

Degradabilidade no rúmen bovino de grãos de milho processados de diferentes formas

Roberta Passini⁽¹⁾, Laura Maria Oliveira Borgatti⁽²⁾, Fernanda Altieri Ferreira⁽¹⁾
e Paulo Henrique Mazza Rodrigues⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade de São Paulo (USP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ), Dep. de Nutrição e Produção Animal, Caixa Postal 23, CEP 13630-970 Pirassununga, SP. E-mail: rpassini@usp.br, faltieri@usp.br, pmazza@usp.br ⁽²⁾USP, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Laboratório de Nutrição Animal, Caixa Postal 96, CEP 13400-970 Piracicaba, SP. E-mail: uaiborgatti@yahoo.com

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de formas de processamento de milho na degradabilidade da matéria seca, amido e proteína em rúmen de bovinos. Foram utilizadas 12 fêmeas bovinas mestiças, não gestantes e não lactantes, portadoras de cânulas ruminais e com peso médio de 647 kg. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos: quebra (1,6 mm), moagem fina (0,8 mm) e floculação (8,25 mm; 270 g/L) dos grãos de milho, com 4 repetições por tratamento. Os sacos de náilon contendo milho nos diferentes processamentos foram incubados nos animais durante 0, 1,5, 3, 6, 12, 24 e 48 horas. Foi observado aumento na degradabilidade efetiva da matéria seca e do amido do milho pela floculação, em relação à moagem fina e à quebra. Contudo, a degradabilidade efetiva da proteína do milho foi diminuída pela floculação, em relação à moagem fina.

Termos para indexação: *Zea mays*, digestão ruminal, ruminantes.

Degradability of differently processed corn grain in bovine rumen

Abstract – The objective of this paper was to evaluate the effect of different forms of processing corn on ruminal degradability of dry matter, starch and crude protein. Twelve non-lactant and non-pregnant castrated cows (647 kg) were used. Experimental design was completely randomized with three treatments: cracked (1.6 mm), grinding (0.8 mm) and steam-flaked (8.25 mm; 270 g/L) corn, with 4 experimental units/treatment. Bags containing corn in different processing forms were incubated in animals for 0, 1.5, 3, 6, 12, 24 and 48 hours. An improvement on effective dry matter and starch degradability by the steam-flaked compared to grinding and cracked corn was observed. However, a decrease in crude protein degradability for steam-flaked compared to grinding corn was also observed.

Index terms: *Zea mays*, ruminal digestion, ruminants.

Introdução

Os grãos são componentes predominantes nas dietas de bovinos, e o amido representa 60–80% desse grão (Kotarski et al., 1992; McCleary et al., 1994). O grau de processamento e a espécie do grão influenciam o sítio e a extensão da sua digestão pelos ruminantes (Owens et al., 1986).

O processamento do milho aumenta a utilização do amido, *in vitro*, *in situ* e *in vivo* em virtude da melhora da fermentação ruminal e da digestão intestinal (Theurer, 1986). A floculação do milho causa gelatinização do amido, por meio da ruptura das pontes de hidrogênio intermoleculares, e aumenta a superfície do grão sujeita ao ataque microbiano, resultando em maior digestão ruminal do amido (Rooney & Pflugfelder, 1986).

O tratamento pelo calor desnatura a proteína pela alteração na sua estrutura tridimensional, e, quando aplicado excessivamente, ocasiona a formação de reações de Maillard, ou seja, ligações entre proteínas e carboidratos resistentes à protease (Cheftel et al., 1976).

Além do processamento, o tamanho de partícula influencia os padrões de fermentação ruminal, produção microbiana e eficiência da utilização do amido e outros nutrientes no rúmen. Entretanto, segundo Cone et al. (1989), o impacto da floculação sobre a degradabilidade do amido é maior do que os efeitos da moagem dos grãos.

Teixeira et al. (1996), estudando a degradabilidade *in situ* do milho moído e quebrado, concluíram que a degradabilidade efetiva da matéria seca e a taxa de de-

gradação foram superiores na forma moída, numa taxa de passagem de 5% por hora. Sindt et al. (1993) estudaram dietas à base de milho quebrado ou sorgo finamente moído para novilhos e observaram que a taxa de desaparecimento do amido e a extensão da digestão às 12 e 18 horas foi maior no sorgo finamente moído do que no milho quebrado ($P < 0,01$).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes formas de processamento de grãos de milho na degradabilidade da matéria seca, amido e proteína em rúmen de bovinos.

Material e Métodos

Um estábulo, consistindo de baias com cochos individuais e bebedouros automáticos comuns a cada dois animais, foi usado como instalação experimental. Foram utilizadas 12 fêmeas bovinas mestiças holandês x zebu, não lactantes e não gestantes, possuindo em média 647 kg de peso vivo e portadoras de cânulas ruminais.

A ração, fornecida às 8 e 16 horas, foi composta por cana picada, uréia e grãos de milho processado em três diferentes formas compondo os tratamentos, na proporção de 70% de concentrado. Foram coletadas amostras diárias da dieta durante o período experimental para análises bromatológicas, as quais foram realizadas pelo Laboratório de Bromatologia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, segundo Association of Official Analytical Chemists (1985). A composição química dos ingredientes usados para compor as dietas consta da Tabela 1. A porcentagem dos ingredientes nas diferentes dietas assim como sua composição química são apresentadas na Tabela 2.

Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos correspondendo às formas de processamento do milho: moagem grossa (1,6 mm de tamanho médio ponderado de partícula); moagem fina (0,8 mm) e floculação (8,25 mm e densidade 270 g/L).

A moagem grossa do milho foi obtida em moinho de martelo sem peneira, o que promoveu a quebra do grão em 3 a 4 partes. A moagem fina consistiu na moagem comum em peneira de 0,2 mm, originando o fubá de milho. O milho floculado, proveniente da Fábrica Ração Total, foi obtido pelo método de floculação a vapor, com uma temperatura máxima de secagem de 46,7°C em queimador a gás, originando um produto final com 260 a 280 g/L.

O ensaio de degradabilidade *in situ* foi realizado segundo Mehres & Ørskov (1977). Utilizaram-se sacos de náilon, com porosidade de 50 micras, medindo 10,0x19,0 cm que abrigaram cerca de 10 g das amostras dos alimentos, previamente secadas em estufa a 65°C por 72 horas e processadas conforme descrito anteriormente. Os sacos foram pesados em balança analítica de precisão e, após serem amarrados, foram armazenados em câmara fria até o momento do uso. Os sacos foram incubados nos animais durante 0, 1,5, 3, 6, 12, 24 e 48 horas.

Retirados do rúmen, os sacos foram lavados em água corrente até o líquido de lavagem fluir incolor, sendo levados à estufa sob 65°C por 72 horas, para posterior pesagem e análise bromatológica. A degradabilidade em tempo zero foi tomada mergulhando-se os sacos em recipiente contendo água à temperatura de 39°C durante 15 minutos (Cummins et al., 1983). Os dados de degradabilidade foram ajustados pelo modelo de Ørskov & McDonald (1979). A degradabilidade potencial (Dp) e a degradabilidade efetiva (De) foram calculadas pela

Tabela 1. Composição química (%) dos ingredientes usados para compor as dietas de vacas mestiças, com base na matéria seca.

Composição	Cana-de-açúcar	Milho quebrado	Milho moído fino	Milho floculado
Matéria seca total	97,52	90,03	88,91	88,26
Proteína bruta	2,83	10,17	9,46	9,13
Extrato etéreo	0,66	4,97	4,63	2,67
Fibra bruta	27,89	1,44	1,04	1,19
Fibra em detergente neutro	55,60	12,68	11,43	13,08
Fibra em detergente ácido	37,26	7,26	5,87	8,58
Lignina	6,18	1,59	1,20	1,13
Amido	-	65,75	65,16	67,18
Matéria mineral	2,39	1,36	1,43	0,20
Cálcio	0,09	0,02	0,05	0,02
Fósforo	0,04	0,32	0,30	0,17

fórmula de Ørskov et al. (1980). O amido foi analisado pelo método de Rossi Júnior & Pereira (1995), procedendo-se a extração prévia dos carboidratos solúveis, segundo Hendrix (1993).

Os dados foram analisados pelo programa Statistical Analysis System (SAS Institute, 1985), sendo verificada a normalidade dos resíduos e a homogeneidade das variâncias. Os dados que não atenderam a estas premissas foram submetidos à transformação logarítmica [$\text{Log}(x+1)$] ou pela raiz quadrada [$(x+0,5)^{0,5}$]. Os dados originais ou transformados, quando este procedimento foi necessário, foram submetidos à análise de variância pelo procedimento General Linear Models (PROC GLM) e as médias comparadas pelo teste de Tukey. Adotou-se um nível de significância de 5% para os parâmetros analisados.

Resultados e Discussão

Constatou-se maior fração solúvel em relação à floculação, seguida da moagem fina e da quebra dos grãos de milho (Tabela 3). Contudo, Lykos & Varga (1995), estudando degradação *in situ* da matéria seca (MS) do milho, não encontraram diferença na fração solúvel entre milho floculado e milho moído finamente, observando o menor valor para quebra.

Considerando taxas de passagem de 5% e 8%/hora, a degradabilidade efetiva da matéria seca do milho foi decrescente em relação à floculação, moagem fina e quebra, respectivamente (Tabela 4). Considerando uma

taxa de passagem de 5%/hora, a floculação aumentou a degradabilidade da matéria seca do milho em 19,07% ou 10,21 UP (unidades porcentuais) em relação à moagem fina, e ocasionou um aumento de 54,43% ou 22,47 UP em relação à quebra do grão ($P < 0,01$). Entretanto, para taxa de passagem estimada de 2%/hora não foi observada diferença entre floculação e moagem fina sobre a degradabilidade da matéria seca do milho. Wadhwa et al. (1998), trabalhando com búfalos, observaram uma redução linear na degradabilidade efetiva da MS do milho com o aumento do tamanho de partícula. O aumento da granulometria de 1 mm para 2,5 mm reduziu em 10,4% a degradação da MS, em uma taxa de passagem de 5%/hora. Passini (2001) reportou aumento na degradabilidade efetiva da MS do milho moído finamente (fubá) em 40,2%, em relação ao milho quebrado.

Lee et al. (2002), estudando a digestibilidade *in vitro* da MS do milho, reportaram valores de 90,31, 76,48 e 61,68% em relação aos processamentos de moagem fina (1 mm), quebra (4 mm) e floculação, respectivamente; no estudo *in situ*, os resultados foram semelhantes aos obtidos *in vitro* para os diferentes processamentos.

Lykos & Varga (1995), estudando a digestão ruminal do milho, obtiveram valores de degradação efetiva da MS em relação à floculação de 65,9%, semelhante ao obtido neste trabalho (63,75%). Entretanto, a moagem fina, contrariamente aos resultados observados, apresentou valor semelhante ao da floculação (62,7%), ficando a quebra com 41,5% (taxa de passagem de 5%/hora).

Tabela 2. Porcentagem dos ingredientes e composição química das dietas de vacas mestiças, como porcentagem da matéria seca.

Ingredientes	Milho quebrado	Milho moído fino	Milho floculado
Cana-de-açúcar	31,27	31,29	31,28
Milho quebrado	67,07	-	-
Milho moído fino (fubá)	-	67,06	-
Milho floculado	-	-	67,06
Uréia	0,52	0,52	0,52
Sal branco	0,10	0,10	0,10
Mistura mineral ⁽¹⁾	1,04	1,03	1,04
		Composição química	
Matéria seca	52,50	52,20	52,10
Proteína bruta	11,55	10,99	11,36
Fibra em detergente ácido	16,52	15,59	17,41
Fibra em detergente neutro	25,89	25,06	26,57
Amido	45,32	44,95	46,29
Energia líquida para lactação (Mcal/kg) ⁽²⁾	1,52	1,61	1,61
Cálcio	0,23	0,25	0,23
Fósforo	0,32	0,31	0,22

⁽¹⁾Níveis de garantia por quilograma do produto: P, 80 g; Ca, 150 g; S, 12 g; Zn, 4.500 mg; Cu, 1.600 mg; Co, 210 mg; Mn, 1.400 mg; I, 180 mg; Se, 27 mg; Ni, 11 mg; F, 1,3 g; Cl, 228 g; Na, 144,40 g. ⁽²⁾Estimada conforme National Research Council (1989).

Em relação ao amido foi observada maior fração solúvel para o milho floculado, seguido da moagem fina e da quebra. A degradabilidade efetiva do amido foi superior no milho floculado em todas as taxas de passagem estimadas. A degradabilidade efetiva do amido foi aumentada pela floculação em 32,47% ou 17,66 UP em relação ao milho moído fino, e 62,51% ou 27,71 UP em relação ao milho quebrado, na taxa de passagem de 5%/hora ($P < 0,01$).

Theurer (1986), revisando estudos sobre a degradação ruminal do amido do milho em diferentes processamentos com ovinos, reportou valores de degradação ruminal de 78% para milho quebrado e 82% para o floculado, ou seja, um aumento de 5,13%, bastante inferior ao encontrado no presente trabalho (62,51%). Theurer et al. (1999), em recente revisão, relataram que a floculação resultou em um aumento na digestão ruminal do amido de 49% em relação ao milho quebrado (52%

Tabela 3. Degradabilidade em rúmen de vacas mestiças, da matéria seca, do amido e da proteína bruta do milho, sob diferentes formas de processamento⁽¹⁾.

Nutriente	Milho quebrado	Milho moído fino	Milho floculado	Média	CV (%)	Probabilidade
Fração solúvel (%)						
Matéria seca	8,05c	13,09b	29,17a	17,10	58,31	0,0001
Amido	9,91b	13,42b	35,06a	19,46	62,71	0,0001
Proteína bruta	11,31b	18,07a	15,67a	15,02	24,70	0,0129
Fração potencialmente degradável (%)						
Matéria seca	94,19a	89,70a	68,70b	83,70	16,21	0,0021
Amido	81,99a	90,97a	66,10b	79,69	14,59	0,0002
Proteína bruta	70,21a	84,36a	55,70a	70,09	25,97	ns
Taxa de degradação (%/h)						
Matéria seca	0,028a	0,043a	0,056a	0,042	48,13	ns
Amido	0,037a	0,044a	0,069a	0,050	48,16	ns
Proteína bruta	0,033a	0,026a	0,043a	0,034	38,95	ns
Degradabilidade efetiva 2% ⁽²⁾						
Matéria seca	62,27b	73,18a	78,06a	70,99	10,82	0,0002
Amido	62,64c	73,89b	84,87a	73,80	14,06	0,0003
Proteína bruta	54,86ab	64,73a	50,72b	56,77	14,85	0,0335
Degradabilidade efetiva 5% ⁽²⁾						
Matéria seca	41,28c	53,54b	63,75a	52,79	20,04	0,0001
Amido	44,33b	54,38b	72,04a	56,92	22,75	0,0002
Proteína bruta	39,13ab	46,25a	38,59b	41,32	12,11	0,0333
Degradabilidade efetiva 8% ⁽²⁾						
Matéria seca	32,02c	43,64b	56,07a	43,93	25,60	0,0001
Amido	35,48b	44,52b	64,64a	48,21	28,08	0,0001
Proteína bruta	31,76b	38,29a	32,78b	34,28	11,69	0,0498
Degradabilidade potencial						
Matéria seca	102,24a	102,79a	97,87a	100,80	6,56	ns
Amido	91,90b	104,40a	101,15ab	99,15	7,03	0,0116
Proteína bruta	81,53b	102,43a	71,37b	85,11	21,69	0,0345

⁽¹⁾Letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ⁽²⁾Degradabilidade efetiva para taxas de passagem iguais a 0,02, 0,05 e 0,08.

Tabela 4. Relação entre a degradabilidade, em rúmen de vacas mestiças, do amido e da proteína do milho, sob diferentes formas de processamento⁽¹⁾.

Degradabilidade ⁽²⁾	Milho quebrado	Milho moído fino	Milho floculado	Média	CV (%)	Probabilidade
DEA/DEP 2%	1,15b	1,14b	1,71a	1,33	24,70	0,0249
DEA/DEP 5%	1,14b	1,17b	1,87a	1,40	27,07	0,0001
DEA/DEP 8%	1,12b	1,16b	1,97a	1,42	29,91	0,0001
DPA/DPP	1,13a	1,02a	1,52a	1,22	26,80	ns

⁽¹⁾Letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ⁽²⁾Relação entre a degradabilidade efetiva do amido (DEA) e da proteína (DEP) para taxas de passagem iguais a 0,02, 0,05 e 0,08, e relação entre a degradabilidade potencial do amido (DPA) e da proteína (DPP).

vs. 35%), aumentando também a digestão pós-ruminal em 52% (93% vs. 61%) e no trato total em 24% (97% vs. 78%).

Lykos & Varga (1995) também obtiveram valores de degradação do amido superiores no milho floculado (75,4%), seguido pelo milho moído fino (64,5%) e pelo milho quebrado (44,6%), observando aumentos na degradabilidade do amido proveniente da floculação de 16,9%, em relação à moagem fina, e de 69,1% em relação à quebra. Segundo Rooney & Pflugfelder (1986), a floculação causa gelatinização do amido (quebra da matriz protéica ao redor dos grânulos de amido e ruptura das pontes de hidrogênio intermoleculares) e aumenta a superfície do grão para o ataque microbiano, resultando em maior digestão ruminal do amido.

Não houve diferença na degradabilidade efetiva do amido entre a moagem fina e a quebra dos grãos de milho nas taxas de passagem de 5% e 8%/hora. Entretanto, com uma taxa de 2%/hora o milho moído fino apresentou maior degradabilidade efetiva do amido em relação ao milho quebrado.

A degradabilidade da fração solúvel da proteína não diferiu entre os processamentos de floculação e moagem fina e a quebra apresentou o menor valor. A degradabilidade efetiva da proteína, em relação às taxas de passagem de 2% e 5%/hora, foi superior no milho moído fino em relação ao floculado, verificando-se valores intermediários na quebra. A floculação reduziu a degradabilidade da proteína em 16,56% ou 7,66 UP em relação ao milho fino, para uma taxa de passagem de 5%/hora. Contudo, na taxa de passagem estimada de 8%/hora, a moagem fina foi superior aos demais processamentos. A floculação aumentou a relação entre a degradabilidade efetiva do amido e a da proteína, diminuindo a sincronia na disponibilização desses nutrientes no rúmen (Figura 1). Segundo Herrera-Saldana

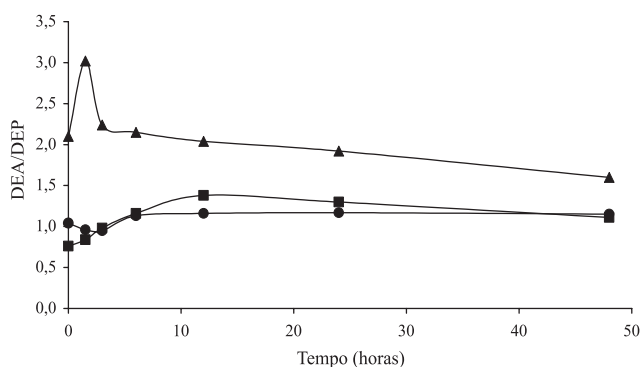


Figura 1. Relação entre a degradabilidade, em rúmen de vacas mestiças, do amido (DEA) e da proteína bruta (DEP) do milho quebrado (●), milho moído fino (■) e milho floculado (▲), ao longo do experimento.

et al. (1990), é de extrema importância o sincronismo de liberação de energia e proteína no interior do rúmen, a fim de maximizar a fermentação ruminal e a produção de proteína microbiana. Segundo Theurer et al. (1999), o uso do milho floculado proporcionou maior fluxo de proteína microbiana para o duodeno, em média 18% maior nas vacas que foram alimentadas com milho floculado, comparadas àquelas alimentadas com milho quebrado. Neste sentido, maior atenção deve ser dada às dietas com milho floculado como principal fonte de energia. Lykos & Varga (1995), em seus estudos *in situ*, reportaram maior solubilidade da fração protéica no milho moído fino (22,3%) do que no floculado (1,7%) e quebrado (7%); a degradabilidade efetiva da proteína foi maior na moagem fina (53,3%), seguida da quebra (31,7%) e da floculação (29,4%).

Conclusão

A floculação do milho melhora a utilização ruminal do amido do grão e diminui a da proteína.

Agradecimentos

Aos funcionários Everson Lázaro e Gilmar Botteon, pelo manejo dos animais; aos técnicos Ari de Castro, Gilson de Godoy e Simi Robassini, pela ajuda nas análises laboratoriais.

Referências

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (Washington, Estados Unidos). **Official methods of analysis**. 13th ed. Washington, 1985. 1141p.
- CHEFTEL, C.; CUQ, J.L.; PROVANSAL, M.; BESANCON, P. Influence of processing on the composition and the nutritive value of protein foods. **Review Forage and Crops Grassland**, v.1, p.7-11, 1976.
- CONE, J.W.; CLINE-THEIL, W.; MALESTEIN, A.; KLOOSTER, A.T. van. Degradation of starch by incubation with rumen fluid: a comparison of different starch sources. **Journal of the Science of Food Agriculture**, v.49, p.173-178, 1989.
- CUMMINS, K.A.; NOCEK, J.E.; POLAN, C.E.; HERBEIN, J.H. Nitrogen degradability and microbial protein synthesis in calves fed diets of varying degradability by the bag technique. **Journal of Dairy Science**, v.66, p.2356-2364, 1983.
- HENDRIX, D.L. Rapid extraction and analysis of nonstructural carbohydrates in plant tissues. **Crop Science**, v.33, p.1306-1311, 1993.
- HERRERA-SALDANA, R.; GOMEZ-ALARCON, R.; TORABI, M.; HUBER, J.T. Influence of synchronizing protein and starch

- degradation in the rumen on nutrient utilization and microbial protein synthesis. **Journal of Dairy Science**, v.73, p.142-148, 1990.
- KOTARSKI, S.F.; WANISKA, R.D.; THURN, K.K. Starch hydrolysis by the ruminal microflora. **Journal of Nutrition**, v.22, p.178-190, 1992.
- LEE, S.Y.; KIM, W.Y.; KO, J.Y.; HA, J.K. Effects of corn processing on in vitro and in situ digestion of corn grain in Holstein steers. **Australian Journal of Animal Science**, v.15, p.851-858, 2002.
- LYKOS, T.; VARGA, G. Effects of processing method on degradation characteristics of protein and carbohydrate sources *in situ*. **Journal of Dairy Science**, v.78, p.1789-1801, 1995.
- MCCLEARY, B.V.; SOLAH, V.; GIBSON, T.S. Quantitative measurement of total starch in cereal flours and products. **Journal of Cereal Science**, v.20, p.51-58, 1994.
- MEHRES, 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, p.645-650, 1977.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutriente requirements of dairy cattle**. 6th ed. Washington: National Academy of Science, 1989. 157p.
- 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, p.499-503, 1979.
- ØRSKOV, E.R.; HOVELL, F.D.D.; MOULD, F. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. **Production Animal Tropics**, v.5, p.213-233, 1980.
- OWENS, F.N.; ZINN, R.A.; KIM, Y.K. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. **Journal of Animal Science**, v.63, p.1634-1648, 1986.
- PASSINI, R. **Processamento de grãos de milho e de sorgo e níveis de proteína sobre a digestibilidade, desempenho e características de carcaça de bovinos superprecoces**. 2001. 54p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- ROONEY, L.W.; PFLUGFELDER, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, v.63, p.1607-1623, 1986.
- ROSSI JÚNIOR, P.; PEREIRA, J.R.A. **Manual prático de avaliação nutricional de alimentos**. Piracicaba: Fealq, 1995. 34p.
- SAS INSTITUTE (Cary, Estados Unidos). **Statistical analysis system**. 5th ed. Cary, 1985. 890p.
- SINDT, M.H.; STOCK, R.A.; KLOPFENSTEIN, T.J.; SHAIN, D.H. Effect of protein source and grain type on finishing calf performance and ruminal metabolism. **Journal of Animal Science**, v.71, p.1047-1056, 1993.
- TEIXEIRA, J.C.; SANTOS, R.M.; OLIVEIRA, A.I.G. Degradabilidade ruminal da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro de rações contendo caroço de algodão e grão de milho, em diferentes formas físicas, em vacas da raça Holandesa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.25, p.814-823, 1996.
- THEURER, C.B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.63, p.1649-1662, 1986.
- THEURER, C.B.; HUBER, J.T.; DELGADO-ELORDUY, A.; WANDERLEY, R. Invited review: summary of steam-flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.1950-1959, 1999.
- WADHWA, M.; DHARAM, P.; KATARIA, P.; BAKSHI, M.P.S. Effect of particle size of corn grains on the release of nutrients and in sacco degradability. **Animal Feed Science Technology**, v.72, p.11-17, 1998.

Recebido em 14 de julho de 2003 e aprovado em 24 de dezembro de 2003