

COMPARAÇÕES ENTRE EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DE CONSUMO DE CAPIM-ELEFANTE CORTADO PARA VACAS LACTANTES*

COMPARISONS AMONG EQUATIONS FOR INTAKE PREDICTION OF LACTATING COWS FED CHOPPED ELEPHANT-GRASS

Soares, J.P.G.¹, T.T. Berchielli², A.K.D. Salman³, F. Deresz⁴, A.D. Oliveira⁵ e R.S. Verneque⁴

¹Embrapa Agrobiologia, BR 465. Km 7. Seropédica-RJ. CEP 78900-970. Brasil. Correspondência: jpsouares@cnpab.embrapa.br

²Departamento de Zootecnia da FCAV/UNESP. Jaboticabal/SP. Brasil. ttberchi@fcav.unesp.br

³Embrapa Rondônia, BR 364. Km 5,5. Porto Velho-RO. CEP 78900-970. Brasil. aksalman@cpafro.embrapa.br

⁴Embrapa Gado de Leite. Rua Eugênio do Nascimento, 610. CEP 36038-330. Brasil. deresz@cnppl.embrapa.br; rsverneq@cnppl.embrapa.br

⁵Instituto de Florestas. Departamento de Engenharia Agrícola. UFRRJ. BR 465. km 7. Seroédica- RJ. Brasil. alexsandrado@bol.com.br

PALAVRAS CHAVE ADICIONAIS

Enchimento físico. Esvaziamento Ruminal. Taxa de passagem.

ADDITIONAL KEYWORDS

Rumen Emptying. Rumen fill. Passage rate.

RESUMO

O trabalho objetivou comparar equações de predição de consumo com valores obtidos por métodos diretos utilizando capim elefante fornecido picado para vacas mestiças lactantes canuladas no rúmen. O delineamento foi em quadrado latino 3 x 3 (três animais e três idades de corte do capim: 30, 45 e 60 dias). As equações utilizadas para a predição do consumo (y) foram: (1) $y = -1,19 + 0,035(a+b) + 28,5c$; (2) $y = [\%FDN \text{ na MS}] * [Ingestão \text{ de FDN}] / [(1 - a - b) / KP + b / (c + kp)] / 24$; (3) $y = -0,822 + 0,0748(a+b) + 40,7c$ e (4) equação 2 com valores de consumo medidos no cocho. As predições do consumo de FDN obtidas pelas equações não foram diferentes entre os tratamentos, embora tenha sido observada diferença para os valores medidos diretamente, sendo o menor consumo (5,29 kg/dia) do capim com 30 dias em relação àqueles com 45 (6,57 kg/dia) e 60 (7,31 kg/dia) dias após o corte. As equações, em geral, superestimaram o consumo de MS, em relação ao consumo obtido diretamente no cocho (9,0 kg/

*Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, Pós-Graduação em Zootecnia (Produção Animal), FCAV/UNESP-Jaboticabal, financiado pela FAPESP.

vaca/dia), com exceção da equação 3 que subestimou (7,7 kg/dia). Os consumos médios de MS do capim obtidos com as equações 1 e 2 (13,7 e 13,4 kg/vaca/dia, respectivamente) foram semelhantes entre si e superiores aos obtidos na equação 4 (9,7 kg/vaca/dia). Os valores medidos diretamente foram semelhantes aos obtidos na equação 4 e superiores àqueles obtidos na equação 3. O enchimento físico em FDN foi em média 7,5 kg, valor superior ao estimado pela equação de 5,2 kg. As equações de predição baseadas nas variáveis de degradação *in situ* não fornecem estimativas de consumo de MS, FDN e de enchimento físico ruminal próximas aos valores observados por métodos diretos.

SUMMARY

This work aimed to compare intake prediction equations with values obtained by direct methods using chopped elephant-grass offered to crossbreed lactating cows with rumen canulas. The experimental design was a 3 x 3 Latin square (three animals and three cutting ages: 30, 45 and 60 days). The equations used for intake prediction

Recibido: 20-9-06. Aceptado: 1-10-07.

Arch. Zootec. 57 (218): 235-246. 2008.

(y) were: (1) $y = -1.19 + 0.035(a+b) + 28.5c$; (2) $y = [\%NDF \text{ on DM}] * [NDF \text{ intake}] / [(1-a-b)/KP + b/(c+kp)] / 24$; (3) $y = -0.822 + 0.0748(a+b) + 40.7c$ and (4) equation 2 with values of intake measured directly. The predictions of NDF intake by equations were not different among treatments, instead of the difference among values measured directly: the 30 day-old had lower intake (5.29 kg/day) in relation to 45 (6.57 kg/day) and 60 (7.31 kg/day) day-old grasses. In general, equations overestimated the DM intake in relation to direct measuring (9.0 kg/cow/day), with exception of equation 3 which underestimated the intake (7.7 kg/day). The means of DM intake found by equations 1 and 2 (13.7 and 13.4 kg/cow/day, respectively) were similar between themselves and superior in relation to those found by equation 4 (9.7 kg/cow/day). The intakes measured directly were similar to those found in equation 4 and higher than those found by equation 3. The mean of rumen fill of 7.5 kg was superior to those of 5.2 kg estimated by equation. The prediction equations based on in situ degradability parameters do not supply estimates of DM intake, NDF intake and rumen fill in agreement with values obtained by direct methods.

INTRODUÇÃO

O consumo é o primeiro passo no processo de conversão do alimento em tecidos e produtos de origem animal porque determina o nível de nutrientes ingeridos que devem atender os requerimentos nutricionais e, por esse motivo, está diretamente relacionado com o desempenho animal. No entanto, a regulação do consumo envolve uma série de eventos bioquímicos e metabólicos complexos que ainda são pouco compreendidos (Rhind *et al.*, 2002). Daí a dificuldade de se desenvolver métodos de predição de consumo considerando essas variáveis. Os modelos existentes para predição do consumo em ruminantes foram delineados com base na hipótese de que o consumo voluntário é regulado de acordo com uma limitação física (capacidade de ingestão) e outra fisiológica (capacidade de assimilação) (Pittroff e Kothmann, 2001). Dessa forma, as características de degradação das forragens foram consideradas na

elaboração de alguns modelos de predição do consumo. Hovell *et al.* (1986), Ørskov *et al.* (1988), Von Keyserlingk e Mathison (1989) e Shem *et al.* (1995) usaram as variáveis a (fração solúvel), b (fração solúvel potencialmente degradável) e c (taxa constante de degradação da fração b) da equação para determinação de degradabilidade potencial proposta por Ørskov e McDonald (1979) para predizer o consumo. Esse método, entretanto, apresentou limitações devido ao fato de alguns alimentos não apresentarem os padrões de degradação propostos no referido modelo. Em seguida, Madsen *et al.* (1997) desenvolveram um método com o objetivo de estimar o consumo utilizando o enchimento físico do rúmen, no qual a taxa de degradação do alimento é combinada com a taxa de passagem, tendo como unidade o período de 24 horas. O consumo potencial é, então, estimado em kg/dia, dividindo-se a capacidade de ingestão do animal (kg) pelo enchimento do rúmen em 24 horas. Como o enchimento do rúmen está relacionado, principalmente, com a fração fibrosa (FDN e FDA) do alimento, as variáveis de degradação e a taxa de passagem são influenciadas pelo teor de FDN da forrageira avaliada (Madsen *et al.*, 1994).

Este estudo objetivou avaliar diferentes equações de predição de consumo comparando-se os valores preditos de consumo e enchimento ruminal com valores obtidos por métodos diretos utilizando vacas lactantes canuladas no rúmen alimentadas em cochos automáticos com capim-elefante cortado aos 30, 45 e 60 dias de crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Embrapa Gado de Leite, no município de Coronel Pacheco, Minas Gerais, Brasil, durante o período de outubro de 1999 a março de 2000. Uma área de 4,5 ha de Latossolo Vermelho-Amarelo foi formada com capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier).

EQUAÇÕES DE CONSUMO DE CAPIM-ELEFANTE CORTADO PARA VACAS LACTANTES

No plantio foram aplicados 100 kg/ha de P_2O_5 na forma de superfosfato simples e três toneladas/ha de calcário dolomítico. A capineira foi manejada em faixa com o intuito de proporcionar durante todo o período experimental o oferecimento de forragem com 30, 45 e 60 dias.

Foram utilizadas nove vacas mestiças 7/8 Holandês x Zebu canuladas no rúmen com peso médio de 520 kg e produção média diária de 13,5 kg de leite e três vacas secas fistuladas no esôfago. Todos os animais receberam exclusivamente capim-elefante picado (3-4 cm) duas vezes ao dia às 8 h e 16 h. Os consumos diários foram mensurados diretamente utilizando-se um sistema de cochos automáticos individuais (Calan-Gates).

O experimento foi dividido em três períodos de avaliações com duração de 30 dias cada um, sendo 10 para a adaptação dos animais às dietas, 10 para a avaliação do consumo e 10 para os esvaziamentos do rúmen. As avaliações da degradabilidade foram executadas nos três primeiros dias do período de avaliação do consumo e nos últimos sete dias do mesmo foram administrados os indicadores e realizadas as colheitas de fezes.

Os esvaziamentos do rúmen foram realizados em dias alternados. As segundas, quartas, sextas e domingos para os horários de duas, quatro, seis horas pós-refeição e, antes das refeições (0h), para cada grupo de três vacas de cada tratamento, nos três períodos experimentais. Os esvaziamentos do rúmen foram realizados seguindo-se as recomendações de Chilbroste *et al.* (2000). O material sólido e o material líquido foram pesados separadamente e homogeneizados. Aliquotas de 10% do peso total foram retiradas para as análises e o restante do material foi recolocado no rúmen.

A extrusa (1 kg/vaca/dia), amostrada com animais fistulados no esôfago, foi seca em estufa a 55°C e fervida em solução de detergente neutro por três horas antes do tratamento com dicromato de sódio

Tabela I. Composição química e digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) do capim-elefante cortado com diferentes idades. (Chemical composition and *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) of chopped elephantgrass with different ages).

Idade dias	% da MS				
	MS	PB	FDN	FDA	DIVMS
30	12,82	11,37	62,99	32,65	58,70
45	15,95	10,49	65,50	33,17	57,71
60	18,25	9,09	70,12	35,79	55,16

($Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$) (Colucci, 1984). As amostras de extrusa marcada foram administradas em dose única (50g) via cânula ruminal. A colheita de fezes foi feita diretamente do reto às 4, 6, 9, 12, 24, 32, 36, 48, 56, 72, 80, 96, 104, 112, 124, 132, 144 horas após a administração das cápsulas. As amostras de fezes foram analisadas em laboratório para determinação do teor de cromo fecal (Campos *et al.*, 2004).

As amostras do capim-elefante picado para as três idades de corte foram analisadas para matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) (tabela I) e as análises do teor de cromo nas fezes foram realizadas por espectrofotometria de absorção atômica, de acordo com Campos *et al.* (2004).

As estimativas da taxa de passagem da dieta e do tempo médio de retenção foram calculadas utilizando-se as curvas de excreção do indicador e as estimativas das variáveis do modelo não-linear de dois compartimentos proposto por Grovum e Williams (1973) utilizando o procedimento NLIN do SAS (SAS, 1990):

$$y = A e^{-k_1(t-T)} - A e^{-k_2(t-T)}, \text{ para } t > T$$

em que:

y= concentração do indicador;

t= tempo de amostragem;

T= tempo de trânsito;
 k_1 = estimativa da taxa de passagem do indicador no retículo-rúmen;
 k_2 = estimativa da taxa de passagem do indicador no trato inferior;
 e= função exponencial (base do logaritmo natural= 2,7183).

A degradabilidade *in situ* do capim com 30, 45 e 60 dias de crescimento foi determinada nos tempos 3, 6, 12, 24, 48 e 72 horas. Para o cálculo da degradabilidade *in situ* da matéria seca foi utilizada a equação proposta por Mehrez e Ørskov (1977) modificada por Nocek e Kohn (1988). A degradabilidade efetiva (DE) foi calculada considerando-se as taxas de passagem estimadas para cada grupo de vacas do experimento através do modelo de Grovum e Williams (1973) e seguindo a equação de Ørskov e McDonald (1979).

Com as variáveis de degradação foram estimadas as ingestões de matéria seca (IMS) por meio das seguintes equações:

[1] $y = -1,19 + 0,035(a+b) + 28,5c$ (Von Keyserlingk e Mathison, 1989);

[2] $y = [\%FND \text{ na MS}] * [\text{Ingestão de FDN}] / [(1-a-b)/K_p + b/(c+k_p)] / 24$ (Madsen *et al.*, 1997);

[3] $y = -0,822 + 0,0748(a+b) + 40,7c$ (Ørskov *et al.*, 1988) e

[4] equação (2) com os valores medidos diretamente.

Para a validação dos dados obtidos a partir do esvaziamento ruminal e do consumo medido diretamente foi utilizada novamente a equação de Madsen *et al.* (1997), mas utilizando-se os dados obtidos diretamente do consumo, esvaziamento ruminal e a taxa de passagem calculada pelo modelo de Grovum e Williams (1973), além do uso de uma equação proposta por Van Soest (1994) relacionando o logaritmo do peso dos animais com o logaritmo da capacidade física ruminal descrita por:

$$\text{Log } Y = 1,04 \text{ Log } PC - 0,936;$$

em que:

Y= capacidade física ruminal;
 Log= Logaritmo natural na base 10 e
 PC= peso corporal dos animais.

O experimento foi em parcelas subdivididas, com os tratamentos da parcela distribuídos em quadrado latino 3x3 (três animais e três idades de corte do capim 30, 45 e 60 dias). O quadrado latino foi repetido três vezes no tempo. Nas sub-parcelas foram incluídos os quatro horários de esvaziamento ruminal, antes da refeição (0h), duas, quatro e seis horas pós-refeição. As análises estatísticas foram executadas usando-se o procedimento GLM do SAS (SAS, 1990) e a comparação múltipla entre médias foi realizada usando o teste Student Newman Keuls (SNK) no nível de 5% de probabilidade. Tendo em vista que o tratamento da sub-parcela (horário) tem efeito quantitativo, quando o mesmo foi significativo isoladamente ou em interação, procedeu-se a análise de regressão para avaliar o efeito de horário sobre a variável em estudo pelo procedimento REG do SAS (SAS, 1990).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da incubação *in situ*, as taxas de passagem e os tempos médios de retenção podem ser observados na **tabela II**. Os dados referentes à degradabilidade efetiva (DE) foram superiores ao valor de 36,91% e semelhantes ao de 4,60%/h para taxa de degradação da fração potencialmente degradável (c) do capim-elefante oferecido picado na idade de corte de 60 dias (Lopes e Aroeira, 1998). Em ovinos, Tomich *et al.* (2004) encontraram valores de DE e de c de 46,20% e 4,30%/h, respectivamente, para o capim elefante com 30 dias de rebrote. No estudo de Tessema e Baars (2004), foram observados em novilhos valores de DE e c de 5,10% e 4,30%/h, respectivamente, para capim elefante cortado com 1 m de altura.

Consumos de fibra em detergente neutro (FDN) do capim-elefante cortado com 30, 45 e 60 dias de idade estimados pela

EQUAÇÕES DE CONSUMO DE CAPIM-ELEFANTE CORTADO PARA VACAS LACTANTES

Tabela II. Fração solúvel (a), fração insolúvel potencialmente degradável (b), taxa de degradação da fração b (c), degradabilidade potencial (DP), degradabilidade efetiva (DE), taxa de passagem (kp) e tempo médio de retenção no rúmen (TMR) do capim-elefante com diferentes idades. (Soluble fraction (a), insoluble fraction potentially degradable (b), degradation rate of b fraction (c), potential degradability (PD), effective degradability (ED), passage rate (kp) and rumen retention time (RRT) of chopped elephantgrass with different ages).

Idade dias	Parâmetros de degradabilidade					Cinética ruminal	
	a	b	DE (%)	DP (%)	c (%/h)	Kp (%/h)	TMR (h)
30	25,33	61,05	55,65	83,89	4,48	4,50	22,22
45	19,49	49,92	50,50	66,45	4,29	3,01	33,26
60	18,45	49,78	48,22	65,44	4,15	2,79	36,40

equação de Madsen *et al.* (1997) utilizando ou não as variáveis obtidas pelo método direto estão na **tabela III**.

A degradabilidade efetiva da MS do capim colhido com 30 dias foi maior quando comparada com as demais. Isso pode estar associado à melhor qualidade da FDN nessa idade. Embora o capim-elefante com 30 dias

tenha mostrado maior taxa de passagem (4,50%/h), isso não proporcionou aumento no consumo de FDN. O consumo de FDN do capim-elefante com 30 dias medido pelo método direto foi menor, quando comparado com aqueles obtidos para os capins com idade mais avançada, o que parece estar relacionado, entre outros fatores, com o maior teor de umidade do capim com 30 dias (87,18%) em relação aos capins com 45 (84,05%) e 60 (81,75%) dias de idade.

O consumo de FDN (CFDN) dos capins com diferentes idades não foi diferente ($p>0,05$) entre os tratamentos, considerando os valores estimados pelas equações, provavelmente devido ao elevado coeficiente de variação observado nessas estimativas (CV=33,83%).

O consumo médio de FDN estimado pela equação de Madsen *et al.* (1997) de 16,36 kg/dia ou 1,68% do PC foi superior ($p<0,05$) ao consumo medido diretamente (6,39 kg/dia ou 1,24% do PC), o qual foi semelhante ao valor encontrado pela mesma equação, mas utilizando os valores medidos diretamente (6,31 kg/dia ou 1,22% do PC). Os resultados estimados pela equação de Madsen *et al.* (1997) mostraram que essa equação não foi adequada para prever os valores de consumo de FDN a partir dos parâmetros de degradação ruminal.

A equação de Madsen *et al.* (1997) superestimou o consumo e subestimou o enchimento físico (**tabelas III e IV**, respec-

Tabela III. Consumos de FDN do capim-elefante estimados por equações ou pelo método direto. (NDF Intake of elephantgrass estimated by equations or by direct method).

dias	Estimado ¹		Estimado ²		Direto ³	
	kg/dia	%PC	kg/dia	%PC	kg/dia	%PC
30	12,79	2,45	8,13	1,62	5,29 ^c	1,02 ^c
45	18,40	1,33	5,90	1,14	6,57 ^b	1,29 ^b
60	17,90	1,28	4,90	0,95	7,31 ^a	1,41 ^a
M	16,36 ^A	1,68 ^A	6,31 ^B	1,22 ^B	6,39 ^B	1,24 ^B
EPM	2,84	0,65	2,84	0,65	1,53	0,56
CV	17,70	33,83	17,70	33,83	24,60	15,91

¹Equação de Madsen *et al.* (1997);

²Equação de Madsen *et al.* (1997) utilizando-se as variáveis medidas diretamente;

³Medido diretamente em cocho automático (Calan-Gates);

M: Média; EPM: erro padrão da média; CV: Coeficiente de variação %;

Na coluna, a>b ($p<0,05$) pelo teste de Newman-Keuls; Na linha, A>B ($p<0,05$) pelo teste de Newman-Keuls.

Tabela IV. Enchimento físico medido diretamente a partir do esvaziamento do rúmen ou estimado pela equação de Madsen et al. (1997). (Rumen fill measured by rumen evacuation or estimated by equation of Madsen et al. (1997)).

dias	Direto			Estimado ¹		
	kg/dia	%PC	Horas	kg/dia	%PC	Horas
30	7,40	1,46	4,22	5,22	1,11	9,37
45	7,62	1,49	3,55	5,16	1,13	23,15
60	7,57	1,41	3,50	5,21	1,10	25,04
M	7,53 ^A	1,45 ^A	3,45 ^B	5,19 ^B	1,11 ^B	19,18 ^A
EPM	1,12	0,49	3,97	1,07	-	3,97
CV	16,61	16,80	31,53	17,80	-	35,90

¹Equação de Madsen et al. (1997);

M: Média; EPM: erro padrão da média; CV: Coeficiente de variação %;

Na linha, A>B (p<0,05) entre as mesmas variáveis pelo teste de Newman-Keuls.

tivamente) provavelmente porque utiliza um valor constante de 1,1% do PC para o cálculo da capacidade ruminal. Como esse valor foi obtido em animais de raça Holandesa de alta produção, existe uma grande possibilidade do mesmo não ter representado a real capacidade ruminal dos animais utilizados no presente estudo, que eram mestiços com média de produção diária de leite em torno de 13 kg.

O teor de FDN do alimento está relacionado ao espaço ocupado pelo alimento no rúmen, principalmente quando a dieta é composta por forragens longas ou picadas grosseiramente. Teores elevados de FDN de forrageiras geralmente têm mostrado correlação negativa com consumo de matéria seca devido a menor taxa de passagem de partículas, o que pode proporcionar a distensão do rúmen e o enchimento físico (Forbes, 1995), fato que não foi observado no presente estudo. Mesmo com o aumento no teor de FDN do capim com o avançar da idade do mesmo (**tabela I**) o enchimento físico não se alterou independentemente do

método utilizado para estimativa (**tabela IV**). No entanto, a grande variabilidade nos valores de ingestão de FDN existentes na literatura leva a crer que o teor de FDN não seria o principal fator responsável pela regulação do consumo em ruminantes. De acordo com Forbes (2004), vários fatores estão inter-relacionados durante o processo de controle da ingestão em ruminantes, como os nutrientes (aminoácidos, minerais e vitaminas), doenças, condições ambientais e pressões sociais.

Considerando a FDN (expressas em kg ou em % do PC) do conteúdo ruminal total, não foram observadas diferenças entre tratamentos em relação aos animais e períodos. Entretanto, como houve diferença entre os horários de esvaziamento para estas variáveis, foi realizada análise de regressão para avaliar os diferentes horários sob a variável em estudo. Nesse caso foi detectado efeito quadrático em função dos mesmos (**figura 1**). Comparando-se as curvas do enchimento físico estimado e observado (**figura 1**) pode-se perceber que o enchimento físico máximo estimado pela equação de Madsen et al. (1997) ocorreu 2 horas após o máximo enchimento observado. Isso se deve ao fato da equação ter superestimado a capacidade física ruminal dos animais que refletiu numa capacidade de enchimento ruminal não condizente com a realidade dos animais utilizados no presente estudo.

As avaliações do enchimento físico em unidades de FDN obtidas por meio dos esvaziamentos do rúmen e comparadas com àquelas estimadas pela equação de Madsen et al. (1997) também foram diferentes (p<0,05). Embora não tenha sido encontrada diferença entre os tratamentos (p>0,05), foi observado que os valores médios do conteúdo ruminal de 7,53 kg/dia ou 1,45% do PC de FDN foram superiores (p<0,05) ao encontrado na equação (5,19 kg/dia ou 1,11% do PC) (**tabela IV**).

Esses dados mostram que as estimativas do enchimento físico do rúmen pela quantidade de FDN utilizando a equação

EQUAÇÕES DE CONSUMO DE CAPIM-ELEFANTE CORTADO PARA VACAS LACTANTES

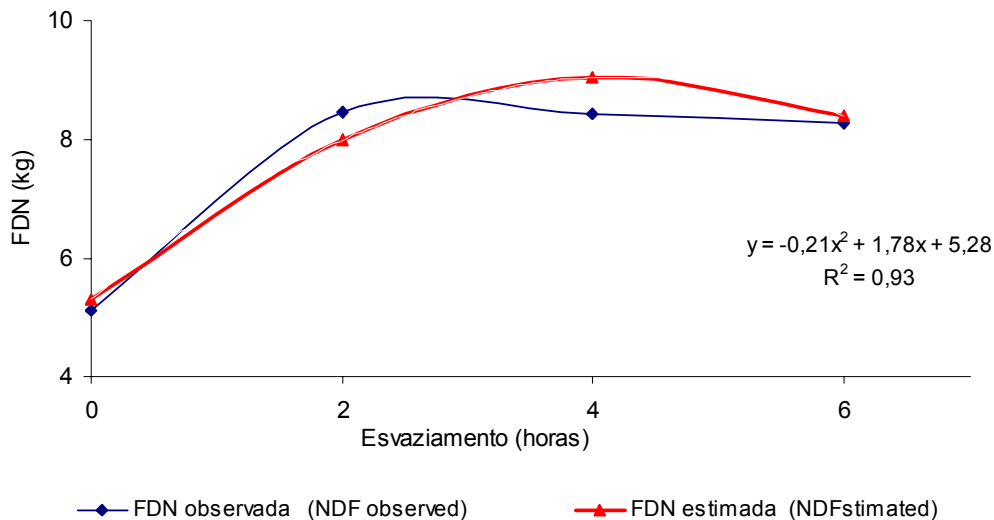


Figura 1. Enchimento físico estimado por equação ou pelo esvaziamento ruminal realizado 0, 2, 4 e 6 horas após a refeição considerando o conteúdo de FDN (kg) do capim-elefante. (Rumen fill estimated by equation or by rumen emptying at 0, 2, 4 and 6 hours after meal considering the NDF of elephant grass).

subestimaram a quantidade de conteúdo do rúmen e superestimaram o enchimento físico em horas. O tempo médio do enchimento físico medido pelo esvaziamento ruminal foi de 3h45, inferior ($p < 0,05$) ao encontrado na equação de 19h18. O valor obtido usando o esvaziamento ruminal concorda com os resultados observados por Thiago (1994) que ao trabalhar com feno de gramíneas tropicais, verificou que com apenas um esvaziamento, realizado 5 horas após o fornecimento da refeição, pode-se estimar o enchimento físico do rúmen.

É possível que o menor consumo (5,29 kg/dia) de FDN do capim com 30 dias em relação àqueles com 45 (6,57 kg/dia) e 60 (7,31 kg/dia) dias, mostrados na **tabela III**, não tenha sido observado em função do enchimento físico, pois apenas no horário de 4h22 pós-refeição seria possível atingir a capacidade máxima do rúmen (7,40 kg de FDN). Comportamento semelhante ocorreu para o capim com idade de 45 dias, cujo conteúdo máximo no rúmen de 7,62 kg de

FDN foi observado às 3h55 após o fornecimento da refeição. Por outro lado, o consumo do capim com 60 dias de idade foi consoante com a capacidade máxima de enchimento ruminal que ocorreu com 7,53 kg de FDN às 3h50 pós-refeição. Isto mostra que a quantidade de FDN presente no rúmen não foi o fator que determinou a parada de ingestão dos animais, visto que o enchimento físico ruminal ocorreu sempre com maiores quantidades de FDN do que a consumida.

Embora com todas as evidências nas comparações entre a determinação direta por meio dos esvaziamentos ruminiais, foi ainda avaliada a precisão da metodologia descrita por Chilibroste *et al.* (2000). Para tanto, foi utilizada a equação descrita por Van Soest (1994), relacionando-se o peso vivo dos animais ao conteúdo total do rúmen. O conteúdo total medido por meio dos esvaziamentos, em relação aos estimados pela equação, não apresentaram diferenças ($p > 0,05$) entre os tratamentos. O valor médio

para o esvaziamento foi de 80,00 kg/dia de matéria natural ou 15,41% do PC e de 77,26 kg/dia ou 14,80% do PC para a equação, mostrando diferença de apenas 3% no conteúdo medido diretamente em relação ao estimado pela equação (**tabela V**).

Na **tabela VI** estão os dados de consumo obtidos nas equações de predição baseadas nos valores médios das variáveis de degradabilidade para os três tratamentos. Da mesma forma, foram utilizados os valores médios de consumo calculado pelas equações, haja vista que os mesmos não apresentaram diferenças ($p > 0,05$) para os diferentes tratamentos em função do elevado coeficiente de variação observado (CV = 28,72%). Em geral, as equações de predição descritas por Madsen *et al.* (1997) e Von Keyserlingk e Mathison (1989) superestimaram o consumo de matéria seca (kg/dia) do capim-elefante. Por outro lado, a equação descrita por Ørskov *et al.* (1988) subestimou o consumo de matéria seca (kg/dia) em relação ao obtido diretamente. Entretanto, quando foi utilizada novamente a equação de Madsen *et al.* (1997) com os valores medidos diretamente as estimativas foram semelhantes. Deve ser mencionado,

Tabela V. Conteúdo ruminal total medido diretamente ou estimado pela equação de Van Soest (1994). (Total rumen content measured directly or estimated by equation of Van Soest (1994)).

dias	Conteúdo ruminal			
	Direto ¹		Estimado ²	
	kg/dia	%PC	kg/dia	%PC
30	81,63	15,13	77,26	14,80
45	79,61	15,73	77,26	14,80
60	78,78	15,37	77,26	14,80
M	80,00	15,41	77,26	14,80
EPM	1,52	0,24	-	-
CV	11,21	15,80	-	-

¹Esvaziamento do conteúdo ruminal total (Chillibroste *et al.*, 2000);

²Equação Log Y = 1,04 Log PC - 0,936 (Van Soest, 1994);

M: Média; EPM: erro padrão da média; CV: Coeficiente de variação %.

contudo, que essas equações foram baseadas no potencial de degradação da matéria seca da forragem no rúmen sem considerar a influência exercida pelo mane-

Tabela VI. Consumo de MS medido diretamente ou estimado pelas equações de predição. (DM intake measured directly or estimated by prediction equations).

Métodos dias	VK ¹		MD ²		ØK ³		MDCG ⁴		CG ⁵	
	kg/dia	%PC	kg/dia	%PC	kg/dia	%PC	kg/dia	%PC	kg/dia	%PC
30	16,23	3,11	20,20	3,10	8,58	1,65	12,90	2,58	8,03	1,54
45	12,58	2,44	10,56	2,02	7,41	1,43	9,00	1,75	10,00	1,96
60	12,39	2,38	9,49	1,82	7,16	1,37	6,99	1,35	11,02	2,12
M	13,73 ^A	2,64 ^A	13,41 ^A	2,31 ^B	7,72 ^C	1,48 ^D	9,63 ^B	1,89 ^C	9,68 ^B	1,87 ^C
EPM	1,67	0,76	1,67	0,76	1,67	0,76	1,67	0,76	1,53	0,56
CV	25,70	28,72	25,70	28,72	25,70	28,72	25,70	28,72	24,60	15,91

¹Von Keyserlingk e Mathison (1989); ²Madsen *et al.* (1997); ³Ørskov *et al.* (1988); ⁴Equação de Madsen *et al.* (1997) utilizando as variáveis medidas diretamente; ⁵Consumo medido em cocho automático (Calan-Gates).

M: Média; EPM: erro padrão da média; CV: Coeficiente de variação %.

Na linha, A>B ($p < 0,05$) entre as diferentes equações pelo teste de Newman-Keuls.

EQUAÇÕES DE CONSUMO DE CAPIM-ELEFANTE CORTADO PARA VACAS LACTANTES

jo dos animais, da forma física em que o alimento foi administrado e do ambiente em que as vacas permaneceram durante o período experimental.

Os dados estimados pelas equações de Von Keyserlingk e Mathison (1989) e Madsen *et al.* (1997) (13,73 e 13,41 kg/vaca/dia, respectivamente) foram similares ($p > 0,05$) e superiores ($p < 0,05$) aos demais obtidos com as outras equações. No entanto, os dados estimados pela equação de Madsen *et al.* (1997) utilizando os valores obtidos diretamente (9,63 kg/vaca/dia) e os medidos no Calan-Gates (9,68 kg/vaca/dia) foram semelhantes ($p > 0,05$), mas superiores ($p < 0,05$) aos obtidos pela equação de Ørskov *et al.* (1988), cujos valores foram de 7,72 kg/vaca/dia (**tabela VI**).

Os consumos de capim-elefante em relação à percentagem do PC na equação de Von Keyserlingk e Mathison (1989) e Madsen *et al.* (1997) foram de 2,64% e 2,31%, respectivamente, os quais foram também superiores ($p < 0,05$) àqueles obtidos com as outras equações. Entretanto, quando foram utilizados os valores medidos diretamente pela equação de Madsen *et al.* (1997) observou-se valor de 1,89% do PC. Esses valores foram semelhantes aos avaliados no Calan-Gates ($p > 0,05$), mostrando que a equação proposta por Madsen *et al.* (1997) foi eficiente apenas quando foram utilizados os valores reais. Por outro lado, o valor estimado do consumo pela equação de Ørskov *et al.* (1988) foi de 1,48% do PC, o qual foi menor do que o valor obtido diretamente (1,87% PC) e igual ao observado por Lopes e Aroeira (1998) para capim elefante fornecido picado para vacas mestiças em lactação (1,87% do PC).

Analisando as características de degradação *in situ* de forragens, observa-se o quanto as variáveis de degradação influenciam na utilização do alimento pelo animal e sua relação com a ingestão. Segundo Mertens (1987), a utilização dessas medidas podem melhorar a precisão na estimativa da ingestão de matéria seca e matéria orgânica,

por meio da relação ($a.MS + b.MS + c.MS$) entre as variáveis de degradação e o conteúdo de matéria seca e matéria orgânica presente nos alimentos. As estimativas de ingestão de matéria seca foram bem diferentes quando foram consideradas as frações (a) e (b) nas equações de predição; no entanto, a inclusão das taxas de degradação (c) e passagem de partículas (Kp) deveria aumentar a precisão de predição de ingestão, principalmente com relação à equação de Ørskov *et al.* (1988).

O uso dos coeficientes desenvolvidos por Ørskov *et al.* (1988) na equação ($a+b$) +Kd resultou na estimativa de ingestão diária de 7,72 kg/MS/dia, a qual foi inferior ($p < 0,05$) ao consumo registrado pelo método direto, mas foi a que melhor se aproximou dos valores expressos em kg/dia e em %PC. Isto ocorreu porque essa equação foi desenvolvida utilizando forrageiras tropicais.

Ao avaliar as mesmas equações para estimar o consumo de capim coast-cross sob pastejo de vacas em lactação, Berchielli *et al.* (2001) observaram que os valores obtidos pela equação de Ørskov *et al.* (1988) foram os que mais se aproximaram dos valores estimados com o modelo não-linear. Entretanto, Soares *et al.* (2001), utilizando essas mesmas equações para predição de consumo de capim Tanzânia sob pastejo por vacas em lactação, observaram que o consumo dos animais foi subestimado pela equação.

Por outro lado, o coeficiente de variação de 25,70% obtido para os valores estimados de consumo em kg/MS/dia pelas equações foi superior ao obtido por Hovell *et al.* (1986), os quais observaram que os dados da técnica *in situ* explicaram 98% da variação na ingestão, e que 35%, 75% e 94% de variabilidade foram explicadas pelos teores de PB, FDN e FDA do alimento, respectivamente. A equação de Ørskov *et al.* (1988) foi a que apresentou coeficiente de determinação mais elevado ($R^2 = 0,90$) quando foi utilizada para estimativa de consumo de forrageiras tropicais. Já a equação de

Madsen *et al.* (1997) deveria refletir resultados mais adequados, pois utiliza a taxa de degradação (c) combinada com a taxa de passagem (k_p) que poderia aumentar a precisão das estimativas. Isso pôde ser observado quando foram utilizados, nessa equação, os valores de consumo e enchimento físico reais, obtendo-se valores mais adequados nessas estimativas.

Os resultados estimados pelas equações podem estar relacionados à utilização das variáveis a , b e c que, segundo Von Keyserlingk e Mathison (1989), superestimaram os valores obtidos em estudos com forragens de melhor qualidade. Fato que pode ter ocorrido em função das mesmas equações não considerarem o tempo de colonização na degradação da fibra e o conteúdo de umidade.

Mertens (1987) admite que a ingestão potencial esteja relacionada com a fração FDN na forragem, ou seja, cada animal deve ingerir por dia 1,2% do PC de FDN. Pela equação de Madsen *et al.* (1997) que considera o peso das vacas e o valor de FDN do capim, o valor do consumo estimado de 13,41 kg de MS/animal/dia foi maior em relação ao consumo medido direto.

A principal limitação dos modelos de predição de consumo é admitir que exista um nível mínimo de enchimento físico do retículo-rúmen que limita o consumo voluntário e esse limite é implementado como uma função linear do peso corporal. Embora o enchimento físico do retículo rúmen seja um fator extremamente importante na regulação do consumo voluntário, a predição do consumo utilizando apenas esse limite físico como base do modelo leva a superestimativas do consumo de forragens de alta qualidade (Allen, 1996).

Enfim, é possível que outras características da forragem possam influenciar a predição da ingestão, como a taxa de redução de partículas, o tempo de colonização dessas, assim como a taxa de saída de digesta ruminal (Ørskov *et al.* 1988) e que não são consideradas como variáveis nessas equações, assim como a quantidade de água presente no capim e no rúmen. Superestimativas do consumo podem ter ocorrido em função desses fatores, pois McDonald (1981), ao utilizar forrageiras tropicais com baixos conteúdos de MS e FDN e não considerando os tempos de colonização na degradação da fração insolúvel (b), observou que os valores preditos da qualidade e do consumo de forragens estimados foram influenciados por essas variáveis.

CONCLUSÕES

As equações de predição, utilizando as variáveis de degradação *in situ* do capim-elefante com 30, 45 e 60 dias não forneceram estimativas de consumo e enchimento físico ruminal próximas dos valores observados por métodos diretos.

As equações de predição avaliadas não consideraram os fatores relacionados, a forma física do alimento administrado, os efeitos das taxas de redução de partículas e diluição da MS presente no rúmen, assim como utilizam valores de consumo de FDN e enchimento físico máximo de vacas em lactação abaixo dos valores reais observados para forrageiras tropicais.

O consumo de matéria seca do capim-elefante picado foi influenciado pelas variáveis de degradação utilizadas nas equações, assim como pelas taxas de passagem e tempos médios de retenção calculados pelo modelo não-linear.

BIBLIOGRAFIA

- Allen, M.S. 1996. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *J. Anim. Sci.*, 74: 3063-3075.
- Berchielli, T.T., J.P.G. Soares, L.J.M. Aroeira, C.L. Furlan, A.K.D. Salman e R.N. Silveira. 2001. Estimativa da ingestão voluntária a partir das características de degradação do capim coast-cross (*Cynodon dactylon* L. Pers.), sob pastejo,

EQUAÇÕES DE CONSUMO DE CAPIM-ELEFANTE CORTADO PARA VACAS LACTANTES

- por vacas em lactação. *Rev. Bras. Zootec.*, 30: 1332-1339.
- Campos, F.P., C.M.B. Nussio e L.G. Nussio. 2004. Métodos de análise de alimentos. FEALQ. Piracicaba. 135 p.
- Chilibroste, P., S. Tamminga, H. Boer, M. J. Gibb and G. Dikken. 2000. Duration of regrowth of ryegrass (*Lolium perenne*) effects on grazing behaviour, intake, rumen fill and fermentation of lactating cows. *J. Dairy Sci.*, 83: 984-995.
- Colucci, P.E. 1984. Comparative digestion and digesta kinetics in sheep and cattle. Thesis (PhD). University of Guelph, Guelph. 231 p.
- Forbes, J.M. 2004. The multifactorial nature of food intake control. *J. Anim. Sci.*, 81 (E Suppl. 2): E139-E144.
- Forbes, J.M. 1995. Voluntary food intake and diet selection in farm animals. CAB International. Wallingford. 532 p.
- Grovum, W.L. and V.J. Williams. 1973. Rate of passage of digesta in sheep. 4. Passage of marker through the alimentary tract and the biological relevance of rate-constants derived from the changes in concentration of marker in feces. *Brit. J. Nutr.*, 30: 313-329.
- Hovell, F.D., J.W.W. Nganubi, W.P. Barker and D.J. Kyle. 1986. The voluntary intake of hay by sheep in relation to its degradability in the rumen as measured in nylon bags. *Anim. Prod.*, 42: 111-118.
- Lopes, F.C.F. and L.J.M. Aroeira. 1998. Consumo, digestibilidade e degradabilidade e parâmetros ruminais em vacas Holandês x Zebu alimentadas com capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) picado. *Arq. Bras. Med. Vet. Zoot.*, 50: 593-599.
- Madsen, J., T. Hvelplund and M.R. Weisbjerg. 1997. Appropriate methods for evaluation of tropical feeds for ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 69: 53-66.
- Madsen, J., T. Stensig, M.R. Weisbjerg and T. Hvelplund. 1994. Estimation of the physical fill of feedstuffs in the rumen by the sacco degradation characteristics. *Livest. Prod. Sci.*, 39: 43-47.
- Malheiros, E.B. 2001. Estimativa da ingestão voluntária a partir das características de degradação do capim-coastcross (*Cynodon dactylon* L. Pers.), sob pastejo, por vacas em lactação. *Rev. Bras. Zootec.*, 30: 1332-1339.
- McDonald, I. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *J. Agric. Sci.*, 96: 251-252.
- Mehrez, A.Z. and E.R. Ørskov. 1977. A study of the artificial fiber bag technique for determine the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agric. Sci.*, 88: 645-665.
- Mertens, D.R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *J. Anim. Sci.*, 64: 1548-1558.
- Nocek, J.E. and R.A. Kohn. 1988. *In situ* particle size reduction of alfafa and timothy hay as influenced by form and particle size. *J. Dairy Sci.*, 71: 932-945.
- Ørskov, E.R., G.W. Reid and M. Kay. 1988. Predicting of intake by cattle from degradation characteristics of roughage. *Anim. Prod.*, 46: 29-34.
- Ørskov, E.R. and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.*, 92: 499-503.
- Pittroff, W. and M.M. Kothmann. 2001. Quantitative Prediction of feed intake in ruminants. III. Comparative example calculations and discussion. *Livest. Prod. Sci.*, 71: 171-181.
- Rhind, S.M., Z.A. Archer and C.L. Adam. 2002. Seasonality of food intake in ruminants: recent developments in understanding. *Nutr. Res. Rev.*, 15: 43-65.
- SAS Institute. 1990. SAS/STAT. User's Guide. Version 6, 4th ed. Cary, NC. USA. v. 2. 846 p.
- Shem, M.N., E.R. Ørskov A.E. Kimambo. 1995. Prediction of voluntary dry-matter intake, digestible dry-matter intake and growth rate of cattle from degradation characteristics. *J. Anim. Sci.*, 60: 65-74.
- Soares, J.P.G., A.K.D. Salman, T.T. Berchielli, L.J.M. Aroeira e R.S. Verneque. 2001. Predição do consumo voluntário do capim tanzânia (*Panicum maximum*, J. cv. Tanzânia) sob pastejo por vacas em lactação, a partir das características de degradação. *Rev. Bras. Zootec.*, 30: 2176-2182. Suplemento.
- Tessema, Z. and R.M.T. Baars. 2004. Chemical composition, *in vitro* dry matter digestibility and ruminal degradation of Napier grass (*Pennisetum purpureum* (L.) Schumach.) mixed with different levels of *Sesbania sesban* (L.) Merr. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 117: 29-41.
- Thiago, L.C.L.S. 1994. Fatores que afetam o consumo de forrageiras In: Simpósio Brasileiro de

SOARES, BERCHIELLI, SALMAN, DERESZ, OLIVEIRA E VERNEQUE

- Forrageiras e Pastagens, 1994, Campinas. Anais... Colégio Brasileiro de Nutrição Animal. Campinas, p. 79-88.
- Tomich, T.R., L.G.R. Pereira, R. Guimarães Jr. e L.C. Gonçalves. 2006. Adaptação de uma técnica *in vitro* para descrição da cinética de degradação ruminal da matéria seca de volumosos. Comunicado Técnico 57. Embrapa. Corumbá. Pantanal. 4 p.
- Van Soest, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2^a ed. Cornell University. Ithaca. 476 p.
- VonKeyserlingk, M.A.G. and G.W. Mathison. 1989. Use of the *in situ* technique and passage rate constants in predicting voluntary intake and apparent digestibility of forages by steers. *Can. J. Anim. Sci.*, 69: 973-987.