

# DEGRADABILIDADE *IN SITU* DAS RAÇÕES DE VACAS DA RAÇA HOLANDÊS EM LACTAÇÃO COM SUBSTITUIÇÃO DO MILHO POR POLPA CÍTRICA

PAULO CESAR MOREIRA,<sup>1</sup> RONALDO BRAGA REIS,<sup>2</sup> ROBERTO DE CAMARGO WASCHECK,<sup>3</sup>  
PEDRO LEONARDO DE PAULA REZENDE,<sup>3</sup> ALBERTO CORREA MENDONÇA<sup>1</sup> E LUCAS FAVORETTO RASSI<sup>4</sup>

1. Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Goiás

2. Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais

3. Departamento de Zootecnia da Universidade Católica de Goiás . E-mail: peleonardo@hotmail.com

4. Mestrando em Ecologia e Produção Sustentável da Universidade Católica de Goiás

## RESUMO

Avaliou-se a substituição do milho grão triturado pela polpa cítrica no concentrado de rações de vacas leiteiras (100% milho grão triturado, 50% milho grão triturado e 50% polpa cítrica e 100% polpa cítrica). Utilizaram-se nove animais em lactação, em delineamento na forma de quadrado latino 3 x 3, avaliando-se a degradabilidade ruminal *in situ* das rações e a taxa de passagem da fase líquida. A inclusão de polpa cítrica resultou em elevação da taxa de degradação da matéria seca, da fração solúvel da matéria seca e do tempo de colonização pelos microrganismos ru-

minais, porém não alterou a degradabilidade potencial da matéria seca dos concentrados. A inclusão de polpa cítrica aumentou a degradabilidade efetiva da matéria seca do volumoso, e esta apresentou valores decrescentes em todos os concentrados para as taxas de passagem 2, 5 e 8%/h, respectivamente. A degradabilidade potencial da matéria seca do volumoso foi de 82,16% e a taxa de degradação, de 1,33%/h. As inclusões de polpa cítrica nas rações, em proporções crescentes, alteram os parâmetros de degradação ruminal dos concentrados.

PALAVRAS-CHAVES: Amido, pectina, subproduto.

## ABSTRACT

### *IN SITU* DEGRADABILITY OF THE FOODS OF HOLSTEIN DAIRY COWS IN MILK WITH SUBSTITUTION OF THE CORN BY CITRUS PULP

The substitution of the ground corn grain by the citrus pulp in the concentrate of diets of dairy cows pans (100% ground corn grain, 50% ground corn grain and 50% citrus pulp, and 100% citrus pulp) was evaluated. Nine lactating dairy cows Holstein were used in a Latin square 3 x 3, was evaluated the *in situ* degradation of the diets and the passage rate of the liquid phase. The inclusion of citric pulp resulted in elevation of the tax of degradation of the matter dries, of the soluble fraction of the matter it dries and of the time of colonization for the microorganisms you ruminant, however

it didn't alter the potential degradability of the matter dries of the concentrate. The inclusion of citric pulp increased the effective degradability of the matter dries of the bulky, and this presented decreasing values in all the concentrate for the taxes of passage 2, 5 and 8%/h, respectively. The potential degradation of DM of the roughage was 82.16%, and the rate degradation was 1.33%/h. The inclusion of citric pulp in the diets, in growing proportions, they alter the parameters of degradation *in situ* of the concentrate

KEY WORDS: By-product, pectin, starch.

## INTRODUÇÃO

A produção brasileira de leite cresceu em patamares históricos nos últimos anos – produtividade de 54,53% entre 1996 e 2006. Na exportação, a expectativa é a de que chegue a US\$ 80 milhões, sinalizando, pela primeira vez, um superávit. Contudo, esses números são ainda muito tímidos, diante do grande potencial do país na área. Dono do terceiro maior rebanho mundial de vacas leiteiras e detentor de um parque industrial moderno, além de contar com produtores altamente capacitados, o Brasil tem um vasto horizonte a sua frente. Só nos últimos quatro anos, as vendas externas cresceram 350%.

Apesar de acumular um PIB de R\$ 35 bilhões e ser o maior gerador de empregos do país (cerca de um milhão de postos de trabalho), o leite não atrai tantos dólares como os demais setores da economia (ANUALPEC, 2007).

O alimento, em uma atividade leiteira, representa em torno de 60% do custo de produção, apresentando um grande impacto sobre a economia do sistema de produção. A polpa cítrica, subproduto da indústria do suco de laranja, é uma fonte alternativa para substituir o milho, por apresentar alto teor de matéria seca, alta capacidade de absorver água, boa palatabilidade, fácil manipulação, disponibilidade e principalmente elevado teor de carboidratos solúveis.

O rúmen é o principal local onde ocorre a digestão dos nutrientes da dieta de ruminantes. Essa digestão só é possível pela presença de uma numerosa população microbiana (VAN SOEST, 1994). Assim, é de suma importância conhecer os valores nutricionais dos alimentos, a fim de minimizar os desperdícios e maximizar os ganhos em produção.

O desaparecimento dos materiais ingeridos pelos ruminantes no processo alimentar começa com a degradação ruminal. A fermentação promovida pela microbiota no retículo-rúmen leva à produção de ácidos graxos voláteis, de cadeia curta ou ramificada, o que depende da matéria-prima fermentada (McDONALD, 1981).

A qualidade do alimento pode ser referenciada pela digestibilidade dos seus constituintes

nutricionais. A análise laboratorial para avaliação *in vivo* de alimentos destinados a animais é sempre preferível, para manter preservadas as condições e respostas do animal (MEHREZ & ØRSKOV, 1977). Dentre as técnicas utilizadas para exploração das características dos alimentos nos compartimentos digestórios dos ruminantes, a manutenção dos sacos de náilon no rúmen pode, sem dúvida, oferecer um leque maior de opções quanto à avaliação dos processos de degradação. Segundo ØRSKOV et al. (1980), essa técnica é ferramenta poderosa para se quantificar a degradação relativa dos alimentos. Além disso, pode ser utilizada para melhorar a compreensão dos processos fermentativos.

Para VALADARES FILHO & SILVA (1990), a técnica *in situ* é a mais utilizada para a determinação da degradabilidade da matéria seca e proteína dos alimentos, em função da praticidade, rapidez e baixo custo. NOCEK (1997) afirma que a técnica *in situ* mantém a habilidade de padronizar as variações associadas com a condução laboratorial.

SILVEIRA et al. (2002), em estudos de fermentação e degradabilidade ruminal de bovinos alimentados com resíduos de mandioca e de cana-de-açúcar ensilados com polpa cítrica, verificaram que a silagem de raspa de mandioca associada à polpa cítrica apresentou maior degradação efetiva da MS e da FDN, em comparação com os demais produtos associados à polpa cítrica.

Objetivou-se com este estudo avaliar a degradabilidade ruminal e a taxa de passagem da fase líquida das rações de vacas holandesas em lactação com substituição parcial ou total do milho pela polpa cítrica na porção concentrada.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Departamento de Zootecnia da Universidade Católica de Goiás (UCG), localizado em Goiânia, no período de 29 de julho a 31 de outubro de 2004. Utilizaram-se nove vacas da raça Holandês, pluríparas, entre 56 e 104 dias de lactação e produção média diária de 20 kg de leite por animal, no início do experimento, dentre elas, três canuladas no rúmen.

Os animais foram mantidos confinados em baias tipo *tie stall*, com cocho para alimentação e bebedouro individualizados. O delineamento experimental utilizado foi em quadrado latino 3 x 3, sendo três animais, três dietas e três períodos experimentais. A duração dos períodos experimentais foi de vinte e um dias, sendo quatorze dias de adaptação e sete de coleta.

O estudo da degradabilidade *in situ* foi desenvolvido para os alimentos volumosos (silagem de sorgo e silagem do resíduo de milho verde) e concentrados. Todos os animais receberam silagem de sorgo e silagem de resíduo da indústria de milho como alimento volumoso, com suplementação de concentrados, suplementação mineral e água *ad libitum*, conforme recomendações do NRC (2001).

As rações eram isonitrogenadas e consistiram da substituição do milho triturado pela polpa cítrica seca: a) volumoso mais concentrado à base de milho (MG); b) volumoso mais concentrado à base de milho e de polpa cítrica, em proporções iguais (MP); c) volumoso mais concentrado à base de polpa cítrica (PC). Os animais foram mineralizados de acordo com o NRC (2001), mediante formulações da Tortuga; Fosbovi 20® (mineral 1) Bovigold® (mineral 2) (Tabela 1). As rações eram fornecidas duas vezes ao dia, às 8 e 18 horas, em quantidades suficientes para se obter 10% de sobras.

Moeram-se amostras dos alimentos pré-secos em peneira de 1 mm, para os alimentos concentrados, e 5 mm, para volumosos. Utilizaram-se sacos de náilon de 7 x 14 cm, com poros de até 50 µm. Primeiramente, esses sacos foram mantidos vazios em estufa de ventilação forçada a 65 °C por 24 horas, sendo em seguida resfriados em dessecador e pesados para utilização posterior.

Em cada saco foram colocadas 7,5 g de MS de amostra (20 mg MS/cm<sup>2</sup>) e incubados no rúmen, ao mesmo tempo, sendo retirados nos tempos 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 horas, para os concentrados, e 0, 6, 12, 24, 48, 72, 96 horas para a forragem. Não se incubou o tempo zero, sendo empregado para determinação nutricional dos alimentos.

Utilizaram-se três vacas canuladas no rúmen, previamente adaptadas às rações. Para cada

tempo de incubação, foram introduzidas amostras em triplicata dos concentrados, e mais dois sacos vazios, considerados como “branco”.

**TABELA 1.** Composição dos ingredientes e nutrientes das rações experimentais

Ingredientes (%MS)	MG	MP	PC
Silagem de sorgo	31,7	32,0	31,7
Resíduo de milho verde	20,9	20,6	20,9
Milho triturado	22,54	11,33	-
Polpa cítrica	-	11,28	21,33
Farelo de soja	22,54	22,61	24,14
Mineral 1	-	0,56	0,56
Mineral 2	0,61	-	-
Bicarbonato de sódio	0,56	0,56	0,56
Sal comum	0,32	0,28	0,28
Calcário calcítico	0,33	-	-
Constituintes (% da MS)			
MS (%)	33,38	33,15	34,88
PB	16,7	16,9	16,8
EE	2,30	2,34	2,20
FDN	36	35	35
FDA	26	26	26
CNF	43,39	44,29	44,53
Ca	1,27	1,27	1,21
P	0,34	0,27	0,26

MG = milho grão triturado (100%); MP = milho grão triturado (50%) + polpa cítrica (50%); PC = polpa cítrica (100%). MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro FDA = fibra em detergente ácido; Ca = cálcio; P = fósforo; EE = extrato etéreo; CNF = carboidratos não fibrosos (estimado por diferença).

Após o período proposto de incubação, os sacos foram retirados do rúmen, congelados e posteriormente lavados em água corrente por dez minutos, e, em seguida, lavados mecanicamente em máquina, sendo depois secos em estufa ventilada a 60 °C por 72 horas.

Avaliou-se a degradabilidade ruminal potencial e efetiva da matéria seca e matéria orgânica baseando-se no cálculo das diferenças entre as quantidades das frações na amostra incubada e seus resíduos, após cada tempo de incubação e a taxa de passagem.

Os parâmetros de digestibilidade ruminal *in situ* foram estimados pelo processo iterativo do algoritmo Marquardt, com auxílio do procedimento para modelos não lineares (PROC NLIN) do programa SAS (1985) para cada um dos alimentos estudados, a partir da utilização conjunta dos dados de todas as repetições disponíveis (animais), obtendo-se, portanto, valores médios para caracterizar as referidas condições estudadas.

Os dados das degradações parciais foram ajustados, segundo a equação proposta por MEHREZ & ØRSKOV (1977) e modificada por SAMPAIO (1988), mediante a expressão  $DP(t) = A - B \cdot \exp^{-c \cdot t}$  para  $t > L$ , em que “A” (%) corresponde à fração potencialmente degradável; “B” (%) à fração potencialmente degradável sob ação da microbiota, se não houvesse *lag-time* ou tempo de colonização (L, horas); e “c” (%/hora) à taxa constante de degradação da fração potencialmente degradável por ação da microbiota.

Os tempos de colonização foram calculados como proposto por MEHREZ & ØRSKOV (1977). Posteriormente, e quando necessário, os parâmetros da equação (SAMPAIO, 1988) foram novamente estimados sem os dados referentes aos tempos de incubação inferiores ao *lag-time* calculado.

As determinações das degradabilidades efetivas (DE, %) foram feitas de acordo com o modelo proposto por ØRSKOV & McDONALD (1979):  $DE = S + ((B1 \cdot c)/(c + k_1))$ , em que “S” (%) corresponde à fração solúvel mais partículas com tamanho reduzido que atravessam os poros do náilon; “B1” (%) à fração potencialmente degradável por ação da microbiota (A – S); e “ $k_1$ ” às taxas de passagem ruminal de 2; 5; e 8%/hora, estabelecidas segundo recomendações do ARC (1984).

Os parâmetros da cinética da fase líquida no rúmen foram estimados pelo processo iterativo do algoritmo Marquardt, com auxílio do procedimento para modelos não lineares (PROC NLIN) do programa SAS (1985) para cada um dos tratamentos avaliados, a partir da utilização conjunta dos dados das três repetições disponíveis (vacas). Obtiveram-se, portanto, valores médios para caracterizar as referidas condições estudadas.

Para ajuste aos dados das concentrações de cobalto nas amostras de líquido ruminal, adotou-se o modelo exponencial unicompartmental relatado por COLUCCI (1990), assim expresso:  $Y = A \cdot e^{-k \cdot t}$ , em que “Y” e “A” (ppm) referem-se às concentrações do indicador nos tempos “t” e zero, respectivamente; e k (%/hora) corresponde à taxa constante de diluição ou taxa de passagem da fase líquida no rúmen.

O volume de fluido ruminal (V, litros) foi estimado a partir da relação entre a quantidade de cobalto administrada (mg) e o valor de “A” (concentração do indicador estimada no modelo). O tempo de reciclagem (TR, hora) foi calculado como a recíproca da taxa de passagem da fase líquida no rúmen (“k”).

Calculou-se a taxa de reciclagem (TXR, nº de vezes por 24 horas) como  $24/TR$ . A taxa de fluxo (TXF, litros/hora) foi calculada como o produto do volume de fluido ruminal (V) pela taxa de passagem da fase líquida no rúmen (k).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros de degradação ruminal da matéria seca dos três alimentos concentrados utilizados no experimento estão expressos nas Tabelas 2 e 3.

**TABELA 2.** Parâmetros de degradação ruminal da matéria seca (% MS) dos concentrados (MG, MP e PC) incubados no rúmen

Parâmetros	MG	MP	PC
DP (%)	73,02	73,31	73,17
b(%)	44,10	42,28	44,35
kd (%/h)	6,35	6,66	9,76
B1 (%)	45,18	39,68	37,76
S (%)	27,85	33,63	35,41
<i>lag time</i>	-23 min	58 min	1 h e 39 min
R <sup>2</sup>	0,9786	0,9573	0,9721

MG = 100% milho grão triturado; MP = 50% de milho grão triturado + 50% polpa cítrica; PC = 100% polpa cítrica. DP – degradabilidade potencial; b – fração degradável que ficou no interior da bolsa. Sem significado biológico; kd – taxa de degradação; B1 – obtido pela subtração de DP – S; S – material solúvel no tempo zero ou pequeno o suficiente para passar pelos poros da bolsa de incubação.

**TABELA 3.** Degradabilidade efetiva da matéria seca (% MS) dos concentrados incubados no rúmen

Concentrados	DE da MS		
	2 (%/hora)	5 (%/hora)	8 (%/hora)
MG	62,20	53,12	47,84
MP	64,14	56,29	51,65
PC	66,74	60,37	56,15

MG = 100% milho grão triturado; MP = 50% milho grão triturado + 50% polpa cítrica; PC = 100% polpa cítrica.

Observa-se que a taxa de degradação do concentrado à base de polpa cítrica (PC) foi superior à do concentrado contendo milho grão e polpa cítrica em proporções iguais (MP). A taxa de degradação do concentrado à base de milho grão (MG) mostrou-se semelhante à do concentrado contendo milho grão e polpa cítrica em proporções iguais (MP).

A fração de material solúvel no tempo zero apresentou números superiores para a PC em relação ao MP. Este apresentou valores superiores ao concentrado à base de milho triturado, provavelmente em razão da condição de prontamente fermentável da polpa cítrica ou da moagem da polpa desidratada. Esses resultados reforçam os resultados de FRANZOLIN NETO et al. (2000), que trabalharam com substituição do milho grão triturado pela polpa cítrica em níveis crescentes, e ZEOULA et al. (1999), em estudo de alimentos isolados.

O tempo de colonização foi menor no concentrado à base de milho triturado (MG) do que no concentrado à base de milho triturado mais polpa cítrica (MP). O tempo de colonização no concen-

trado à base de milho triturado mais polpa cítrica (MP) apresentou-se maior do que no concentrado à base de polpa cítrica (PC).

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 3, verifica-se que a degradabilidade potencial dos alimentos apresenta valores muito próximos, com ligeiro aumento para o concentrado que associa milho grão triturado e polpa cítrica em partes iguais. Os resultados endossam trabalho de FRANZOLIN NETO et al. (2000), que encontraram interação entre o milho e a polpa cítrica modificando as condições ruminiais.

Os resultados sugerem que a inclusão de polpa cítrica promove aumento da degradabilidade ruminal. Reforçam ainda efeitos associativos entre carboidratos prontamente fermentáveis e aqueles degradáveis mais lentamente, conforme estudos de VIK-MO & LINDBERG (1985).

A participação da polpa cítrica como substituto do milho, em teores crescentes, aumentou a degradabilidade efetiva do concentrado nas taxas de passagem observadas (2, 5 e 8%/h), o que está de acordo com os relatos de MERTENS & LOFTEN (1980) e HUNTINGTON & GIVENS (1995).

A ração com PC apresentou degradabilidade efetiva mais alta para uma taxa de passagem estimada de 2%/hora, seguida pela ração MG e MP. Os resultados obtidos não acompanham os resultados do experimento *in vivo* (Tabela 4), em que a digestibilidade da dieta PC foi mais alta, seguida pela MG e MP, respectivamente.

Os parâmetros de degradação ruminal dos nutrientes presentes no alimento volumoso estão expressos na Tabela 4.

**TABELA 4.** Degradabilidade potencial *in situ* da matéria seca (% MS), proteína bruta (% PB), fibra em detergente neutro (% FDN), fibra em detergente ácido (% FDA), extrato etéreo (% EE) e matéria mineral (% MM) do volumoso

Parâmetros	MS	PB	FDA	EE	MM
DP (%)	82,16	101,38	43,31	88,46	78,32
b (%)	47,84	38,87	65,65	35,02	30,61
kd (%/h)	1,33	0,46	0,41	2,55	1,63
B1 (%)	52,54	44,98	18,60	43,50	46,40
S (%)	29,62	56,40	24,71	44,96	31,93
lag time	- 7 h	- 32 h	- 10 h e 42 min	- 8 h e 31 min	- 25 h e 32 min
R <sup>2</sup>	0,8136	0,8191	0,6645	0,8803	0,6408

DP – degradabilidade potencial; b – fração degradável que ficou no interior da bolsa. Sem significado biológico; kd – taxa de degradação; B1 – obtido pela subtração de DP – S; S – material solúvel no tempo zero ou pequeno o suficiente para passar pelos poros da bolsa de incubação.

A Tabela 5 mostra os resultados obtidos para as degradabilidades efetivas dos nutrientes do volumoso para as taxas de passagem estimadas de 2, 5 e 8 %/hora.

**TABELA 5.** Degradabilidade efetiva da matéria seca (% MS), proteína bruta (% PB), da fibra em detergente neutro (% FDN), fibra em detergente ácido (% FDA), extrato etéreo (% EE) e matéria mineral (% MM) do volumoso

Constituintes	Degradabilidade efetiva		
	2 (%/hora)	5 (%/hora)	8 (%/hora)
MS%	50,56	40,62	37,08
PB%	64,76	60,16	58,83
FDA%	36,40	29,92	28,06

Os resultados obtidos para a cinética da fase líquida da digesta estão expressos na Tabela 6. A taxa de passagem da fase líquida dos concentrados foi maior para MP, seguida por PC e MG. O *pool* da fase líquida ruminal foi igual para MP e MG, e maior que PC. Pode-se inferir uma taxa de passa-

gem da fase sólida equivalente a 4,24; 4,65 e 4,33 h<sup>-1</sup>, para MG, MP e PC respectivamente. Apesar disso, no estudo *in vivo*, verificou-se a média de digestibilidade da MO mais alta para o tratamento PC seguido do MG e MP, respectivamente.

A ração com PC apresentou degradabilidade efetiva mais alta para uma taxa de passagem estimada de 2%/hora, seguida pela dieta MG e MP. A taxa de degradação do tratamento com polpa cítrica foi 45% maior que do tratamento com milho grão triturado e 32% maior que do tratamento milho grão triturado e polpa cítrica.

É importante ressaltar que o tamanho das partículas não interferiu no resultado final. De acordo com PAZIANI (2001), os diferentes graus de moagem de milho desintegrado com palha e sabugo adotados no trabalho (3/8, 9/16 e 3/4 polegadas) não diferiram em relação ao pH e à concentração de amônia no fluido ruminal, assim como à digestibilidade e degradabilidade dos nutrientes das rações. Portanto, pode-se adotar um grau de moagem mais grosseiro, o que permitirá economia de energia no seu processamento.

**TABELA 6.** Cinética da passagem da fase líquida das dietas com adição de polpa cítrica em substituição ao milho grão triturado

Concentrados	k (%/h)	A (ppm)	V (L)	TR (h)	TXR (n/24h)	TXF (L/h)	R <sup>2</sup>
MG	8,49	30,83	16,2	11,78	2,04	1,38	0,91
MP	9,30	30,65	16,3	10,75	2,23	1,52	0,91
PC	8,66	38,04	13,1	11,55	2,08	1,14	0,92

MG = 100% milho grão triturado; MP = 50% milho grão triturado + 50% polpa cítrica; PC = 100% polpa cítrica. k = taxa de passagem; A = concentração do indicador; V = volume de fluido ruminal; TR = tempo de reciclagem; TXR = taxa de reciclagem; TXF = taxa de fluxo; volume total de água ruminal = *pool* de água ruminal.

## CONCLUSÕES

A inclusão de polpa cítrica nas rações, em proporções crescentes, alterou os parâmetros de degradação ruminal dos concentrados e pode substituir integralmente o milho quando associada à silagem de sorgo mais silagem de resíduo de milho verde na proporção 60:40.

A taxa de degradabilidade efetiva do concentrado com polpa cítrica apresentou-se maior do que a do concentrado com milho e polpa, que, por

sua vez, foi maior que o concentrado com milho grão moído.

## REFERÊNCIAS

- ANUALPEC. **Anuário estatístico agropecuário**. São Paulo: FNP, 2007.
- ARC. AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. **The nutrient requirements of ruminant livestock**. London: CAB, 1984. 45 p. (Supplement n. 1).

- COLUCCI, P.E. Digesta kinetics in sheep and cattle fed diets with different forage to concentrate ratios at high and low intakes. **Journal Dairy Science**, v. 73, n. 8, p. 2143-2156, 1990.
- FRANZOLIN NETO, R.; FRANZOLIN, M.H.T.; GOMIDE, C.A.; SCHALCH, E.; SILVA, J.R. Efeitos de dietas com polpa cítrica em substituição ao milho em grãos no concentrado sobre a degradabilidade e a fauna ruminal em bubalinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 6, p. 2109-2118, 2000 (Suplemento 1).
- HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.I. The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feeds: A review of the procedure. **Nutrients Abstract and Reviews**, v. 65, n. 2, p. 63-93, 1995.
- McDONALD, I. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. **Journal of Agricultural Science**, v. 96, n. 2, p. 251-252, 1981.
- MEHREZ, A.Z.; ØRSKOV, E.R. A study of the artificial fiber bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. **Journal of Agricultural Science**, v. 88, n. 6, p. 645-650, 1977.
- MERTENS, D.R.; LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics *in vitro*. **Journal Animal Science**, v. 71, n. 8, p.1437-1446, 1980.
- NOCEK, J.E. Bovine acidosis: implications on laminitis. **Journal Dairy Science**, v. 53, n. 80, p. 520-528, 1997.
- NRC. **Nutrient requirement of dairy cattle**. 7<sup>th</sup> ed. Washington: National Academy Press, 2001.
- ØRSKOV, E.R.; HOVELL, F.D.; MOULD, F. The use of the nylon bag technique for evaluation of feedstuffs. **Tropical Animal Production**, v. 5, p.195-21, 1980.
- ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v. 92, n.7, p. 499-503, 1979.
- PAZIANI, S. F.; BERCHIELLI, T. T.; ANDRADE, P. Digestibilidade e degradabilidade de rações à base de milho desintegrado com palha e sabugo em diferentes graus de moagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 5, p.1630-1638, 2001.
- SAMPAIO, I.B.M. **Experimental designs and modeling techniques in the study of roughage degradation in rumen and growth of ruminant**. 1988. 228 f. Thesis (Philosophy Doctor) – University of Reading, Reading, Scotland.
- SAS Institute Inc. **SAS® User's Guide**. Statistics, Version 5 Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc., 1985. 956 p.
- SILVEIRA, R.N.; BERCHIELLI, T.T.; FREITAS, D.; SALMAN, A.K.D.; ANDRADE, P.; PIRES, A.V.; FERNANDES, J.J.R. Fermentação e degradabilidade ruminal em bovinos alimentados com resíduos de mandioca e cana-de-açúcar ensilados com polpa cítrica peletizada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 793-801, 2002.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2<sup>nd</sup> ed. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.
- MARTINS, L.C.T. **Bovinos: volumosos suplementares**. São Paulo: Nobel, 1997. 143 p.
- VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. Degradabilidade *in situ* da matéria seca e proteína bruta de vários alimentos em vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.6, n.19, p.512-522, 1990.
- VIK-MO, L.; LINDBERG, J.E. In sacco degradability of protein (N) and dry matter in snipes of individual feeds or combinations; tested with diets medium or high in protein. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v. 35, n. 5, p.117-128, 1985.
- ZEOULA, L.M.; MARTINS, A. S.; ALCALDE, C. R.; BRANCO, A. F.; PRADO, I.N.; SANTOS, G.T. Solubilidade e degradabilidade ruminal do amido de diferentes alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 5, p. 898-905, 1999.

---

Protocolado em: 15 fev. 2007. Aceito em: 12 fev. 2009.