOLIPE marker in feces of dairy catthe. *Euro. Assoc. Anim. Production*, v.134, p.247, 2013.

SALIBA, E.O.S. *et al.* Use of infrared spectroscopy to estimate fecal output with Marker Lipe®. *Int J Food Sci Nutr Diet*. S4:001, 1-10, 2015.

- SAMPAIO, C.B. et al. Evaluation of fecal recovering and long term bias of internal and external markers in a digestion assay with cattle. *Rev. Bras. Zootec.*, v.40, p.174-182, 2011.
- SILVA, J. J. *Indicadores de consumo total, consumo diferenciado e de cinética ruminal em bovinos leiteiros*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, 2007,
- SILVA, A.G.M. et al. Avaliação do LIPE como indicador externo de digestibilidade em ovinos recebendo dietas com castanha de caju integral 1. IN: ZOOTEC, João Pessoa: ABZ, Anais... 2008a.
- SILVA, A.G.M. et al. Avaliação do LIPE como indicador externo de digestibilidade em ovinos recebendo dietas com torta de babaçu. IN: I CONGRESSO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, Fortaleza: AMVECE, Anais 2008b.
- SILVA, J.J. et al. Indicadores para estimativa de consumo total por novilhas holandês x zebu mantidas em confinamento. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.*, v.11, n.3, p.838-848, 2010.
- SILVA, F.A. et al. Avaliação do LIPE® na estimativa de consumo de bovinos leiteiros. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2011, Belém. *Anais...* Belém: RBZ, 2011.
- SILVA, L.G. et al. Glycerin and essential oils in the diet of Nellore bulls finished in feedlot: animal performance and apparent digestibility. *Acta Sci. Anim. Sci.*, v.36, n.2, p.177-184, 2014.
- SOARES, L.F.P. et al. Uso do LIPE® e do Óxido de Cromo na Estimativa do Consumo de Matéria Seca por Bubalinos. *Rev. Cient. Prod. Anim.*, v.13, n.1, p.80-83, 2011.
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the “in vitro” digestion of forage crops. *J. Brit. Grassland Soc.*, v.18, n.2, p.104-111, 1963.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. New York: Cornell University Press, 1994.
- VARGAS, L.I.M. et al. Desempenho de vacas mestiças em função de suplementação energética e proteica em dietas à base de silagem de milho. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.67, n.3, p.827-836, 2015.
- TITGEMEYER, E.C. et al. Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. *J. Anim. Sci.*, v.79, p.1059-1063, 2001.