

Jornada da Produção Ecológica de Ruminantes no Semiárido
20 a 21 de Setembro de 2012

**INDICADORES PARA ESTIMATIVA DE CONSUMO DE
RUMINANTES A PASTO**

Mirton José Frota Morenz
Fernando César Ferraz Lopes
Afranio Silva Madeiro
Almira Biazon França

¹Embrapa Gado de Leite

²Programa de Pós-Graduação em Zootecnia-UFRRJ

INTRODUÇÃO

O conhecimento da qualidade da pastagem é fundamental para a adequada avaliação dos sistemas de produção e para a definição de estratégias de suplementação que permitam a obtenção da máxima eficiência econômica e produtiva do sistema.

A qualidade da forragem é determinada a partir do valor nutritivo da forragem e da quantidade ingerida pelo animal, onde o valor nutritivo refere-se à concentração e à digestibilidade dos nutrientes presentes na forragem.

No entanto, em condições de pastejo é impossível determinar o consumo de forragem. Sendo assim, os valores de consumo são estimados utilizando-se métodos indiretos, os quais associam a produção fecal dos animais à digestibilidade da forragem, onde os indicadores são empregados, principalmente, na estimação da produção fecal.

Destaca-se que todos os métodos para a estimação do consumo de matéria seca em condições de pastejo possuem limitações e comprometimentos que podem induzir a erros (MINSON, 1990; OWENS e HANSON, 1992; ASTIGARRAGA, 1997).

Jornada da Produção Ecológica de Ruminantes no Semiárido 20 a 21 de Setembro de 2012

O objetivo desse artigo é abordar a utilização de alguns indicadores na predição do consumo de animais em pastejo.

CARACTERIZAÇÃO GERAL DOS INDICADORES

Indicadores são compostos de referência utilizados no monitoramento de aspectos químicos (hidrólise e síntese) e físicos (fluxo) dos processos de digestão, sendo principalmente empregados para estimar o fluxo da digesta e a produção fecal de ruminantes (OWENS; HANSON, 1992).

Os indicadores externos consistem numa variedade de compostos inertes administrados aos animais, como os óxidos metálicos (óxido crômico e dióxido de titânio), os elementos terras raras, o cromo mordente (estimativa do fluxo da fase sólida), os n-alcanos de cadeia par e o cobalto-EDTA, o cromo-EDTA e o polietilenoglicol (estimativa do fluxo da fase líquida).

Os indicadores internos são constituintes naturais dos alimentos, os quais, teoricamente, não são digeridos nem absorvidos pelos animais (lignina, fibras em detergente neutro indigerível-FDNI e detergente ácido indigerível-FDAi, cinza insolúvel em ácido-CIDA e os n-alcanos de cadeia ímpar).

Recentemente, uma nova classe de indicadores foi proposta, os denominados intra-indicadores (LOPES, 2007). De acordo com esta nova denominação, não se designam substâncias únicas, mas sim grupamentos constituintes de substâncias que podem ser utilizadas como indicadores (RODRIGUEZ et al., 2006).

De acordo com Rodriguez et al. (2006), para que um composto seja empregado como indicador deve apresentar as seguintes características: ser inerte e não tóxico, não apresentar função fisiológica, não ser absorvido nem metabolizado, misturar-se bem ao alimento e permanecer uniformemente distribuído na digesta, não influenciar secreções intestinais, absorção ou motilidade, não influenciar a microflora do trato digestivo, possuir método específico e sensível de determinação e ser barato.

Saliba (2005) destacou ainda outra importante característica a ser observada na escolha de um indicador, referente à sua total recuperação nas fezes, haja vista que os maiores limitantes na utilização de indicadores referem-se à recuperação incompleta e à variação na excreção nictemeral (NASTIS; CORDESSE, 1996).

Jornada da Produção Ecológica de Ruminantes no Semiárido 20 a 21 de Setembro de 2012

INDICADORES EXTERNOS

O uso de indicadores externos tem por objetivo facilitar a determinação da produção fecal, anteriormente realizada por meio de coleta total de fezes, a qual requer o uso de bolsas coletoras, que causam desconforto aos animais e alteram significativamente o comportamento ingestivo.

A produção fecal (PF) é estimada utilizando-se a relação entre a quantidade do indicador administrado (I_{adm}) e sua concentração nas fezes (I_{fe}), aplicando-se seguinte fórmula: $PF \text{ (kg/dia)} = I_{adm} \text{ (g/dia)} / I_{fe} \text{ (g/kg)}$ (POND et al., 1989).

O consumo pode então ser estimado por meio da equação: $\text{Consumo (kg/dia)} = PF / (1 - \text{digestibilidade})$, onde a digestibilidade pode ser obtida pela técnica *in vitro* (TILLEY; TERRY, 1963), pela técnica *in situ* (NOCEK, 1988) ou por meio de indicadores internos, os quais serão abordados mais adiante.

A administração dos indicadores é um ponto importante, haja vista a variação na excreção nictemeral dos mesmos. De modo geral, recomenda-se a administração diária, de modo contínuo frequente, com o objetivo de alcançar o equilíbrio na concentração do indicador nas fezes (Figura 1). Depois de atingido o equilíbrio, são coletadas amostras de fezes em horários pré-estabelecidos durante alguns dias. Posteriormente, as amostras são processadas e levadas ao laboratório para determinação do teor do indicador nas fezes.

Jornada da Produção Ecológica de Ruminantes no Semiárido 20 a 21 de Setembro de 2012

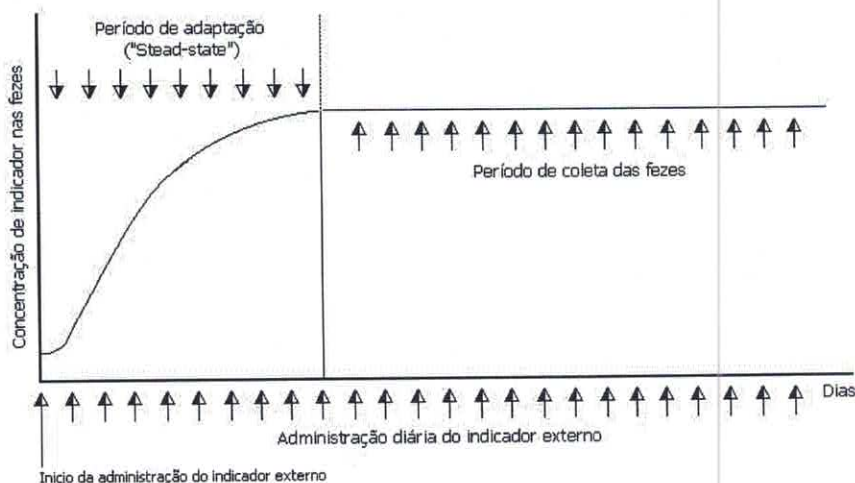


Figura 1 - Representação esquemática do protocolo de administração diária de indicador externo e de amostragem fecal, visando estimativa individual da produção total diária de fezes.

A seguir serão abordadas informações referentes alguns indicadores externos empregados na estimativa do consumo de ruminantes a pasto.

ÓXIDO CRÔMICO (Cr_2O_3)

O indicador externo óxido crômico, ou óxido de cromo III ou sesquióxido de cromo, é o indicador mais utilizado na estimação da produção fecal de animais sob pastejo (MINSON, 1990; MCMENIMAN, 1997). A metodologia mais comum baseia-se na utilização do óxido crômico (Cr_2O_3) como indicador externo, e na digestibilidade *in vitro* da forragem (MALOSSINIET al., 1996; AROEIRA, 1997; ASTIGARRAGA, 1997).

Embora seja amplamente utilizado, apresentando como principal vantagem o baixo custo (CHAMBERLAIN; THOMAS, 1983; MORENZET al., 2006), este método é considerado trabalhoso e pode ocasionar estresse aos animais, provocado, principalmente, pela aplicação do indicador, que pode interferir de maneira direta no consumo voluntário (AROEIRA, 1997, ASTIGARRAGA, 1997). Além disso, o Cr_2O_3

Jornada da Produção Ecológica de Ruminantes no Semiárido 20 a 21 de Setembro de 2012

apresenta problemas referentes à recuperação fecal (MALOSSINI et al., 1996) e a presença de propriedades carcinogênicas (MAYES; DOVE, 2000; MYERS et al., 2006); e o fato de que o Food and Drug Administration-FDA (EUA) não aprova este indicador como aditivo dietético (TITGEMEYER, 1997). Geralmente, o cromo é embalado em cápsulas de papel ou de gelatina, e fornecido via oral com o auxílio de um lança-bolos. A aplicação do indicador é realizada em duas doses diárias, preferencialmente antes dos principais períodos de pastejo. O Cr_2O_3 deve ser fornecido em quantidades conhecidas (e.g. 5 gramas/dose, no caso de vacas em lactação), em horários pré-definidos, efetuando as coletas de fezes nos mesmos horários das aplicações. A administração do indicador é realizada durante 10-12 dias (AROEIRA, 1997), sendo necessários cinco a seis dias para que a concentração do indicador nas fezes atinja o ponto de equilíbrio, de acordo com Pond et al. (1989) e Astigarraga (1997), respectivamente. As coletas de fezes são realizadas depois de atingido o equilíbrio de excreção do indicador, sendo recomendado que as coletas não sejam realizadas por um período inferior a cinco dias (AROEIRA, 1999; LOPES et al., 2004). Destaca-se que alguns fatores, como manejo da pastagem e disponibilidade de mão de obra podem modificar os protocolos de administração do indicador e de coleta de fezes.

DIÓXIDO DE TITÂNIO (TiO_2)

O indicador TiO_2 , por não apresentar propriedades nocivas à saúde (GLINDEMANN et al., 2009) e por ser aprovado como aditivo em alimentos, desde que não exceda 1% do produto final (AAFCO, 1996; citado por TITGEMEYER et al., 2001), vem sendo apontado como alternativa ao Cr_2O_3 . Outra vantagem, segundo Valadares Filho et al. (2006), refere-se ao menor custo deste indicador.

Titgemeyer et al. (2001) e Myers et al. (2006), comparando o Cr_2O_3 e o TiO_2 utilizando bovinos e ovinos, respectivamente, relataram que o TiO_2 é uma alternativa viável ao Cr_2O_3 .

Glindemann et al. (2009) avaliaram o TiO_2 na estimativa da excreção fecal de ovinos manejados em condição de pastejo, e reportaram a viabilidade do uso do indicador TiO_2 na estimação da produção fecal. Os autores reportaram que o ponto de equilíbrio na excreção do indicador ocorreu após o 5º dia de administração. Com base

Jornada da Produção Ecológica de Ruminantes no Semiárido 20 a 21 de Setembro de 2012

nos dados apresentados pode-se recomendar que fossem realizadas diariamente duas administrações do indicador e duas coletas de fezes, de forma a melhorar a acurácia das estimativas. No entanto, os autores não descartaram a possibilidade de realizar-se uma única administração do indicador, desde que sejam realizadas duas coletas de fezes por dia.

Costa et al. (2011) utilizaram o TiO_2 na estimativa da produção fecal de bovinos manejados a pasto e realizaram uma única administração diária (às 12:00 horas) com duas coletas diárias de fezes, realizadas do 6º ao 8º dia de administração do indicador.

N-ALCANOS

O uso dos hidrocarbonetos alifáticos saturados (n-alcenos de cadeia longa), constituintes naturais das ceras cuticulares das plantas, foi proposto por Mayes et al. (1986) como método de estimativa do consumo, sendo recomendado como ferramenta eficiente na estimativa do consumo de forragens pelos ruminantes (DOVE; MAYES, 1996; MALOSSINI et al., 1996; BERRY et al., 2000; GEDIR; HUDSON, 2000). Dove; Mayes (1996) reportaram que a utilização dos n-alcenos tem levado a resultados acurados na predição do consumo. Os n-alcenos apresentam mínima absorção pelos ruminantes e sua análise é relativamente fácil (Gedir; Hudson, 2000), oferecendo vantagens sobre outros métodos utilizados para estimar a digestibilidade da MS e o consumo de forrageiras (MAYES et al., 1986; DOVE; MAYES, 1996).

Os n-alcenos que ocorrem naturalmente nas ceras das plantas são predominantemente de cadeia ímpar, com comprimento de cadeia variando de C_{25} a C_{35} (OLIVEIRA et al., 1997; GEDIR; HUDSON, 2000), sendo sua recuperação nas fezes diretamente proporcional ao comprimento da cadeia carbonada (MAYES et al., 1986; LOPES et al., 2001; OLIVEIRA, 2003) (Tabela 1).

Jornada da Produção Ecológica de Ruminantes no Semiárido 20 a 21 de Setembro de 2012

Tabela 1 - Recuperação fecal de n-alcanos com diferentes comprimentos da cadeia carbonada.

Recuperação	n-Alcanos							
	C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉	C ₃₀	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C ₃₅
Média	0,713	0,768	0,745	0,820	0,854	0,889	0,891	0,931

Adaptado de Mayes et al. (1986).

A técnica dos n-alcanos (DOVE; MAYES, 1991; MALOSSINI, 1996) é uma aplicação especial do método de duplo indicador, e baseia-se na combinação de um n-alcano de cadeia ímpar, naturalmente encontrado nas plantas (Tabela 2), com um n-alcano comercial de cadeia par como indicador externo. Segundo Gedir; Hudson (2000) os n-alcanos considerados mais viáveis como indicadores externos são o dotriacontano (C₃₂) e o hexatriacontano (C₃₆), por serem os n-alcanos sintéticos de menor custo, de fácil obtenção na forma pura, e estarem presentes em baixas concentrações nas plantas (Tabela 3). O n-alcano de cadeia ímpar, para ser utilizado como indicador interno de digestibilidade da MS, deve estar presente na forragem em uma concentração mínima de 50 mg/kg MS (LAREDO et al., 1991).

Tabela 2 - Conteúdo de n-alcanos de cadeia ímpar em algumas gramíneas tropicais.

Espécie	n-Alcanos (mg/kg MS)							
	C21	C23	C25	C27	C29	C31	C33	C35
Setária	3,37	7,32	20,09	38,65	38,99	48,15	22,49	7,26
Capim-elefante (1,2 m)	6,02	5,77	9,47	41,42	124,63	129,83	111,98	40,63
Capim-elefante (1,5 m)	6,83	13,12	19,22	57,80	134,89	135,45	102,38	34,90
Capim-elefante (1,8 m)	6,93	6,57	13,20	36,62	101,25	100,55	75,69	27,53

Adaptado de Oliveira et al., 1997.

Jornada da Produção Ecológica de Ruminantes no Semiárido 20 a 21 de Setembro de 2012

Tabela 3 - Conteúdo de n-alcenos de cadeia par em algumas gramíneas tropicais.

Espécie	n-Alcanos (mg/kg MS)							
	C22	C24	C26	C28	C30	C32	C34	C36
Setária	3,96	9,76	18,24	19,11	15,85	9,37	-	4,64
Capim-elefante (1,2 m)	5,04	6,10	11,57	21,86	20,61	13,52	-	6,98
Capim-elefante (1,5 m)	16,74	10,97	24,95	39,65	33,68	21,14	-	9,41
Capim-elefante (1,8 m)	4,90	8,05	17,74	2,57	19,45	12,03	-	6,57

Adaptado de Oliveira et al., 1997.

Oliveira (2003) estimando o consumo do capim estrela-africana (*Cynodon nlemfuensis* Vandderyst var. *nlemfuensis*) por vacas em lactação, analisou partes diferentes das plantas (lâmina foliar e colmo+bainha) e observou que as duas frações apresentaram diferentes perfis de n-alcenos. Da mesma forma, como apresentado nas Tabelas 2 e 3, a altura de corte das plantas, diretamente relacionada à idade, também influencia na concentração de n-alcenos.

Portanto, considerando a grande variação nos teores de n-alcenos presentes nas forrageiras, decorrentes da idade, ou entre partes da planta (e.g., folha e colmo) e até mesmo em épocas do ano, evidencia-se a importância da obtenção de amostras representativas da forragem fornecida, para a estimativa acurada dos valores de consumo. Para tanto, recomenda-se o uso de animais providos de fístulas esofágicas para coleta das amostras de forragem. A dificuldade de simular a seleção do alimento, realizada pelos animais durante o pastejo (MAYES et al., 1986, REEVES et al., 1996; LOPES et al., 2001), e a variação nos teores e no perfil de n-alcenos que pode ocorrer em função da idade, parte e até mesmo altura da planta, pode inviabilizar a utilização de material obtido por meio de corte ou pastejo simulado.

No entanto, Mayes; Dove (2000) relataram que, em pastagens homogêneas, amostras obtidas por corte podem ser utilizadas em substituição àquelas coletadas por animais fistulados no esôfago (Tabela 4).

Jornada da Produção Ecológica de Ruminantes no Semiárido 20 a 21 de Setembro de 2012

Tabela 4. Comparação da concentração de n-alcenos (média \pm desvio-padrão, mg/kg de MS) em amostras de extrusas coletadas por ovinos fistulados no esôfago ou obtidas por corte manual em pastagem de *Lolium perenne-Phleum pratense*.

Amostra	n	C ₂₇	C ₂₉	C ₃₁	C ₃₃	C ₃₅
Extrusa	5	30,8 \pm 4,24	56,7 \pm 5,61	89,5 \pm 6,28	89,3 \pm 10,56	13,8 \pm 1,34
Corte	10	31,8 \pm 5,72	56,6 \pm 8,86	91,4 \pm 10,62	90,6 \pm 10,90	14,0 \pm 1,63

Adaptada a partir de dados de G. R. Iason (não-publicados) citado por Mayes&Dove (2000).

Portanto, o critério para adoção de determinado procedimento deve considerar os objetivos específicos de cada experimento, as características da pastagem utilizada, bem como na disponibilidade de mão-de-obra, condições de trabalho e de infra-estrutura existentes. Destaca-se que em comunidades mais complexas de vegetação (pastagens naturais e sistemas silvipastoris), pode ser extremamente difícil ou mesmo, impossível, obter amostras representativas da forragem consumida pelos animais sob pastejo (DOVE; MAYES, 1996).

Em diversos experimentos conduzidos com vacas em lactação, independentemente do procedimento adotado para dosagem, foram relatadas quantidades médias do n-alceno C₃₂, sendo administradas (cápsulas de gelatina ou péletes ou misturado ao concentrado) ou liberadas no rúmen (cápsulas de liberação intra ruminal), variando de 341 a 1.431 mg/vaca/dia.

São descritos na literatura diferentes métodos de administração dos n-alcenos em bovinos. Atualmente, recomenda-se o uso de cápsulas de gelatina contendo suspensão de n-alcenos ou preenchidas com n-alcenos absorvidos em celulose, em papel, em feno moído ou em filtros utilizados em pipetas automáticas. Havia também as cápsulas de liberação controlada (*Controlled Release Capsules-CRC*, type MCM, CaptecLtd, Auckland, New Zealand), as quais eram aplicadas uma única vez, sendo as coletas de fezes realizadas, pelo menos, duas vezes ao dia, em horários pré-definidos. O custo elevado da CRC, aproximadamente, US\$25,00 a US\$30,00/unidade (OLIVEIRA, 2003; MORENZ et al., 2006), bem como as diferenças entre as taxas estimadas de liberação dos n-alcenos C₃₂ e/ou C₃₆ em relação àquelas especificadas pelo fabricante das cápsulas de liberação controlada foram relatadas (OLIVEIRA, 2003; SCHAUER et al., 2005), o que evidencia a necessidade de sua avaliação prévia em função da dieta

Jornada da Produção Ecológica de Ruminantes no Semiárido 20 a 21 de Setembro de 2012

(FERREIRA et al., 2004), são fatores que, provavelmente inviabilizaram sua utilização e levaram a sua retirada do mercado.

As cápsulas de gelatina ou a celulose impregnada são aplicadas duas vezes ao dia, efetuando-se as coletas de fezes concomitante às aplicações, como descrito para o Cr₂O₃.

A duração média do procedimento para qualquer tipo de cápsula é de 12 dias, sendo os primeiros sete dias para alcançar o equilíbrio, e os últimos cinco ou seis destinados às coletas de fezes.

O cálculo do consumo diário de MS de forragem pelo método do duplo n-alcano é apresentado a seguir (DOVE; MAYES, 1991):

$$\text{Consumo (kg/dia de MS)} = [(F_i/F_p) * D_p] / [H_i - (F_i/F_p) * H_p]$$

Onde: F_i = concentração do n-alcano de cadeia ímpar nas fezes (mg/kg de MS); F_p = concentração do n-alcano de cadeia par nas fezes (mg/kg de MS); D_p = dose diária administrada do n-alcano sintético de cadeia par (mg/dia); H_i = concentração do n-alcano de cadeia ímpar na forragem (mg/kg de MS); H_p = concentração do n-alcano de cadeia par na forragem (mg/kg de MS).

O fornecimento de suplementos concentrados que contenham os n-alcanos de cadeia com número par e ímpar de carbonos, pressupõe que o cálculo do consumo diário de MS seja efetuado da seguinte maneira (DOVE ; MAYES, 1991):

$$\text{Consumo (kg/dia de MS)} = \{[F_i/F_p] * (D_p + C * C_p) - C * C_i\} / [H_i - (F_i/F_j * H_j)]$$

Onde: C = consumo de suplemento concentrado (kg/dia de MS); C_p = concentração do n-alcano de cadeia par no concentrado (mg/kg de MS); C_i = concentração do n-alcano de cadeia ímpar no concentrado (mg/kg de MS).

Entretanto, segundo Dove; Mayes (1996), os suplementos concentrados com pequenas concentrações de n-alcanos podem ser ignorados nos cálculos de consumo de MS de forragem.

A principal vantagem da utilização dos n-alcanos refere-se ao fato de que a estimativa do consumo não é influenciada pela digestibilidade individual da ração ou

Jornada da Produção Ecológica de Ruminantes no Semiárido 20 a 21 de Setembro de 2012

pela recuperação dos indicadores, desde que estes sejam similares (DOVE; MAYES, 1991; MALOSSINI, 1996). Segundo Dove; Mayes (1991) as recuperações fecais incompletas dos n-alcenos de cadeia ímpar (contidos na forragem) e daqueles de cadeia par (fornecidos oralmente) não têm efeito desde que sejam iguais, fazendo com que os erros associados com as recuperações fecais incompletas sejam anulados na equação.

Portanto, somente é exigida nas fezes a relação das concentrações dos n-alcenos naturais da forragem e o sintético fornecido oralmente. Se essas forem estimadas com “erros” semelhantes (vícios), estes se anularão. Sendo assim, utilizar um par composto por n-alcenos que apresentem taxas de recuperações fecais semelhantes é pré-requisito para obtenção de estimativas mais acuradas do consumo de forragem.

Em um dos primeiros estudos, Mayes et al. (1986) pesquisaram a aplicação do método dos n-alcenos, utilizando os pares: C₂₇:C₂₈, C₂₉:C₂₈, C₃₁:C₃₂ e C₃₃:C₃₂. O ensaio foi realizado com ovinos em gaiolas metabólicas, e o par C₃₃: C₃₂ estimou consumos idênticos aos observados. Os demais pares avaliados tenderam a subestimar o consumo.

Oliván; Osoro (1995) avaliaram o par C₃₃: C₃₂ na estimativa do consumo de matéria seca por vacas mantidas em gaiolas de metabolismo, onde o consumo estimado pelos n-alcenos (C₃₃: C₃₂) foi, em média, 11% menor que o observado. Os autores justificaram esta subestimativa, em função dos baixos níveis de consumo observados, o que, provavelmente, ocasionou o fluxo lento da digesta ao longo do trato digestório. Este maior tempo de retenção de partículas pode proporcionar maior absorção do n-alceno natural (que estaria associado à fase sólida da dieta) em relação ao n-alceno fornecido (associado à fase líquida, que tende a passar mais rapidamente pelo trato digestório), promovendo menor recuperação fecal do n-alceno C₃₃, subestimando o consumo.

Reeves et al. (1996) obtiveram dados de consumo de *Pennisetum clandestinum* por vacas em lactação manejadas a pasto, utilizando o par C₃₃: C₃₂. Os valores estimados (12,6 kg/dia de MS) foram próximos aos obtidos utilizando tabelas de exigências (12,3 kg/dia de MS). Relatando que a técnica dos n-alcenos foi um método preciso na estimativa do consumo de MS em condições de pastejo.

Unal et al. (1997) trabalhando com vacas em lactação, em um sistema de confinamento, utilizaram os pares de n-alcenos C₃₃: C₃₂ e C₃₆: C₃₂ para estimar o

Jornada da Produção Ecológica de Ruminantes no Semiárido 20 a 21 de Setembro de 2012

consumo de MS de feno. O par $C_{33}: C_{32}$ foi eficiente na estimativa do consumo de matéria seca, enquanto o par $C_{33}: C_{36}$ subestimou o consumo, provavelmente em função da menor taxa de recuperação do C_{33} em relação ao C_{36} .

Berry et al. (2000) testaram a acurácia do uso de n-alcenos em cápsulas de liberação controlada (CRC). Os autores relataram que as estimativas utilizando $C_{33}: C_{32}$ (12,67 kg/dia de MS) foram mais próximas aos valores observados (12,70 kg/dia de MS), concordando com Gedir; Hudson (1999) e Dove et al. (2000). Berry et al. (2000) atribuíram a subestimativa do consumo pelo par $C_{31}: C_{32}$, a menor recuperação do C_{31} (0,76) em relação ao C_{32} (0,87).

Genro et al. (2000) testaram duas formas de administração de n-alcenos para estimar o consumo de gramíneas tropicais (*B. brizantha*, cv. Marandu, *P. maximum*, cv. Mombaça e *P. purpureum* cv. Cameroon) em bovinos de corte, a pasto. Segundo os autores não houve diferença entre as formas de administração (*pellet* ou CRC), porém ressaltam as vantagens do uso das CRC's por minimizar os distúrbios ocasionados aos animais, durante a administração do indicador.

Molina et al. (2004) testaram a acurácia de dois tipos de cápsulas de n-alcenos para estimar o consumo de *Panicum maximum* (cv. Tobiata), em vacas leiteiras confinadas. Não foram reportadas diferenças entre os tipos de cápsulas. O par $C_{31}: C_{32}$ apresentou maior variação na estimativa do consumo, enquanto as estimativas de consumo obtidas com o par $C_{33}: C_{32}$, forma mais acuradas.

Oliveira (2003), também utilizando o par $C_{33}: C_{32}$ estimou o consumo em novilhos nelore, mantidos em gaiolas metabólicas, recebendo dietas contendo silagem de milho como volumoso. O autor não encontrou diferença ($P>0,05$) entre os valores médios observados e estimados (5,0 e 4,9 kg /dia de MS, respectivamente).

Alguns autores, citados a seguir, têm comparado as técnicas dos n-alcenos e do óxido crômico na estimativa do consumo de matéria seca. No entanto, a grande limitação destes contrastes refere-se ao fato de que os consumos verdadeiros em condições de pastejo são desconhecidos, e todas as metodologias apresentam fontes de erros, mesmo aquelas amplamente utilizadas, como é o caso do Cr_2O_3 .

Piasentier et al. (1995) compararam os dois métodos (n-alcenos *versus* Cr_2O_3), utilizando ovinos manejados em condições de pastejo e estabulados. Em animais

Jornada da Produção Ecológica de Ruminantes no Semiárido 20 a 21 de Setembro de 2012

estabulados, onde o consumo real é conhecido, o Cr_2O_3 superestimou o consumo em 5%, enquanto os n-alcanos subestimaram em 3%. No ensaio em condições de pastejo, os valores de consumo estimados pelo Cr_2O_3 foram maiores do que aqueles estimados pelos n-alcanos. Os autores não puderam concluir, a pasto, qual dos indicadores foi o mais adequado, pelo fato do desconhecimento dos valores reais de consumo, nestas condições.

Malossini et al. (1996) compararam as técnicas do Cr_2O_3 com a dos n-alcanos na estimativa do consumo a pasto. Estes autores reportaram que ambos os métodos são conceitualmente corretos, e em função desta capacidade similar em estimar o consumo, o critério de escolha ficaria baseado na disponibilidade de recursos e de mão-de-obra. No entanto, citam que a utilização dos n-alcanos proporcionou menor variabilidade na concentração dos n-alcanos nas fezes, o que permite a coleta de um menor número de amostras diariamente, além da possibilidade de se administrar o indicador uma única vez ao dia. Além disso, a metodologia do óxido crômico requer um procedimento que determine *in vitro* ou *in vivo* a digestibilidade, enquanto que a técnica dos n-alcanos baseia-se em um único procedimento químico.

Trabalhando com vacas Holandês x Zebu, sob pastejo em capim-elefante (*P. purpureum*, Schum. cv. Napier), Morenzet al. (2006) relataram que o consumo estimado pela técnica do Cr_2O_3 /indigestibilidade foi 12,4% maior ($P < 0,01$) que aquele verificado utilizando-se o par de n-alcanos C_{33} - C_{32} . No entanto, os referidos autores concluíram que, em situações em que a disponibilidade de recursos financeiros não impõe restrição, a metodologia dos n-alcanos pode ser utilizada na estimativa do consumo de MS, sendo recomendado, neste caso, o par C_{33} : C_{32} . Os autores destacaram que em condições em que a pastagem é formada por várias espécies forrageiras e em que é necessária a estimação do consumo diferenciado destas espécies ou em que o manejo intenso dos animais é fator de interferência importante, a metodologia dos n-alcanos pode ser a mais indicada.

**N-ALCANOS PARA ESTIMATIVA DA COMPOSIÇÃO BOTÂNICA DE
DIETAS DE RUMINANTES**

Os n-alcenos estão presentes em diferentes concentrações nas espécies vegetais, bem como em suas estruturas bio-funcionais (DOVE et al., 1996). Tais diferenças, que podem ser comparadas a uma “impressão digital” da planta (BROSH et al., 2003), apresentam importância na taxonomia vegetal (MAFFEI, 1996) e podem ser potencialmente exploradas para provir informações acerca da composição botânica ou morfológica em misturas de forragens, em amostras de extrusas, ou ainda, na dieta total consumida por animais intactos (não fistulados) mantidos confinados ou sob condição de pastejo.

O princípio fundamental que rege a técnica diz respeito ao estabelecimento da melhor relação entre o perfil de concentrações de n-alcenos nos vários componentes dos quais deseja-se estimar a contribuição relativa em determinada dieta, com as concentrações destes n-alcenos nas misturas de forragens ou em amostras de extrusas. Para tanto, como descrito anteriormente, determinações das concentrações de n-alcenos em amostras representativas da dieta consumida, bem como nas fezes, fazem-se necessárias à aplicação da técnica para animais sob pastejo.

Contudo, a quantidade máxima de espécies em uma dieta, que pode ser teoricamente separada, está na dependência do número de indicadores disponíveis para tanto. Os procedimentos atuais de análise de n-alcenos provêm grande número de indicadores (C_{21} a C_{36}) e, sob esta óptica, tornando possível a caracterização de dietas por demais complexas (OLIVÁN et al., 1999). No entanto, muitos n-alcenos estão presentes em concentrações muito baixas, o que impõe limite prático para resolução da técnica em termos de quantidade de espécies vegetais e/ou frações morfológicas potencialmente discrimináveis (MAYES; DOVE, 2000).

Os valores finais fornecidos pela técnica dos n-alcenos quando aplicada para estimativa da composição botânica ou morfológica de uma dieta ingerida sob pastejo, referem-se às proporções individuais de cada componente da dieta. Portanto, se o consumo total de forragem for simultaneamente estimado por aplicação da técnica do duplo n-alceno, com administração de n-alceno sintético de cadeia par, então, os

Jornada da Produção Ecológica de Ruminantes no Semiárido 20 a 21 de Setembro de 2012

consumos parciais das espécies forrageiras ou frações morfológicas selecionadas por ocasião do pastejo, poderão ser calculados, a partir de suas proporções em relação ao consumo total (DOVE; MAYES, 1991).

As estimativas de composição botânica podem ser realizadas, utilizando-se equações simultâneas (DOVE; MAYES, 1991) ou algum dos vários algoritmos de otimização de quadrados mínimos (DOVE; MOORE, 1995; NEWMAN et al., 1995). A eficiente aplicação destes métodos pressupõe que um conjunto de aspectos condicionais de ordem geral ou ainda, específicos e inerentes ao método matemático utilizado sejam atendidos.

Como limitação, Newman et al. (1995) reportaram que, considerando o método de estimativa de composição botânica, a partir das concentrações de n-alcenos nas espécies componentes da dieta e nas fezes, há os seguintes riscos de introdução de erros: na determinação das concentrações de n-alcenos nas espécies forrageiras, nos erros analíticos e/ou aqueles associados a uma imperfeita representatividade da forragem consumida, e erros decorrentes das recuperações fecais, tanto pelo método utilizado em sua obtenção, como por erros analíticos na dosagem dos n-alcenos nas fezes.

Atualmente, como principal limitação para adoção da técnica no Brasil, pode-se destacar os elevados custos envolvidos na aquisição e importação dos n-alcenos sintéticos, variável esta importante no planejamento de estudos sob tal procedimento metodológico. Ademais, a análise dos n-alcenos requer equipamento de cromatografia a gás, bem como criteriosos e metódicos procedimentos laboratoriais para extração, purificação e análise.

INDICADORES INTERNOS

O uso dos indicadores externos como Cr_2O_3 e TiO_2 para a estimativa do consumo em animais em pastejo estão associados à estimativa da digestibilidade da forragem ingerida. Neste contexto, é importante destacar ainda a variação em torno do coeficiente de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), pelo fato de que um único valor de digestibilidade obtido “*in vitro*” ser utilizado para um grupo de animais

Jornada da Produção Ecológica de Ruminantes no Semiárido 20 a 21 de Setembro de 2012

(BERRY et al., 2000; GEDIR; HUDSON, 2000). Este fato é apontado como uma das principais limitações na utilização desses indicadores.

Como alternativa para contornar esse problema, os indicadores internos podem ser utilizados na estimativa da digestibilidade, fornecendo valores de digestibilidade individuais, com a vantagem de considerar para cada animal, seu nível de consumo, susceptibilidade a parasitos, etc., bem como, o eventual efeito do suplemento na digestão e/ou no consumo da forragem (DOVE; COOMBE, 1992; MALOSSINI et al., 1996; MAYES; DOVE, 2000).

Detmann et al. (2001) reportaram que ao se empregar um componente indigestível presente no alimento, sua concentração nas fezes é função dos diferentes eventos digestivos aos quais a digesta é submetida, estabelecendo-se, portanto, uma relação causa/efeito entre o alimento e o trato gastrintestinal do animal, que é condizente com o ambiente *in vivo*.

Considerando-se que os indicadores internos são constituintes naturais das plantas que não são absorvidos nem digeridos pelos animais, os mesmos obedecem à seguinte relação (LE DU; PENNING, 1982): consumo da dieta x concentração do indicador na dieta = produção fecal x concentração do indicador nas fezes.

Segundo Astigarraga (1997), à medida que o alimento transita pelo TGI, a concentração do indicador eleva-se progressivamente pela remoção dos outros constituintes do alimento, por digestão e absorção. O aumento na concentração do indicador é proporcional à digestibilidade e, portanto, pode ser calculada a partir das concentrações do indicador no alimento e nas fezes.

O cálculo da digestibilidade pode ser realizado por meio da equação (COELHO DA SILVA; LEÃO, 1979; BURNS et al., 1994):

$$\text{Dig, \%} = 100 - [100 \times (I_{\text{dieta}} / I_{\text{fezes}})]$$

Onde: Dig = digestibilidade da MS (%); I_{dieta} = concentração do indicador na dieta; I_{fezes} = concentração do indicador nas fezes.

Atualmente, os principais indicadores internos recomendados são a fibra em detergente neutro indigerível (FDNi) e a fibra em detergente ácido indigerível (FDAi). Ambas são obtidas após incubação ruminal *in situ* de amostras de alimentos e fezes

Jornada da Produção Ecológica de Ruminantes no Semiárido 20 a 21 de Setembro de 2012

processadas a 2 mm por um período de 240 horas (Casali et al., 2008) e, após a incubação, o resíduo é submetido à ação dos detergentes.

Segundo Le Du; Penning (1982), a utilização desta técnica pressupõe que: 1) não ocorra alteração no indicador quando de sua passagem pelo TGI; 2) que ele seja quantitativamente recuperado; e 3) que amostras de fezes e dos componentes da dieta ingerida possam ser coletadas com acurácia.

A principal limitação desta técnica refere-se às dificuldades referentes à análise, uma vez que as substâncias atualmente empregadas como indicadores internos não possuem identidade química (DOVE; MAYES, 1991), sendo definidas, de modo geral, pelo procedimento analítico adotado na sua determinação (LIPPKE, 2002). Ademais, existem concentrações mínimas na dieta ou na digesta que determinam a potencialidade e eficiência para utilização de um específico indicador (VAN SOEST, 1994).

Lopes (2007) relatou que os principais problemas frequentemente associados ao emprego da técnica do indicador interno podem ser sumarizados em: 1) incompletas e variadas taxas de recuperação fecal dos indicadores, como consequência de sua digestibilidade aparente; 2) maior sensibilidade a erros nas estimativas de digestibilidade e/ou de produção fecal em função da baixa concentração do indicador na dieta; 3) variação diurna e/ou diária na excreção do indicador, bem como entre animais; 4) interação indicador versus dieta ou forragem; 5) necessidade de padronização dos procedimentos analíticos e do processamento prévio das amostras para implementação da técnica; 6) interação da análise do indicador com o tipo de amostra (forragem, fezes ou sobras) e com a dieta; e 8) adoção de processamento indevido de amostras de alimentos e de fezes (exemplo: secagem de amostras em estufas reguladas para temperaturas excessivamente elevadas).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todas as técnicas utilizadas na estimativa do consumo a pasto apresentam vícios. Validar qualquer uma delas é extremamente difícil, dado a impossibilidade de se medir o consumo real nestas condições. Sendo assim, embora sejam encontrados na literatura diversos trabalhos avaliando diferentes metodologias para estimava do

Jornada da Produção Ecológica de Ruminantes no Semiárido 20 a 21 de Setembro de 2012

consumo de ruminantes em pastejo, todas as comparações são de caráter relativo, não existindo método que produza estimativas que possam ser consideradas referências, haja vista o desconhecimento da magnitude do erro embutido nelas.

Neste texto, o objetivo principal foi caracterizar, de forma direta e resumida, algumas metodologias utilizadas na estimativa do consumo a pasto utilizando indicadores.

É importante ressaltar que a decisão de usar determinada metodologia cabe única e exclusivamente ao pesquisador, que deve tomá-la com base no conhecimento técnico-científico e experiência prática, observando o método mais adequado aos objetivos de seu estudo, bem como a infraestrutura e mão de obra disponível.

REFERÊNCIAS

- AROEIRA, L.J.M. Estimativas de consumo de gramíneas tropicais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES, 1997, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA-FAEPE, 1997. p.127-164.
- AROEIRA, L.J.M.; LOPES, F.C.F.; DERESZ, F. et al. Pasture availability and dry matter intake of lactating crossbred cows grazing elephant grass (*Pennisetumpurpureum*, Schum.). **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.78, n.3/4, p.313-324, 1999.
- ASTIGARRAGA, L. Técnicas para la medición del consumo de rumiantes en pastoreo. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 1997, Maringá. **Anais...** Maringá: Cooper. Graf.ArtesGráficas Ltda., 1997. p. 1-23.
- BERRY, N.R.; SCHEEDER, M.R.L.; SUTTER, F. et al. The accuracy of intake estimation based on the use of alkane controlled-release capsules and faeces grab sampling in cows. **Ann. Zootech.**, v.49, p.3-13, 2000.
- BROSH, A.; HENKIN, Z.; ROTHMAN, S.J. et al. Effects of faecal n-alkane recovery in estimates of diet composition. **J. Agric. Sci.**, v.140, p.93-100, 2003.
- BURNS, J.C.; POND, K.R.; FISHER, D.S. Measurement of forage intake. In: FAHEY Jr., G.C. (Ed.) **Forage Quality, Evaluation, and Utilization**. Lincoln: University of Nebraska, 1994. p. 494-531.

Jornada da Produção Ecológica de Ruminantes no Semiárido
20 a 21 de Setembro de 2012

CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. et al. 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*. **R. Bras. Zootec.**, v.37, p.335-342, 2008.

CHAMBERLAIN, D.G.; THOMAS, P.C. A note on the use of chromium sesquioxide as a marker in the nutritional experiments with dairy cows. **Anim. Prod.**, v.36, n.1, p.155-157, 1983.

COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos da nutrição de ruminantes**. Piracicaba: Livrocere, 1979, 384 p.

COSTA, V.A.C.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F. et al. Digestibilidade total e parcial e balanço nitrogenado em bovinos em pastejo no período das águas recebendo suplementos com nitrogênio não-proteico e/ou proteína verdadeira. **R. Bras. Zootec.**, v.40, n.12, p.2815-2826, 2011.

DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T. et al. Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços, suplementados, a pasto. **R. Bras. Zootec.**, v.30(5), p.1600-1609, 2001.

DOVE, H.; MAYES, R.W. Plant wax components: A new approach to estimating intake and diet composition in herbivores. *J. Nutr.*, 126 (1): 13-26, 1996.

DOVE, H.; MAYES, R.W. The use of plant wax alkanes as marker substances in studies of the nutritional herbivores – A review. *Australian J. Agric. Research*, 42 (6): 913-952, 1991.

DOVE, H.; MAYES, R.W.; FRER, M. Effects of species, plant part, and plant age on the n-alkane concentrations in the cuticular wax of pasture plants. **Aust. J. Agric. Res.**, v.47, n.8, p.1333-1347, 1996.

DOVE, H.; MOORE, A.D. Using a least-squares optimization procedure to estimate botanical composition based on the n-alkanes of plant cuticular wax. **Aust. J. Agric. Res.**, v.46, p.1535-1544, 1995.

FERREIRA, L.M.M.; OLIVÁN, M.; RODRIGUES, M.A.M. et al. Estimation of feed intake by cattle using controlled-release capsules containing n-alkanes or chromium sesquioxide. **J. Agric. Sci.**, v.142, p.225-234, 2004.

GEDIR, J.V.; HUDSON, R.J. Estimating dry matter digestibility and intake in wapiti (*Cervus elaphus canadensis*), using the double n-alkane ratio technique. *Small Ruminant Research*, 36: 57-62, 2000

GENRO, T.C.M.; PRATES, E.R.; THIAGO, L.R.L.de.S. et al. Identification and quantification of n-alkanes in three tropical grasses. In: INTERNATIONAL

Jornada da Produção Ecológica de Ruminantes no Semiárido
20 a 21 de Setembro de 2012

- GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Proceedings...** São Pedro: SBZ, 2001 (Disponível em CD-ROM).
- GLINDEMANN, T.; TAS, B.M.; WANG, C. et al. Evaluation of titanium dioxide as an inert marker for estimating faecal excretion in grazing sheep. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.152, 186-197, 2009.
- LAREDO, M.A.; SIMPSON, G.D.; MINSON, D.J.; ORPIN, C.G. The potential for using n-alkanes in tropical forages as a marker for the determination of dry matter intake by grazing ruminants. **J. Agric. Sci.**, v.117, n.3, p.355-361, 1991.
- LE DU, Y.L.P.; PENNING, P.D. Animal based techniques for estimating herbage intake. In: LEAVER, J.D. (Ed.) **Herbage Intake Handbook**. Hurley, UK: The British Grassland Society, 1982. p.37-1075.
- LIPPKE, H. Estimation of forage intake by ruminants on pasture. **Crop Sci.**, v.42, p.869-872, 2002.
- LOPES, F.C.F. Determinação do consumo de forrageiras tropicais por vacas em lactação, em condição de pastejo. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, n.52, p.1-116, 2007.
- LOPES, F.C.F.; AROEIRA, L.J.M.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Relação entre variáveis na regulação do consumo de vacas Holandês x Zebu em lactação sob pastejo em capim-elefante. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.56, n.1, p.52-60, 2004.
- LOPES, F.C.F.; RODRIGUEZ, N.M.; AROEIRA, L.J.M. Uso dos n-alcenos em estimativas de consumo de ruminantes sob pastejo. **Veterinária Notícias**, v.7, n.2, p.165-175, 2001.
- MAFFEI, M. Chemotaxonomic significance of leaf wax n-alkanes in the Umbelliferae, Cruciferae and leguminosae (Subf. Papilionoideae). **Biochem. Syst. Ecol.**, v.24, n.6, p.531-545, 1996b.
- MALOSSINI, F.; BOVOLENTA, S.; PIASSENTIER, E. et al. Comparison of n-alkanes and chromium oxide methods for estimating herbage intake by grazing dairy cows. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.61, p.155-165, 1996.
- MAYES, R.W.; DOVE, H. Measurement of dietary nutrient intake in free-ranging mammalian herbivores. **Nutrition Research Reviews**, v.13, p.107-138, 2000.
- MAYES, R.W.; LAMB, C.S.; COLGROVE, P.M. The use of dosed and herbage n-alkanes as markers for the determination of herbage intake. **J. Agric. Sci.**, v.107, p.161-170, 1986.

Jornada da Produção Ecológica de Ruminantes no Semiárido
20 a 21 de Setembro de 2012

- McMENIMAN, N.P. Methods of estimating intake of grazing animals. In: SIMPÓSIO SOBRE TÓPICOS ESPECIAIS EM ZOOTECNIA, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997, p.133-168.
- MINSON, D.J. **Forage in ruminant nutrition**. San Diego: Academic Press Inc., 1990. 483p.
- MOLINA, D.O.; MATAMOROS, I.; ALMEIDA, Z. et al. Evaluation of the dry matter intake predictions of the Cornell Net Carbohydrate and protein System with Holstein and dual-purpose lactating cattle in the tropics. **Anim. FeedSci. Technol.**, v.114, p.261-278, 2004.
- MORENZ, M.J.F.; SILVA, J.F.C. da; AROEIRA, L.J.M. et al. Óxido de cromo e n-alcanos na estimativa do consumo de forragem de vacas em lactação, em condições de pastejo. **R. Bras.Zootec.**, v.35, p.1535-1542, 2006.
- MYERS, W.D.; LUDDEN, P.A.; NAYIGIHUGU, V. et al. Excretion of titaniumdioxide and chromic oxide in duodenal digesta and feces of ewes. **Small Rumin.Res.**, V.63, 135-214, 2006.
- NASTIS, A.S.; CORDESSE, R. Food intake of grazing ruminants with emphasis on Mediterranean grazing lands. **Ann. Zootech.**, v.45, suppl.1, p.73-80, 1996.
- NEWMAN, J.A.; THOMPSON, W.A.; PENNING, P.D. et al. Least-squares estimation of diet composition from n-alkanes in herbage and faeces using matrix mathematics. **Aust. J. Agric. Res.**, v.46, p.793-805, 1995.
- NOCEK, J.E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **J. Dairy Sci.**, 71(8):2051-2069, 1988.
- OLIVÁN, M.; DOVE, H.; MAYES, R.W. Recent developments in the use of alkanes and other plant wax components to estimate intake and diet composition in herbivores. **Revista Portuguesa de Zootecnia**, v.6, n.1, p.1-26, 1999.
- OLIVÁN, M.; OSORO, K. The effect of drying treatment on the n-alkane analysis. **Ann. Zootech. Suppl.**, v.44, p.238, 1995.
- OLIVEIRA, D.E.de. **Uso da técnica de n-alcanos para medir o aporte de nutrientes através de estimativas de consumo de forragem em bovinos**. 2003. 129 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2003.
- OLIVEIRA, D.E.de.; PRATES, E.R.; PERALBA, M.do.C.R. Identificação e quantificação de n-alcanos presentes nas ceras de plantas forrageiras. **R. Bras. Zootec.**, v.26, n.5, p.881-886, 1997.

Jornada da Produção Ecológica de Ruminantes no Semiárido
20 a 21 de Setembro de 2012

- OWENS, F.N.; HANSON, C. F. External and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. **J. Dairy Sci.**, v.75, p.2605-2617, 1992.
- PIASENTIER, E., BOVOLENTA, S., MALOSSINI, F. et al. Comparison of n-alkanes or chromium oxide methods for estimation of herbage intake by sheep. **Small Rumin. Res.**, v.18, p.27-32, 1995.
- POND, K.R.; LUGINBUHL, J.M.; BURNS, J.C. et al. Estimating intake using rare earth markers and controlled release devices. In: SOUTHERN PASTURE AND FORAGE CROP IMPROVEMENT CONFERENCE, 45., 1989, Little Rock, Arkansas. **Proceedings...** Little Rock: USDA/ARS, 1989b. p.73-81.
- REEVES, M., FULKERSON, W. J., KELLAWAY, R. C. et al. A comparison of three techniques to determine the herbage intake of dairy cows grazing kikuyu *Pennisetum clandestinum* pasture. **Aust. J. Exp. Agric.**, v.36, n.1, p.23-30, 1996.
- RODRIGUEZ, N. M.; SALIBA, E. O. S.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. Uso de indicadores para estimativa de consumo a pasto e digestibilidade. In: GONZAGA NETO, S.; COSTA, R. G.; CAVALCANTI, E. (Eds.) SIMPÓSIOS DA XLIII REUNIÃO ANUAL DA SBZ, João Pessoa, 2006. **Anais...** João Pessoa: SBZ/UFPA, 2006. p. 323-352.
- SALIBA, E. O. S. Uso de indicadores: passado, presente e futuro. In: TELECONFERÊNCIA SOBRE INDICADORES EM NUTRIÇÃO ANIMAL, 1., 2005, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, p. 4-22, 2005.
- SCHAUER, C. S.; BOHNERT, D. W.; GANSKOPP, D. C. et al. Influence of protein supplementation frequency on cows consuming low-quality forage: performance, grazing behavior, and variation in supplement intake. **J. Anim. Sci.**, v. 83, p. 1715-1725, 2005.
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **J. Brit. Grassl. Soc.**, v.18, p.104-111, 1963.
- TITGEMEYER, E.C. Design and interpretation of nutrient digestion studies. **J. Anim. Sci.**, v.75, p.2235-2247, 1997.
- TITGEMEYER, E.C.; ARMENDARIZ, C.K.; BINDEL, D.J. et al. Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. **J. Anim. Sci.**, v.79, p.1059-1063, 2001.
- UNAL, Y., GARNSWORTHY, P.C., GORTON, P. The use of n-alkanes for prediction of intake in dairy cows. *Proceedings of the British Society of Animal Science. Society's Animal Meeting*, 1997.
- VALADARES FILHO, S. de C.; MORAES, E. H. B. K. de.; DETMANN, E. et al. Perspectivas do uso de indicadores para estimar o consumo individual de bovinos

Jornada da Produção Ecológica de Ruminantes no Semiárido
20 a 21 de Setembro de 2012

alimentados em grupo. In: GONZAGA NETO, S.; COSTA, R. G.; CAVALCANTI, E. (Eds.) SIMPÓSIOS DA XLIII REUNIÃO ANUAL DA SBZ, João Pessoa, 2006. **Anais...** João Pessoa: SBZ/UFPA, 2006. p. 238-262.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.