



Avanços metodológicos na determinação do consumo de ruminantes em pastejo

**Paulo César de Faccio Carvalho¹, Gilberto Vilmar Kozloski²,
Henrique Mendonça Nunes Ribeiro Filho³, Mônica Vizzotto Reffatti⁴,
Teresa Cristina Moraes Genro⁵, Valéria Pacheco Batista Euclides⁶**

1 - Professor da UFRGS, Porto Alegre-RS. paulocfc@ufrgs.br

2 - Professor da UFSM, Santa Maria-RS.

3 - Professor da UDESC, Lages-SC

4 - Doutoranda da UFRGS, Porto Alegre-RS

5 - Pesquisadora da EMBRAPA/CPPSUL, Bagé-RS

6 - Pesquisadora da EMBRAPA/CNPGC, Campo Grande-MS

RESUMO - Avanços metodológicos são, usualmente, conseqüência direta de avanços conceituais e tecnológicos. No caso da estimativa do consumo em pastejo, os recentes avanços conceituais relativos ao processo de busca e apreensão da forragem pelo ruminante evidenciaram a importância da unidade básica do consumo – o bocado -, e dos fatores limitantes ao consumo que ocorrem antes da ingestão da forragem pelo animal em pastejo. A abordagem reducionista do processo de pastejo, aliada à sua hierarquização espaço-temporal, trouxeram uma nova concepção de como o animal obtém o seu alimento do pasto. Destes modelos conceituais emergiram novas variáveis que requerem novos procedimentos experimentais e analíticos. Neste contexto, importantes avanços têm ocorrido. Este artigo apresenta e discute os novos procedimentos que permitem estimar o consumo no curto prazo, assim como aqueles mais utilizados pela comunidade científica nacional para estimar o consumo no longo prazo. Adicionalmente, são feitas também considerações sobre o uso de animais ou de piquetes como unidades experimentais em experimentos de pastejo. Conclui-se que, apesar de ainda existir importantes barreiras metodológicas, os recentes avanços conceituais sobre o processo de pastejo, assim como dos procedimentos analíticos, geram fortes expectativas de avanço em curto e médio prazo na obtenção de estimativas qualificadas de consumo por animais em pastejo.

Palavras chave: alcanos, bocado, estrutura do pasto, ingestão, óxido de cromo

Advances in methods for determining animal intake on pasture

ABSTRACT - Methodological advances are usually a direct consequence of conceptual and technical advances. In the case of animal intake on pasture, recent conceptual advances regarding the process of searching and apprehension of the forage by the ruminant provide insight regarding the importance of the basic unit of intake, the bite, and the importance of processes limiting intake that occur before the forage reaches the rumen. Applying a reductionist approach to the grazing process, along with its spatial-temporal hierarchy, brought a new conceptualization of how an animal obtains feed from pasture. From the conceptual models emerged new variables that required new experimental and analytical procedures. Within this context, important advances have occurred. This article describes the new procedures that allow to estimate the consumption on the short-term, as well as that most utilized by the national scientific community for estimating the consumption on the long-term. Procedure for estimating fecal production and digestibility are discussed, as well as the use of n-alkanes and other emerging techniques. Consideration is given to the use of animals or paddocks as experimental units in grazing experiments. The conclusions presented in this article do not differ from those of preceding articles regarding this subject. In a grazing condition, continuous intake is the “black box” to be revealed, complex by nature with regard to the animal as well as the pasture, and there are important methodological barriers toward its determination. Nevertheless, recent advances in conceptualizing the grazing process, as well as in the analytical procedures, have been considerable and generate ambitious expectations over the short and long term.

Key Words: alkanes, bite size, chromic oxide, intake, pasture structure

Tabela 1 - Considerações sobre a estimativa do consumo em condições de pastejo numa perspectiva histórica

Ano	Afirmação ¹	Citação
1962	<i>...because of this it is practically impossible to sample forage manually and get forage similar to that selected by the grazing animal. Therefore, ...the chemical composition of forage, the digestibility of forage constituents, and the intake of forage must be measured indirectly.</i>	Reid (1962)
1969	<i>Accurate intake estimates are difficult to achieve...</i>	Pidgen & Minson (1969)
1970	<i>What may be even more difficult is the selection of a sample representative of that normally consumed by the animal.</i>	Johnson (1970)
1980	<i>That many intake studies continue to be made indicates it is recognized the work is important and must not be avoided because of practical difficulties; the reports generally indicate awareness of the various technical problems.</i>	Corbett (1980)
1982	<i>The approach to intake measurements followed in this chapter – cautious, critical and even pessimistic – has been chosen deliberately to encourage the reader to take an equally critical view.</i>	Greenhalgh (1982)
1989	<i>A number of authors discussed the advantages and disadvantages of methods for measuring forage intake of grazing animals, none of which were completely satisfactory.</i>	(Stuedemann & Matches, 1989)
1992	<i>Considering that there are multiple factors affecting consumption under grazing conditions, it is not surprising that its prediction by simple laboratory methods is inconsistent.</i>	Lascano (1992)
1994	<i>A method that adequately estimates dry matter intake of grazing animals remains essential to fully utilize the value of pasture research but continues to be elusive... Estimating the forage intake of free grazing animals is so difficult that all of the commonly used methods have limitations and consist of various compromises that may introduce error.</i>	Burns <i>et al.</i> (1994)
1995	<i>There is no “best” technique for making measurements. The most appropriate technique will depend upon the goals of the research and the circumstances under which the measurements are made including such considerations as the time scale of the study, grain of heterogeneity, the availability of tame animals, logistics and funding.</i>	Gordon (1995)
1997	<i>La estimación de consumo en pastoreo es tan compleja que todos los métodos comúnmente usados tienen limitaciones y implican un compromiso que puede introducir errores. Mientras ninguna de las técnicas es totalmente adecuada, cada una tiene valores en situaciones particulares...</i>	Astigarraga (1997)
1998	<i>This is a problem which is more prevalent in sward than animal aspects of integrated intake studies, due in the main to the widely different nature of the populations (plant or animal) to be sampled.</i>	Laidlaw (1998)
2000	<i>Determinations of intake and diet composition in free-ranging herbivores are generally difficult to undertake, and their errors are often large, mainly owing to the limitations of available measurement techniques.</i>	Mayes & Dove (2000)
2004	<i>The authors repeatedly stress that there is no single best method for measuring herbage intake.</i>	Wilkins (2004)
2005	<i>While several lifetimes have been devoted to developing techniques to “measure” intake and diet quality, they are laborious, expensive, and often lack both precision and accuracy</i>	Coleman (2005)
2006	<i>Todos os indicadores possuem limitações. A escolha de um indicador deve ser baseada na sua taxa de recuperação fecal, validada em ensaios de coleta total de fezes, e associada a outras características desejáveis para este fim.</i>	Rodrigues <i>et al.</i> (2006)
2007	<i>Outro ponto importante é também poder inferir sobre qual equação funciona satisfatoriamente, uma vez que os consumos estimados através de modelos e com o uso de indicadores não apresentaram resultados que possibilite (sic.) maior confiabilidade...</i>	Berchielli <i>et al.</i> (2007)

¹Afirmações mantidas na língua original com o intuito não comprometer sua propriedade.

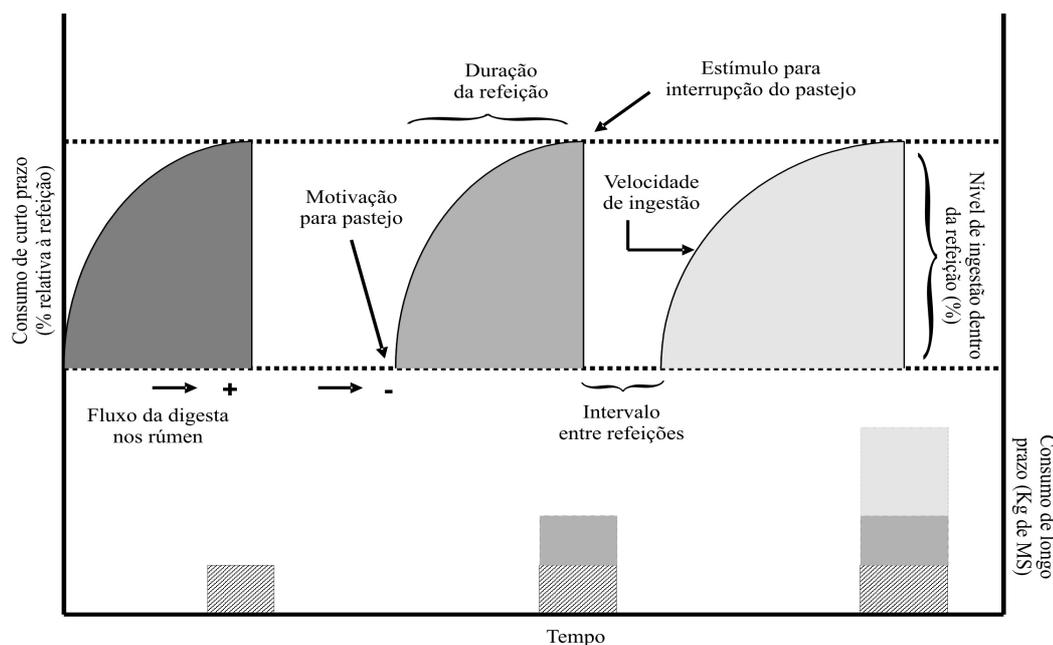


Figura 1 - Modelo conceitual de como o consumo de longo prazo, em situação de pastejo, é o resultado do somatório de ciclos de pastejo de curto prazo denominados refeições (adaptado de Carvalho *et al.*, 2005).

consumo dos animais, tem-se verificado um incremento considerável de publicações nacionais que determinam esta variável em seus protocolos experimentais. Segundo Penning (2004), quando não se faz uso de registros automáticos das atividades dos animais, a observação visual das mesmas em intervalos de 5 a 10 minutos permite atingir níveis adequados de acurácia. Além das atividades de pastejo em si, esta técnica permite monitorar também outras atividades, como ruminção, procura por água e sal, entre outras, as quais têm sido incorretamente denominadas de ócio (vide definição de “outras atividades” em Pinto *et al.*, 2007). É desejável que as observações sejam feitas ao longo de 24 horas. Porém, quando o tempo de pastejo é a variável de maior interesse, e dependendo da estação do ano, observações diurnas podem ser suficientemente representativas. Carvalho *et al.* (não publicado) observaram que o pastejo diurno representou mais de 90% do tempo total de pastejo por ovinos em azevém.

Gibb (1998) destacou a importância de distinguir a diferença entre tempo de pastejo, e tempo de alimentação. Tempo de alimentação é definido como sendo o tempo de pastejo menos os intervalos intra-refeições e seria um parâmetro mais adequado para calcular o consumo. Esses intervalos, contudo, dificilmente são observados por procedimentos visuais (Penning, 2004).

A taxa de bocados é, usualmente, observada em diferentes períodos do dia, registrando-se o tempo necessário à ocorrência de um pré-determinado número de bocados. Penning & Rutter (2004) sugerem o registro de 100 a 300 bocados por períodos de 1 a 3 minutos, repetidos ao longo do dia, uma vez que os procedimentos realizados em períodos menores, tais como o tempo para realização de 20 bocados, tendem a gerar valores superestimados em até 16%.

A massa do bocado, por sua vez, tem sido determinada por procedimentos que utilizam animais fistulados no esôfago (e.g., Trindade, 2007). Neste caso, a coleta da extrusa e o monitoramento da taxa de bocados devem ser feitos simultaneamente. O uso desta técnica é limitado pela necessidade de se ter animais preparados cirurgicamente e pela possível mudança do comportamento ingestivo desses animais. Além disso, por se tratar de uma informação quantitativa, diferente do uso de animais fistulados para determinação da natureza da dieta selecionada, não pode haver perda de material deglutido, o que não é fácil de assegurar (Gordon, 1995). A massa do bocado também pode ser estimada com base na determinação direta da taxa de ingestão associada ao monitoramento da taxa de bocados (e.g., Silva *et al.*, 2007). Isto pode ser feito pela técnica da dupla pesagem dos animais, antes e após pastejo, utilizando-se

et al., 1997; Astigarraga *et al.*, 1997; Moore & Sollenberger, 1997; Dougherty, 1999; Lippke, 2002; Pedreira, 2002; Genro *et al.*, 2004; Rodrigues *et al.*, 2006; Berchielli *et al.*, 2007).

Neste contexto, e procurando abordar aqueles menos discutidos anteriormente, propõe-se enfocar os principais aspectos dos protocolos de pesquisa que ainda geram insegurança, assim como sugerir alternativas práticas para melhorar a acurácia e a confiabilidade das estimativas de consumo em pastejo obtidas com base na produção fecal e digestibilidade da forragem.

Metodologias para medir ou estimar a excreção fecal

A excreção fecal por animais em pastejo pode ser medida diretamente, com uso de sacolas presas aos animais, que permitem a coleta total das fezes, ou estimada com uso de indicadores externos. A principal crítica ao uso das sacolas está relacionada ao possível desconforto do animal causado pelos arreios e/ou pelo peso das fezes, a ponto de modificar o comportamento ingestivo e o consumo de pasto. Adicionalmente, há também a possibilidade de haver perda dos excrementos para fora da sacola. Aparentemente, estes problemas parecem ser mais limitantes em bovinos do que em ovinos, principalmente com animais de alto nível de consumo e mantidos em pastagens com alto teor de umidade (Mélix *et al.*, 1987; McMenniman, 1997; Moore & Sollenberger, 1997; Lippke, 2002). Hatfield *et al.* (1993), num raro exemplo de comparação de métodos incluindo a coleta total de fezes com sacolas, não observaram diferenças no consumo, ganho de peso, produção fecal ou grau de estresse em ovinos utilizando sacolas ou recebendo indicadores. O grau de estresse dos animais, nesse estudo, aumentou em função do manejo, mas não pela presença da sacola em si.

A excreção fecal tem sido mais frequentemente estimada com o uso de indicadores externos. Independentemente do tipo, o uso de indicador externo permite estimar o consumo individual diário dos animais, mas não permite estimar o consumo de períodos diferentes de 24 horas, como durante uma refeição. Além disso, a concentração fecal de qualquer indicador externo varia amplamente ao longo do tempo, após o fornecimento, de modo que vários dias são necessários para

excreção total da dosagem inicial fornecida. Em caso de dosagens diárias constantes, este tempo representa o número mínimo de dias para estabilizar a excreção fecal do indicador. Isto implica, também, que as condições experimentais devam ser semelhantes ao longo de todo o período de fornecimento do indicador e das amostragens. Em experimentos com pastejo rotativo, o erro nas estimativas de excreção fecal com indicador externo pode ser significativo se o período de ocupação, durante a fase de estabilização do indicador, for acima de 24 horas e diferente do período de coleta.

O óxido de cromo (Cr_2O_3), apesar de suas conhecidas deficiências como marcador de fluxo de digesta, tem se consolidado como um dos indicadores mais utilizados para estimar o consumo de ruminantes em pastejo, particularmente por pesquisadores no Brasil, como Lopes *et al.* (2005), Cândido *et al.* (2005), Palieraqui *et al.* (2006), Gontijo Neto *et al.* (2006), entre vários outros. Entre as vantagens da sua utilização, pode-se citar o baixo custo e a relativa simplicidade dos procedimentos analíticos (Morenz *et al.*, 2006). Contudo, algumas limitações associadas ao uso deste indicador, tais como a recuperação fecal incompleta (Mir *et al.*, 1989; Soares *et al.*, 2004) e sua irregularidade na excreção ao longo dia (Morenz *et al.*, 2006; Kozloski *et al.*, 2006), ainda persistem como problemas. Estes são ainda agravados se o cromo é fornecido em pó, seja por via oral ou cânula (Comeron, 1991). Apesar disso, o fornecimento do cromo em pó, embalado em cápsulas de papel ou gelatina, por via oral e com uso de sondas, ainda é a forma mais utilizada deste indicador. Este procedimento geralmente causa um estresse adicional aos animais e, além disso, as cápsulas podem ser regurgitadas, o que aumenta a variabilidade dos resultados. O fornecimento via ruminal e/ou em horários prévios aos horários de pastejo dos animais reduz o estresse, mas não evita os problemas associados à diferença de densidade do cromo em relação à digesta.

Penning (2004) compilou dados de literatura e concluiu que o período recomendado de dosagem dos marcadores, em geral, e do óxido de cromo em particular, é de 12 dias, compreendendo um período preliminar de 7 dias e coletas de fezes nos últimos 5 dias, num regime de dosagem de duas vezes ao dia em intervalos de aproximadamente 8

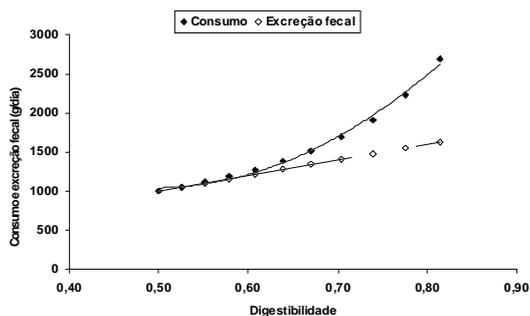


Figura 4 – Efeito teórico da digestibilidade sobre o consumo e a excreção fecal.

A digestibilidade da forragem consumida por animais em pastejo pode ser estimada com base na análise de amostras da forragem, das fezes ou de ambos.

Estimativa da digestibilidade a partir de amostras da forragem

A digestibilidade de amostras de forragem pode ser estimada através de ensaios de digestibilidade *in vivo*, *in situ*, *in vitro*, ou com base na sua composição químico-bromatológica. A crítica comum a qualquer dos métodos é que um único valor de digestibilidade é usado para todos os animais (Dove & Mayes, 1991) e a acurácia das estimativas depende da representatividade da amostra analisada em relação à forragem consumida.

Para minimizar os erros de amostragem, existe a recomendação de coletar amostras de forragem por simulação de pastejo ou com uso de fístulas esofágicas. A implantação, mas principalmente a manutenção de fístulas no esôfago, são aspectos limitantes desta técnica e sua utilização tem sido rara, pois como comentado anteriormente, as principais críticas ao uso de fístulas estão relacionadas à mudança no comportamento ingestivo dos animais e às restrições éticas e legais ao seu uso. Adicionalmente, também pode haver contaminação da amostra ingerida com saliva. A simulação de pastejo, por outro lado, tem sido a técnica amostral mais comumente utilizada nestes experimentos. A sua limitação reside no fato de que a decisão sobre a amostragem é subjetiva ao observador. Além disso, o grau de variação entre amostradores, assim como o número mínimo de amostradores e de amostragens por unidade experimental ou por período, entre outros, são aspectos críticos. O grau de heterogeneidade do

pasto também interfere na amostragem, e este é considerável mesmo em pastagens mono-específicas (Carvalho *et al.*, 2001).

A digestibilidade da forragem tem sido comumente estimada *in vitro*, por incubação microbiológica ou enzimática. No entanto, além de terem baixa reprodutibilidade entre laboratórios, nenhum desses métodos reproduz adequadamente o processo de digestão *in vivo*. Esta deficiência pode ser contornada pela validação da técnica *in vitro*, em cada laboratório, com base em ensaios de digestibilidade *in vivo*, gerando-se equações locais de ajuste de dados. Todavia, este procedimento raramente tem sido adotado.

A técnica original de Tilley & Terry foi modificada de maneira que a amostra é incubada em saquinhos de poliamida ou poliéster, e o resíduo da incubação é tratado com solução detergente neutro. Com esta variação, o método estima a digestibilidade verdadeira da matéria orgânica (MO) e, para calcular a digestibilidade aparente, é necessário que se faça uma correção para a excreção fecal de MO endógena. Weiss *et al.* (1992) usam um valor fixo de desconto de 7%, mas ensaios de digestibilidade *in vivo* com ovinos indicam valores superiores, em torno de 14% (Kozloski, com. pes., 2007). De qualquer forma, a técnica *in vitro* permite caracterizar e diferenciar alimentos ou dietas que tenham diferenças relativamente grandes de digestibilidade (Figura 5), mas raramente tem exatidão suficiente para diferenciar a qualidade de forragens ao longo do seu estágio vegetativo (Figura 6).

Assim, como destacado por Allen & Linton (2007), as técnicas laboratoriais de avaliação da digestibilidade dos alimentos são de grande valia para diferenciar alimentos, mas pouco sensíveis para prever os processos *in vivo*.

A estimativa da digestibilidade da forragem ingerida torna-se mais complexa ainda se os animais a pasto são suplementados. Para detalhes metodológicos e discussão sobre a estimativa de consumo nestas condições o leitor é referido a Moore & Sollenberger (1997).

Estimativa da digestibilidade a partir de amostras das fezes

A digestibilidade da forragem consumida também pode ser estimada com alto grau de

baixa relação entre concentração fecal de N e digestibilidade da MO (Figura 8).

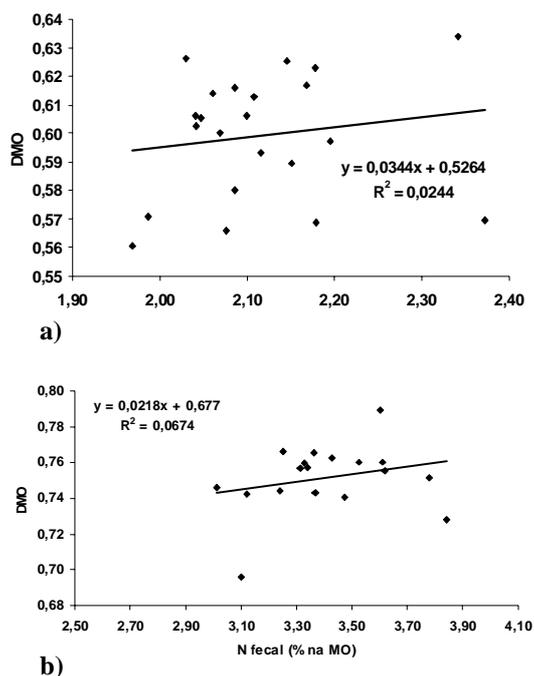


Figura 8 – Relação entre concentração fecal de N e digestibilidade aparente da matéria orgânica (DMO) em ovinos alimentados com feno de capim elefante anão (a) ou silagem de sorgo mais concentrado (b) a diferentes níveis de consumo. (Kozloski *et al.*, não publicado).

No entanto, foi verificado uma alta correlação entre excreção total de N e consumo de MO (Figura 9).

Estes resultados indicam que a técnica tem um alto potencial para estimar consumo por animais em pastejo. Ela implicaria, no entanto, em medidas acuradas da produção fecal dos animais a pasto e na condução de ensaios de digestibilidade em paralelo, com animais alimentados em diferentes níveis de consumo com o pasto cortado verde.

Estimativa da digestibilidade a partir de amostras das fezes e da forragem

A digestibilidade da forragem pode ser também estimada com base na denominada técnica da relação, com uso de marcadores internos que são componentes naturais e indigestíveis da forragem. O uso de marcadores internos, em teoria, expressa o real processo de digestão dos animais em pastejo. Os mais utilizados são os alcanos e resíduos de incubação *in vitro* ou *in situ*, por um período mínimo de 144 horas, que incluem matéria seca (MSi), fibra detergente ácido (FDAi) ou fibra em

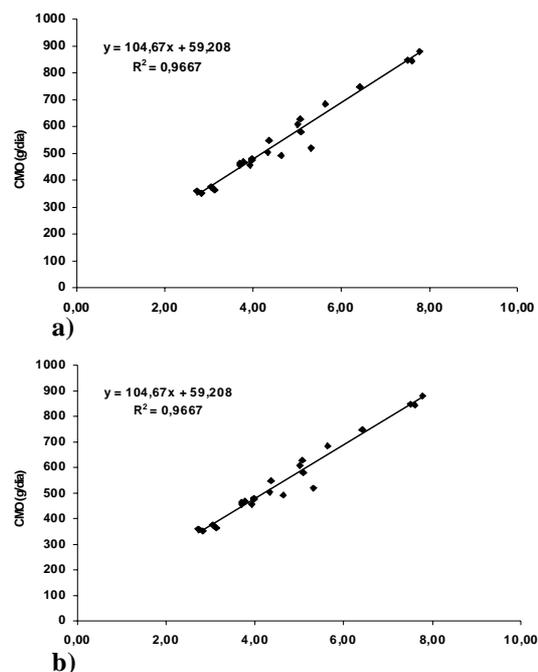


Figura 9 – Relação entre excreção fecal de N e consumo de matéria orgânica (CMO) em ovinos alimentados com feno de capim elefante anão (a) ou silagem de sorgo mais concentrado (b) a diferentes níveis de consumo (Kozloski *et al.*, não publicado).

detergente neutro (FDNi) indigestíveis. O uso de alcanos como indicador interno será considerado separadamente nesta revisão. Cinza insolúvel em ácido ou em detergente ácido, assim como a lignina, também têm sido utilizados. A crítica ao uso das cinzas insolúveis está associada à sua baixa concentração nas amostras, que diminui a precisão das estimativas, ou à possibilidade de contaminação das amostras com solo, superestimando suas concentrações. A lignina, por sua vez, é inadequada como marcador interno de digestibilidade porque ela é parcialmente digerida no rúmen. A MSi, FDAi e FDNi, por sua vez, têm sido mais frequentemente testados e utilizados. O grau de recuperação e, deste modo, a precisão e exatidão das estimativas de digestibilidade e consumo utilizando estes indicadores tem sido variável (Berchielli *et al.*, 2005; Rodrigues *et al.*, 2006). Isto ocorre porque estas frações não constituem unidades químicas uniformes e constantes em todos os alimentos, e tampouco há um método padrão definido para sua determinação (Lippke, 2002). No entanto, estes problemas não inviabilizam o uso destes indicadores, desde que em cada experimento individual, independentemente da técnica de determinação utilizado, o

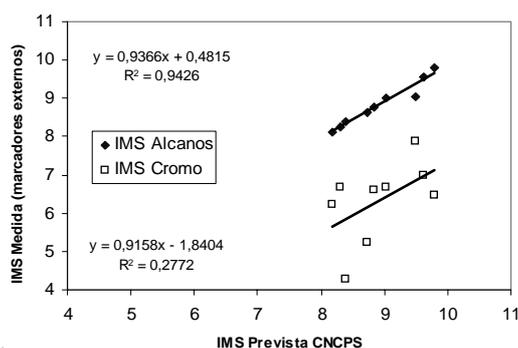


Figura 11 - Regressão entre os valores de consumo preditos pelo CNCPS e os consumos medidos por marcadores externos óxido de cromo e alcanos em pastagens tropicais no Brasil-Central (Genro *et al.*, 2004)

Os valores absolutos, assim como o grau de exatidão e precisão das estimativas de consumo obtidas com alcanos, foram superiores aos obtidos com óxido de cromo. A validação absoluta do método do duplo alcano com animais em pastejo, contudo, não pode ser feita por não haver um padrão adequado para comparação. Adicionalmente, fatores que poderiam afetar a acurácia da técnica, tais como variações no padrão de pastejo, dentro e entre dias, não foram ainda suficientemente elucidados.

Além de estimar digestibilidade e produção fecal com grande acurácia, é possível usar a mesma análise do perfil de alcanos para avaliar a composição da dieta, o que se constitui numa grande vantagem desse método para estudar as interações planta-animal (Dove & Mayes, 1991). O princípio do método é que o padrão de alcanos na extrusa esofágica, digesta ou fezes, provenientes de uma pastagem botanicamente complexa, será o resultado de uma combinação

dos perfis de alcanos presentes nas espécies forrageiras que contribuiram para aquela mistura (Dove & Mayes, 2003).

O uso desta técnica tem sido experimentado no Brasil (Cortês *et al.*, 2005; Genro *et al.*, 2005). Quando a dieta é composta por poucas espécies, os resultados estimados são muito próximos da composição conhecida (Dove & Mayes, 1996; Hamelers & Mayes, 1998; Dove & Mayes, 2003; Cortês *et al.*, 2005). Porém, ele consegue estimar, com precisão, somente até quatro componentes de uma pastagem com flora mais complexa, como as pastagens naturais (Dove, 1992). Nestas situações, a exatidão das estimativas pode ser aumentada pelo uso combinado dos alcanos com outros potenciais marcadores também encontrados na cera das plantas, como os alcanos de cadeia ramificada, álcoois de cadeia longa, esteróis e ácidos graxos de cadeia longa (Mayes & Dove, 2000; Dove & Mayes, 2003; Bugalho *et al.*, 2004; Ali *et al.*, 2005; Fraser *et al.*, 2006; Oliván *et al.*, 2007). Esses compostos apresentam diferentes concentrações em diferentes espécies e partes das plantas, e podem ser medidos na mesma marcha analítica dos alcanos.

Uso de alcanos para estimar consumo de animais recebendo suplementação

Como visto anteriormente, vários fatores podem afetar a acurácia das estimativas de consumo em pastejo. Contudo, isto se torna ainda mais complexo se os animais a pasto são suplementados. Detalhes metodológicos e discussão sobre a estimativa de consumo nestas condições já foram feitas previamente por Moore & Sollenberger (1997). Deste modo, serão

Tabela 2 - Comparação de consumos conhecidos de ovinos e bovinos com consumos de forragem estimados usando alcanos.

Tipo de animal e condições experimentais	Consumo conhecido de MS	Discrepância%
Cordeiros (36 kg); forragem fresca	579 g/dia	0
Cordeiros (10 semanas de idade); leite + forragem fresca	112-273 g/dia	0,20
Ovinos; azevém perene	913,5 g/dia	-0,02
Cordeiros (34 kg); forragem fresca	778 g/dia	2,57
Ovinos; trevo persa seco	699-1154 g/dia	-0,50
Vacas de corte secas	4 kg/dia	-1,70
Vacas de leite no fim da lactação; forragem fresca	14,18 kg/dia	-0,06
Vacas de leite no início da lactação:		
Silagem	4,76 kg/dia	2,10
Pastagem	12,05 kg/dia	-2,60
Vacas de leite	9,47 kg/dia	-1,90

Adaptado de Dove & Mayes (1996).

Tabela 3 - Concentrações dos principais alcanos (mg/100g de MS) e concentração de ^{13}C ($\delta^{13}\text{C}$ abundância por 1000 de ^{13}C relativo ao carbonato padrão).

	C_{29}	C_{31}	C_{33}	$\delta^{13}\text{C}$	Referência
Experimento 1					Garcia <i>et al.</i> , 2000
FORAGEIRA**	14,9	29,3	7,95	-28,7	
Silagem de milho	1,0	1,4	1,0	-11,7	
Experimento 2					
FORAGEIRA**	6,9	13,4	12,6	-29,9	
Silagem de milho	1,1	0,8	1,0	-11,5	
Experimento 1					Machado <i>et al.</i> , 2006
FORAGEIRA*	156,2	333,1	75,2	-27,9	
Grão de milho	1,1	0,8	0,6	-11,1	
Experimento 2					
FORAGEIRA*	251,5	499,2	11,8	-28,2	
Grão de milho	1,1	0,8	0,6	-11,1	
Farelo de soja	3,1	2,7	2,2	-25,0	

*Pasto de *Festuca arundinacea* e *Trifolium repens*. ** Pasto de *Lolium perenne* e *Trifolium repens*.

capim-mombaça, e descreveram quantitativamente um processo considerado como qualitativo.

O grau de seleção de plantas e o consumo também podem ser estimados por observação direta e próxima do animal, mimetizando suas ações de pastejo. A despeito das óbvias limitações envolvidas neste tipo de técnica (Gordon, 1995), o procedimento recentemente trazido por Agreil & Meuret (2004) surpreende pela precisão e natureza das variáveis-resposta que podem ser obtidas. Os autores produziram uma escala codificada de categorias de bocados, e sua ocorrência é observada em tempo real à atividade de pastejo. Os autores produziram uma escala codificada de categorias de bocados cuja ocorrência é observada em tempo real, concomitante à atividade de pastejo. Uma vantagem desse método é a possibilidade de caracterizar a dinâmica ingestiva em vegetações altamente complexas, onde outras técnicas têm limitações não somente de acurácia, mas até mesmo de aplicação (Agreil & Meuret, 2004). Além disso, o método fornece informações sobre a dinâmica do comportamento ingestivo em diferentes escalas temporais: consumo de longo prazo, cinética ingestiva em nível de refeição e quantificação do processo de aquisição do bocado.

Outra metodologia recentemente proposta tem por base medidas bioacústicas (Laca & Wallis De Vries, 2000). O princípio está em que os movimentos mandibulares têm características acústicas que permitem sua distinção, e a intensidade e tipo das ondas sonoras produzidas pelo pastejo estariam associadas com a quantidade de forragem

ingerida. Isto significaria um enorme avanço em relação a outros métodos, pois permitiria a quantificação da massa do bocado (Laca & Wallis De Vries, 2000). Ungar & Rutter (2006) compararam esta técnica com o *IGER Behaviour Recorder* e concluíram por uma razoável correspondência entre procedimentos, no que diz respeito à classificação dos movimentos mandibulares. Ademais, as medidas acústicas são capazes de identificar os bocados compostos. Segundo Gibb (com. pes., 2007), há evidências de que esta técnica possa predizer também o tipo de espécie vegetal ingerida pelo animal, bem como a sua digestibilidade. Por essas razões, é considerada por ele como a novidade técnica que representa o maior avanço dentre as metodologias para estimar consumo emergentes na última década.

Considerações sobre procedimentos estatísticos

Uma questão central associada ao delineamento e à análise de dados obtidos em estudos com animais em pastejo é a definição da unidade experimental. Penning (1998) reporta a descoberta dos fenômenos de facilitação social e alelomimicria (sincronização de atividades), além da competição conjunta pelo recurso alimentar (o que um animal está pastando, o outro não pode), para embasar a impossibilidade de uso individualizado dos animais (ou grupos de animais dentro de um mesmo piquete) como repetições em experimentos de pastejo. Segundo Rook (1998), os delineamentos que usam animais ou animais dentro de

digestibilidade *in vivo* paralelo ao de pastejo e usar dados de digestibilidade *in vitro* validados por ensaios *in vivo*. Numa nova perspectiva, é demonstrado também que a medida de excreção fecal de N pode ser uma alternativa metodológica viável para estimar consumo a pasto.

Todas as metodologias para estimar consumo têm vantagens e desvantagens. Porém, um requisito comum a todas elas é a necessidade de se obter amostras de forragem representativas do que está sendo ingerido pelo animal no pasto. Isto é um problema metodológico crítico, pois a pastagem é um “ecossistema vivo” que se modifica a todo instante e a distribuição espacial da forragem no pasto é sempre heterogênea, mesmo em pastagens mono específicas. Além disso, não é conhecido o grau de variação da amostragem associado ao amostrador. A recomendação de um protocolo padrão e confiável de amostragem do pasto necessita, ainda, ser estabelecida.

Para concluir, não existe “o melhor método” para estimar consumo por ruminantes em pastejo. No entanto, existe aquele, ou uma combinação de procedimentos, que melhor se ajuste aos objetivos, à hipótese a ser testada, à precisão requerida e às condições estruturais disponíveis em cada experimento.

Literatura citada

- AGREIL, C.; MEURET, M. An improved method for quantifying intake rate and ingestive behaviour of ruminants in diverse and variable habitats using direct observation. **Small Ruminant Research**, v.54, p.99-113, 2004.
- ALI, H.A.M.; MAYES, R.W.; HECTOR, B.L. *et al.* Assessment of n-alkanes, long-chain fatty alcohols and long-chain fatty acids as diet composition markers: The concentrations of these compounds in rangeland species from Sudan. **Animal Feed Science and Technology**, v.121, p.257-271, 2005.
- ALLDEN, W.G.; WHITTAKER, A.M. The determinants of herbage intake by grazing sheep: the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. **Australian Journal Agricultural Research**, v.21, p.755, 1970.
- ALLEN, M.S.; LINTON, J.A.V. *In vivo* methods to measure digestibility and digestion kinetics of feed fractions in the rumen. In: RENNÓ, F.P.; SILVA, L.F.P. (Eds.) Simpósio Internacional Avanços em Técnicas de Pesquisa em Nutrição de Ruminantes, Pirassununga, 2007. **Anais...**, Pirassununga 2007. p. 72-89.
- AROEIRA, L.J.M. Estimativas do consumo de gramíneas tropicais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES, 1997, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1997. p.127-163.
- ASTIGARRAGA, L. Técnicas para la medición del consumo de rumiantes en pastoreo. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 2007, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1997. p.1-23.
- BARTIAUX-THILL, N.; OGER, R. The indirect estimation of the digestibility in cattle of herbage from Belgian permanent pasture. **Grass and Forage Science**, v.41, p.269-272, 1986.
- BAUMONT, R.; COHEN-SALMON, D.; PRACHE, S. *et al.* A mechanistic model of intake and grazing behaviour in sheep integrating sward architecture and animal decisions. **Animal Feed Science and Technology**, v.112, p.5-28, 2004.
- BERCHIELLI, T.T.; OLIVEIRA, S.G.; GARCIA, A.V. Aplicação de técnicas para estudos de ingestão, composição da dieta e digestibilidade. **Archives of Veterinary Science**, v.10, p.29-40, 2005.
- BERCHIELLI, T.T.; VEJA, A.G.; REIS, R.A. Técnicas de avaliação de consumo em ruminantes: Estado da arte. In: RENNÓ, F.P.; SILVA, L.F.P. (Eds.) Simpósio Internacional Avanços em Técnicas de Pesquisa em Nutrição de Ruminantes, Pirassununga, 2007. **Anais...** Pirassununga, 2007. p. 305-341.
- BOVAL, M.; PEYRAUD, J.L.; XANDÉ, A. *et al.* Evaluation d'indicateurs fécaux pour prédire la digestibilité et les quantités ingérées de *Dichanthium* sp par des bovins créoles. **Annales de Zootechnie**, v.45, p.121-134, 1996.
- BOVAL, M.; ARCHIMÈDE, H.; FLEURY, J. *et al.* The ability of faecal nitrogen to predict digestibility for goats and sheep fed tropical herbage. **Journal of Agricultural Science**, v.140, p.443-450, 2003.
- BRANSBY, D.I. Compromises in the design and conduct of grazing experiments. In: MARTEN, G.C. (Ed.). **Grazing Research: Design, Methodology, and Analysis**. Madison: CSSA Special Publication n° 16, 1989. p.53-67.
- BUGALHO, M.N.; DOVE, H.; KELMAN, W. *et al.* Plant wax alkanes and alcohols as herbivore diet composition markers. **Journal of Range Management**, v.57, p.259-268, 2004.
- BURNS, J.C.; POND, K.R.; FISHER, D.S. Measurements of forage intake. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) **Forage Quality, Evaluation, and Utilization**, Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1994. p. 494-532.
- CANDIDO, M.J.D.; ALEXANDRINO, E.; GOMIDE, C.A.D. *et al.* Período de descanso, valor nutritivo e desempenho animal em pastagens de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1459-1467, 2005.
- CARVALHO, P.C.F. A estrutura da pastagem e o comportamento ingestivo de ruminantes em pastejo. In: Jobim, C.C., Santos, G.T., Cecato, U. (Eds.). Simpósio sobre avaliação de pastagens com animais, 1, **Anais...** Maringá, PR. 1997. p.25-52. 1997.
- CARVALHO, P.C.F.; MORAES, A. Comportamento ingestivo de ruminantes: bases para o manejo sustentável do pasto. In: Simpósio sobre Manejo Sustentável das Pastagens, Maringá. **Anais...** CD-ROM. 2005.
- CARVALHO, P.C.F.; PRACHE, S.; DAMASCENO, J.C. O processo de pastejo: desafios da procura e apreensão da forragem pelo herbívoro. In: Penz Junior, A.M., Afonso, L.O.B.; Wassermann, G.J. (Org.). Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. **Anais...** Porto Alegre, 1999, v.36, p. 253-268. 1999.
- CARVALHO, P.C.F.; RIBEIRO FILHO, H.M.N.; POLI, C.H. E.C. *et al.* Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. In: Mattos, W. R. S. (Org.). **A Produção Animal na Visão dos Brasileiros**. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Piracicaba, 2001, p.853-871, 2001.
- CAUDURO, G.F.; CARVALHO, P.C.F.; BARBOSA, C.M.P. *et al.* Fluxo de biomassa aérea em avezém anual manejado sob duas intensidades e dois métodos de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.282-290, 2007.
- CHIBNALL, A.C.; PIPER, S.H.; POLLARD, A. *et al.* The constitution of the primary alcohols, fatty acids and paraffins present in plant and insect waxes. **Biochemistry Journal**, v.28, p.2189-2208, 1934.
- COLEMAN, S.W. Predicting forage intake by grazing ruminants. In: FLORIDA RUMINANT SYMPOSIUM, 2005, [S.l.: s.n]. **Proceedings...** 2005. p.72-90.

- Estimation of the proportion of C₃ and C₄ plant species in the diet of animals from the ratio of natural ¹²C and ¹³C isotopes in the faeces. **Journal of Agricultural Science**, v.92, p.91-100, 1979.
- KOZLOSKI, G.V.; PEREZ NETO, D.; OLIVEIRA L. *et al.* Uso do óxido de cromo como indicador da excreção fecal de bovinos em pastejo: variação das estimativas em função do horário de amostragem. **Ciência Rural**, v.36, n.2, p.599-603, 2006.
- KYRIAZAKIS, I. What are ruminant herbivores trying to achieve through their feeding behaviour and food intake? In: VI INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE NUTRITION OF HERBIVORES, **Proceedings...**p.154-173. 2003.
- LACA, E.A.; DEMMENT, M.W. Modelling intake of a grazing ruminant in a heterogeneous environment. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON VEGETATION-HERBIVORE RELATIONSHIPS. **Proceedings...**Academic Press, p.57-76. 1992
- LACA, E.; WALLIS DE VRIES, M.F. Acoustic measurement of intake and grazing behaviour of cattle. **Grass and Forage Science**, v.55, p.97-104, 2000.
- LADLAW, A.S. Intake: assessment of current developments in sward measurement techniques. In: KEANE, M.G.; O'RIORDAN, E.G. **Pasture Ecology and Animal Intake**. Dublin: Teagasc, 1998. p.127-137.
- LANCASTER, R.J. Estimation of digestibility of grazed pasture from faeces nitrogen. **Nature**, v.163, p.330-331, 1949.
- LASCANO, C.E. Methodology for measurement of consumption under grazing conditions. In: RUIZ, M.E., RUIZ, S.E. **Ruminant Nutrition Research: Methodological Guidelines**. San Jose: Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture, 1992. p.163-172.
- LIPPKE, H. Estimation of forage intake by ruminants on pasture. **Crop Science**, v. 42, p.869-872, 2002.
- LOPES, F.C.F.; AROEIRA, L.J.M.; RODRIGUEZ, N.M. *et al.* Predição do consumo de pasto de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schumack) por vacas mestiças Holandês x Zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.1017-1028, 2005.
- LUKAS, M.; SUDEKUM, K.H.; RAVE, G. *et al.* Relationship between fecal crude protein concentration and diet organic matter digestibility in cattle. **Journal of Animal Science**, v.83, n.6, p.1332-1344, 2005.
- MACHADO, C.F.; MORRIS, S.T.; HODGSON, J. *et al.* Effect of maize grain and herbage allowance on estimated metabolizable energy and animal performance in beef cattle finishing systems. **Grass and Forage Science**, v.61, p.385-397, 2006.
- MAYES, R.W.; DOVE, H. Measurement of dietary nutrient intake in free-ranging mammalian herbivores. **Nutrient Research Reviews**, v.13, p.107-138, 2000.
- MAYES, R.W.; LAMB, C.S. The possible use of n-alkanes in herbage as indigestible faecal markers. IN: NUTRITION SOCIETY, 43., 1984, Cambridge. **Proceedings...** Cambridge: British Nutrition Society, 1984. p.39.
- MAYES, R.W.; LAMB, C.S.; COLGROVE, P.M. The use of dosed and herbage n-alkanes as marker for the determination of herbage intake. **Journal Agricultural Science**, v.107, p. 161-170, 1986.
- McMENNIMAN, N.P. Methods of estimating intake of grazing animals. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. p.133-168.
- MÉLIX, C.; PEYRAUD, J.L. Utilisation de l'oxyde de chrome chez les vaches laitières pour la prévision des quantités de fèces émises. 2. Comparaison des méthodes de prélèvement de fèces par voie rectale et par collecte globale (en stalle à digestibilité et sur le champ). **Reproduction Nutrition Development**, v.27(1B), p.217-218, 1987.
- MÉLIX, C.; PEYRAUD, J.L.; VÉRITÉ, R. Utilisation de l'oxyde de chrome chez les vaches laitières pour la prévision des quantités de fèces émises. I. Etude des variations du taux de récupération et ses conséquences sur l'estimation de la digestibilité et des quantités ingérées de rations d'herbe et d'ensilage de maïs. **Reproduction Nutrition Development**, v.27(1 B), p.215-216, 1987.
- MINSON, D.; WILSON, J.R. Prediction of intake as an element of forage quality. In: FAHEY JR., G. C. (Ed.) **Forage Quality, Evaluation and Utilization**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1994. p. 533-563.
- MIR, P.S.; KALNIN, C.M.; GARVEY, S.A. Recovery of fecal chromium used as a digestibility marker in cattle. **Journal of Dairy Science**, v.72, p.2549-2553, 1989.
- MOORE, J.E.; SOLLENBERGER, L.E. Techniques to predict pasture intake. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa, 1997. p.81-96.
- MORENZ, M.J.F.; DA SILVA, J.F.C.; AROEIRA, L.J.M. *et al.* Óxido de cromo e alcanos na estimativa do consumo de forragem de vacas em lactação em condições de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1535-1542, 2006.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: 1996.
- OLIVÁN, M.; FERREIRA, L.M.M.; CELAYA, R. *et al.* Accuracy of the n-alkane technique for intake estimates in beef cattle using different sampling procedures and feeding levels. **Livestock Science**, v.106, p.28-40, 2007.
- OLIVEIRA, D.E. **Uso da técnica de alcanos para medir o aporte de nutrientes através de estimativas do consumo de forragem em bovinos**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. 129p., 2003.
- OLIVEIRA, D.E.; PRATES, E.R.; PERALBA, M.C.R. Identificação e quantificação de alcanos presentes nas ceras de plantas forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.5, p.881-886, 1997.
- ORÓ, J.; NOONER, D.W.; WIKSTRÖN, S.A. Paraffinic hydrocarbons in pasture plants. **Science**, v.147, n.3659, p.870-873, 1965.
- PALHANO, A.L.; CARVALHO, P.C.F.; DITTRICH, J.R. *et al.* Estrutura da pastagem e padrões de desfolhação em capim-Mombaça em diferentes alturas do dossel forrageiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1860-1870, 2005.
- PALIERAQUI, J.G.B.; FONTES, C.A.A.; RIBEIRO, E.G. *et al.* Influência da irrigação sobre a disponibilidade, a composição química, a digestibilidade e o consumo dos capins mombaça e napier. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p.2381-2387, 2006.
- PEDREIRA, C.G.S. Avanços metodológicos na avaliação de pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia CD-ROM.
- PENNING, P.D. The European intake workshop: how far have we come since 1974? In: IX EUROPEAN INTAKE WORKSHOP, 9., 1998, North Wyke. Techniques for investigating intake and ingestive behaviour by farm animals. **Proceedings...** North Wyke, 1998. p.67-73.
- PENNING, P.D. Animal-based techniques for estimating herbage intake. In: PENNING, P.D. (Ed.). **Herbage Intake Handbook**. 2ed. Reading: The British Grassland Society, 2ed. p.53-94. 2004.
- PENNING, P.D.; RUTTER, S.M. Ingestive behaviour. In: PENNING, P.D. (Ed.). **Herbage Intake Handbook**. 2ed. Reading: The British Grassland Society, 2004. p.151-175.
- PEYRAUD, J.L. Techniques for measuring herbage intake of grazing ruminants: a review. In: SPÖRNDLY, E.; BURSTEDT, E.; MURPHY, M. Managing high yielding dairy cows at pasture, 1996 Uppsala. **Proceedings...**Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, Report 243, p.3-23, 1997.
- PHILLIPS, C.J.C. The use of individual animals as replicates in statistical analysis of their behaviour at pasture. **Applied**