

Digestibilidade de dietas a base de grão úmido de milho ou de sorgo ensilados

Roberta Passini^{1*}, Antonio Carlos Silveira², Paulo Henrique Mazza Rodrigues³, Ari Luiz de Castro³, Evaldo Antonio Lencioni Titto⁴, Mário De Beni Arrigoni² e Ciniro Costa²

¹Médica Veterinária, Rua Major Braga, 793, 13860-000, Agual, São Paulo, Brasil. ²Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, C.P. 560, 18618-000, Botucatu, São Paulo, Brasil. ³Departamento de Nutrição e Produção Animal, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, C.P. 23, 13630-000, Pirassununga, São Paulo, Brasil. ⁴Departamento de Zootecnia, FZEA, Universidade de São Paulo, C.P. 23, 13630-000, Pirassununga, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência.

RESUMO. Digestibilidade *in vivo* de dietas com sorgo úmido substituindo milho úmido foi estudada em 12 fêmeas bovinas. O delineamento, inteiramente casualizado, conteve três tratamentos, sendo a substituição do milho pelo sorgo úmido, nos níveis de 0, 50 e 100%. As dietas continham grão úmido de milho ou sorgo, soja, uréia, feno de aveia (*Avena sativa* sp.), minerais e monensina. Foi avaliada a degradabilidade *in situ* do milho e sorgo nos processamentos de moagem, quebra e ensilagem. Não houve diferença na digestibilidade aparente da proteína bruta, fibra bruta, fibra detergente neutro e extrato etéreo. Houve efeito linear negativo ($P < 0,05$) para digestibilidade aparente do amido com inclusão do sorgo na ração. Houve interação entre processamento e grão sobre degradação efetiva da matéria seca ($P < 0,01$). O milho apresentou maior degradação para ensilagem, pior para quebra e intermediária para moagem ($P < 0,01$). No sorgo, a ensilagem foi semelhante à quebra, sendo inferior à moagem ($P < 0,01$).

Palavras-chave: degradabilidade, digestão, processamento, bovinos, grãos úmidos.

ABSTRACT. Digestibility of high moisture corn or sorghum grain silage in diets.

In vivo digestibility of diets with high moisture sorghum substituting corn was studied in 12 female bovines. Experimental design was completely randomized with three treatments, substituting high moisture corn by sorghum at 0, 50 and 100% levels. Diets contained high moisture corn or sorghum, soybean, urea, oat hay (*Avena sativa* sp.), minerals and monensin. *In situ* degradability of corn and sorghum in cracking, grinding and silage processes was evaluated. There was no difference in apparent digestibility of crude protein, crude fiber, neutral detergent fiber and ethereal extract. Negative lineal effect was observed ($P < 0,05$) for apparent digestibility of starch with sorghum inclusion. Processing interacted with grain when effective degradation of dry matter was concerned ($P < 0,01$). Corn had the highest degradation in high moisture silage; the worst degradation occurred with cracked; an intermediate degradation occurred in grinding ($P < 0,01$). Degradation in silage was similar as that of cracked degradation in sorghum; it was worst in grinding ($P < 0,01$).

Key words: degradability, digestion, processing, bovine, high moisture grain.

Introdução

Os grãos são componentes predominantes nas dietas de ruminantes, sendo o amido o mais importante constituinte dos grãos de cereais, contribuindo com 60-80% dos mesmos (Kotarski *et al.*, 1992; McCleary *et al.*, 1994). O grau de gelatinização do amido e a espécie do grão causam variações sobre o sítio e a extensão da sua digestão pelos ruminantes (Owens *et al.*, 1986; Theurer, 1986; Ørskov, 1986).

Segundo Theurer (1986), o processamento do milho e do sorgo aumenta *in vitro*, *in situ* e *in vivo* o aproveitamento do amido, provavelmente pelo acréscimo da fermentação ruminal. Grãos de alta umidade apresentam maior e mais rápida taxa de digestão *in vitro* e *in vivo*, em comparação com grãos secos (Hibberd *et al.*, 1985; Streeter *et al.*, 1989). Segundo Ladely *et al.* (1995), o grão úmido de milho apresentou uma taxa de digestão do amido *in vitro* 76% mais rápida do que o milho quebrado (9,7 x 5,5%/h); sendo que 90% do amido do milho úmido foi

digerido no rúmen, comparado ao milho seco (Stock et al., 1987^a, 1991).

O aumento da digestão do grão úmido ensilado em comparação ao grão seco tem sido discutido por vários autores. Se, por um lado, o maior conteúdo de umidade dos grãos favorece a fermentação e elevação da temperatura no interior do silo, causando uma gelatinização parcial do amido e aumentando sua digestibilidade ruminal e intestinal, por outro, ocorre a influência da solubilização da matriz protéica ao redor dos grânulos de amido, facilitando o ataque enzimático pelas bactérias ruminais (Galyean et al., 1981; Gill et al., 1982; Costa et al., 1997; Arrigoni et al., 1998).

O maior teor de umidade do grão de milho diminui a ingestão de matéria seca, porém não reduz o ganho de peso, melhorando a eficiência alimentar (Ladely et al., 1995) e o conteúdo de energia metabolizável do grão (Owens et al., 1997). Também a ensilagem de grão úmido de sorgo vem sendo usada nos sistemas de produção, substituindo total ou parcialmente a de milho (Streeter et al., 1989).

Stock et al. (1987^a), estudando combinações no uso de milho úmido e sorgo quebrado na alimentação de novilhos, relataram que a mistura dos grãos aumentou a degradabilidade ruminal da fibra em detergente ácido e diminuiu a do amido, sugerindo uma relação ótima para milho úmido e sorgo laminado de 2:1.

Estudos avaliando o uso de grão úmido de milho e sorgo laminado para cordeiros e novilhos relataram maior ingestão de matéria seca e de amido, quando maior proporção de sorgo laminado foi adicionado à dieta. Contudo, a digestibilidade do amido ruminal e no trato total diminuiu linearmente com a inclusão do sorgo laminado (Mendoza et al., 1998, 1999).

Streeter et al. (1989), estudando combinações de grão úmido de sorgo e milho laminado, relataram que a digestibilidade da matéria orgânica, fibra em detergente ácido e nitrogênio amoniacal no trato digestivo total de bovinos, diminuiu linearmente com a maior proporção de sorgo úmido na dieta. A menor digestão do nitrogênio, com o aumento do sorgo úmido, pode ser devido à menor degradação da proteína do sorgo em relação à do milho no rúmen (Spicer et al., 1986).

A digestibilidade aparente da matéria seca, amido e fibra em detergente ácido foi maior para o milho de alta umidade em relação ao milho seco (Stock et al., 1987^{ab}), sugerindo que o amido presente no milho úmido deve ser mais rapidamente e extensivamente digerido no rúmen (Galyean et al., 1976; Stock et al., 1987^{a, b}). Por outro lado, o amido do sorgo apresenta digestão ruminal mais lenta, e maior proporção de

grãos não digeridos atinge os intestinos (McNeill et al., 1971; Spicer et al., 1986). Contudo, estudos mostram aumento na digestibilidade da proteína no trato digestivo total quando grãos são armazenados com alto teor de umidade, em relação aos grãos secos (Aguirre et al., 1984; Hibberd et al., 1985).

A digestão ruminal é favorecida quando o sorgo de alta umidade contribui com 25% ou 50% da dieta, do que quando está presente em altos níveis (75% ou 100%). Entretanto, a fonte e o nível de forragem também alteram as respostas digestivas (Streeter et al., 1989).

Spicer et al. (1986), estudando a utilização ruminal e pós-ruminal do nitrogênio e amido presente nos grãos de sorgo, milho e cevada, relataram que a degradabilidade ruminal e no trato total do nitrogênio e amido foi menor para dietas contendo sorgo, em relação àquelas com milho e cevada.

Além da espécie do grão, também o processamento e o tamanho de partícula influenciam nos padrões de fermentação ruminal, produção microbiana e eficiência da utilização do amido e outros nutrientes no rúmen. A avaliação da degradabilidade de diferentes formas físicas do milho (moído ou triturado) e do caroço de algodão (moído ou inteiro) concluíram que a degradabilidade efetiva da matéria seca e as taxas de degradação, para ambas as culturas, foi superior nas formas moídas do que para as menos processadas, considerando uma taxa de passagem de 5%/hora (Teixeira et al., 1996).

Sindt et al. (1993) estudaram a digestão do nitrogênio e do amido em novilhos alimentados com dietas a base de milho quebrado ou sorgo finamente moído, não observando diferenças sobre a ingestão de matéria seca e de amido. Contudo, a taxa de desaparecimento do amido e a extensão da digestão as 12 e 18 h foi maior para o sorgo finamente moído do que para o milho quebrado ($P < 0,01$).

Estudo, avaliando a taxa de desaparecimento do amido *in situ* dentro de diferentes processamentos e tamanhos de partícula, mostrou que o desaparecimento do amido, dentro de cada tamanho de partícula, foi maior para grão úmido de milho ensilado do que para o milho seco moído (Galyean et al., 1981).

Neste contexto, o presente estudo teve por objetivo avaliar dietas contendo silagem de grão úmido de sorgo ou de grão úmido de milho, através de um ensaio de digestibilidade *in vivo* da matéria seca das dietas e suas frações, estudando adicionalmente a degradabilidade *in situ* dos grãos de milho e de sorgo processados nas formas de ensilagem do grão úmido (4 a 5 mm), quebra (4 a 5 mm) e moagem fina (0,2 mm).

Material e métodos

Instalações e tratamentos experimentais

Estábulo experimental foi usado como instalação, consistindo de baias, com cochos de cimento individuais e bebedouros automáticos, comuns a cada dois animais. Foram utilizadas 12 fêmeas bovinas mestiças Holandês x Zebu, não lactantes e não gestantes, possuindo em média 584 kg de peso vivo e portadoras de cânulas ruminiais com 10 cm de diâmetro e 7,5 cm de espessura.

As dietas isoprotéicas (11% PB) foram compostas de grão úmido de milho ou de sorgo ensilados, soja extrusada, uréia, feno de aveia (*Avena sativa* sp.), suplemento mineral e monensina sódica, balanceadas segundo o NRC (1996). A Tabela 1 mostra a composição bromatológica dos ingredientes usados para compor as dietas experimentais. Constam da Tabela 2 as porcentagens dos ingredientes e a composição química das dietas experimentais.

Tabela 1. Composição química dos alimentos usados para compor as rações experimentais, em porcentagem, com base na matéria seca

Alimentos	MS	PB	EE	FB	FDN	MM
Feno de aveia	89,35	9,98	2,07	35,81	69,59	8,33
Silagem de milho úmido	72,52	8,73	4,11	2,83	9,77	1,66
Silagem de sorgo úmido	77,65	8,05	2,93	2,38	9,42	1,66
Milho triturado	88,50	9,70	4,62	2,95	9,55	2,10
Concentrado	90,52	16,49	5,93	2,65	15,51	5,23

Matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN) e matéria mineral (MM)

Tabela 2. Porcentagem dos ingredientes e composição química das dietas experimentais, com base na matéria seca

Ingredientes	Dietas experimentais		
	S0:100M	S50:50M	S100:0M
Feno de aveia (<i>Avena sativa</i> sp.)	21,5	21,5	21,5
Silagem de milho úmido	49,6	24,8	---
Silagem de sorgo úmido	---	24,8	49,6
Soja extrusada	5,2	5,2	5,2
Milho triturado	21,5	21,5	21,5
Uréia	0,43	0,43	0,43
Suplemento mineral	1,72	1,72	1,72
Rumensim® ¹	0,03	0,03	0,03
Composição Química (%)			
Matéria seca	81,34	82,61	83,88
Proteína bruta	11,25	11,09	10,92
Fibra bruta	9,86	9,75	9,64
Fibra em detergente neutro	24,33	24,24	24,15
Extrato etéreo	4,20	3,91	3,61
Matéria mineral	4,12	4,12	4,12
Carboidratos não estruturais	56,10	56,64	57,20
Amido	48,36	49,18	49,99

¹ Rumensim® - produto comercial que contém 10% de monensina sódica por quilo do produto

Os tratamentos, com base na mistura completa, foram:

S0:100M: 0% grão úmido de sorgo ensilado e 100% grão úmido de milho ensilado.

S50:50M: 50% grão úmido de sorgo ensilado e 50% grão úmido de milho ensilado.

S100:0M: 100% grão úmido de sorgo ensilado e 0% grão úmido de milho ensilado.

Para a confecção das silagens de grãos úmidos, os grãos foram colhidos logo após a maturação fisiológica; o milho (Cargil®-333), com um teor de umidade de 28% e o sorgo (Pioneer®-granífero), com uma umidade de 30%. Em seguida, os grãos foram triturados (5 mm) e armazenados em silos do tipo trincheira, por 90 dias. As práticas de carregamento, compactação e vedação do silo foram as mesmas utilizadas para a ensilagem da planta inteira.

A ração foi fornecida em duas refeições (8:00 e 16:00 h) na forma de mistura completa, obedecendo à proporção de 20% volumoso e 80% concentrado, na matéria seca. A quantidade de ração fornecida foi calculada em função do consumo durante o período de adaptação, de forma a existirem 15% de sobras. Foram coletadas amostras diárias da dieta durante o período experimental para posteriores análises bromatológicas, realizadas, segundo a AOAC (1985).

Digestibilidade *in vivo*

O experimento teve duração de 21 dias, sendo os 16 primeiros destinados à adaptação dos animais às dietas experimentais. Entre o 17º e 21º dias foi realizada a coleta de fezes para avaliação da digestibilidade *in vivo* da matéria seca (MS) da dieta e suas frações: proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), extrativo não nitrogenado (ENN), fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN), matéria mineral (MM) e amido, através do marcador óxido crômico (Bateman, 1970).

Os animais receberam o óxido crômico via cânula ruminal, na dosagem de 2 g do marcador por quilo de MS de alimento consumido. As administrações foram realizadas duas vezes ao dia, no momento das refeições, através de envelopes confeccionados em papel absorvente, sendo uma fase de administração do marcador e outra de administração do marcador e coleta de fezes, com duração de 5 dias cada uma. Para comporem uma amostra final, alimentos e fezes foram amostrados duas vezes ao dia, sendo a última realizada diretamente do reto.

A concentração do óxido crômico foi determinada por colorimetria através de sua reação com a s-difenilcarbazida, segundo Graner (1972). A análise de amido nos alimentos, fezes e sobras foi realizada através da metodologia descrita por Rossi Jr. e Pereira (1995), procedendo-se à extração dos carboidratos solúveis, segundo Hendrix (1993).

Degradabilidade *in situ*

Adicionalmente foi realizado um ensaio de degradabilidade *in situ* (Mehres e Ørskov, 1977) dos grãos de milho e sorgo, em três processamentos: quebra (5 mm), moagem fina (0,2 mm) e ensilagem de grão úmido (5 mm). Utilizaram-se sacos de náilon, com porosidade de 50 µm, medindo 10,0 x 19,0 cm, que abrigaram cerca de 5 g das amostras dos alimentos, previamente secas 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 contendo as formas de processamento do milho foram incubados nos animais recebendo a dieta com 100% milho úmido, da mesma forma que os que continham sorgo foram incubados nos animais que recebiam a ração 100% sorgo úmido. Os tempos de incubação usados foram 0h, 1,5h, 3h, 6h, 12h, 24h e 48 horas.

Retirados do rúmen, os sacos foram lavados a mão e em água corrente até o líquido de lavagem ficar incolor, sendo levados à estufa 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). O teor de MS dos alimentos testados foi mensurado segundo AOAC (1985).

Os dados de degradabilidade foram ajustados pelo modelo de Ørskov e McDonald (1979), calculando-se a degradabilidade potencial e a degradabilidade efetiva (Ørskov et al., 1980).

Delineamento e análise estatística

Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado (Gomes, 1985), com três tratamentos correspondendo à substituição da silagem de milho pela de sorgo, para avaliar a digestibilidade das dietas. O ensaio adicional de degradabilidade contou com o mesmo delineamento experimental, porém com arranjo fatorial de tratamentos 2x3, sendo 2 grãos (milho ou sorgo) e 3 processamentos (quebra, moagem fina ou ensilagem).

No estudo da digestibilidade *in vivo*, os resultados foram analisados através do programa Statistical Analysis System (SAS, 1985), sendo verificada a normalidade dos resíduos e a homogeneidade das variâncias. Os dados que não atenderam a estas premissas foram submetidos à transformação ou logarítmica [$\log(X+1)$], ou pela raiz quadrada [$\sqrt{X+1/2}$]. Os dados originais ou transformados, quando necessário, foram submetidos à análise de

variância pelo procedimento General Linear Models (PROC GLM).

Para os dados adicionais referentes à degradabilidade *in situ*, as análises estatísticas separaram, entre as fontes de variação, o efeito da cultura (milho ou sorgo), dos métodos de processamento (quebra, moagem fina ou ensilagem) e a interação entre esses fatores (cultura x processamento). Quando a interação entre os fatores foi significativa, foram testados os efeitos das variáveis separadamente, através do uso de contrastes. Quando estes não foram significativos, utilizou-se a probabilidade dos efeitos principais. Adotou-se um nível de significância de 5% para todos os parâmetros analisados.

Resultados e discussão

Os valores médios e os respectivos coeficientes de variação para os dados de digestibilidade e consumo são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3. Efeitos da substituição da silagem de milho pela de sorgo sobre a digestibilidade da MS da dieta e suas frações (%) e consumos de matéria seca, com os respectivos coeficientes de variação (C.V.) e probabilidades estatísticas

Digest.	Tratamentos			Média	C.V.	Probabilidades	
	S0:100M	S50:50M	S100:0M			Linear	Desvio
DMS	74,08	69,68	68,38	70,71	6,51	0,0896	NS
DPB	65,85	62,94	62,04	63,61	7,19	NS	NS
DFB	63,58	60,97	62,14	62,23	9,54	NS	NS
DENN	78,97	74,39	72,66	75,34	6,82	0,0944	NS
DEE	69,44	54,12	53,13	58,90	23,62	NS	NS
NDT	76,06	70,70	69,42	72,06	6,50	0,0424	NS
DAM	91,42	84,84	81,87	86,04	7,31	0,0290	NS
DFDN	56,73	51,96	54,39	54,36	12,38	NS	NS
CMS	10,02	11,80	11,68	11,16	14,07	NS	NS
CPV	1,71	2,06	2,02	1,93	16,75	NS	NS
CPM	83,91	100,91	98,95	94,59	15,05	NS	NS

DMS = Digestibilidade da matéria seca, DPB = Digestibilidade da proteína bruta, DFB = Digestibilidade da fibra bruta, DENN = Digestibilidade do extrativo não nitrogenado, DEE = Digestibilidade do extrato etéreo, NDT = Nutrientes Digestíveis Totais, DAM = Digestibilidade do amido, DFDN = Digestibilidade da fibra em detergente neutro, CMS = Consumo de matéria seca (kg), CPV = Consumo de matéria seca por quilo de peso vivo (%) e CPM = Consumo de matéria seca por quilo de peso metabólico (g/kg^{0,75}). NS = não significativo

Não foi encontrada diferença ($P>0,05$) para a digestibilidade aparente da proteína bruta, fibra bruta, fibra em detergente neutro e extrato etéreo das dietas estudadas. Houve efeito linear negativo ($P<0,10$) sobre a digestibilidade aparente da matéria seca e extrativo não nitrogenado, na medida em que o sorgo substituiu o milho na dieta, provavelmente pela própria taxa inferior de digestão ruminal e, conseqüentemente intestinal desta espécie de grão.

Foi observado um efeito linear negativo ($P<0,05$) para a digestibilidade aparente total do amido e para nutrientes digestíveis totais (NDT) com a inclusão do sorgo nas dietas. As equações da reta para estes parâmetros foram:

Y= 90,81 – 0,0955 x (r²= 0,42), para o amido;
 Y= 75,38 – 0,0664 x (r²= 0,36), para NDT.

Estes resultados foram semelhantes aos obtidos por Spicer *et al.* (1986) os quais, estudando a utilização ruminal e pós-ruminal do amido dos grãos de sorgo, milho e cevada, observaram uma menor digestibilidade do amido ruminal e no trato total para as dietas contendo sorgo em relação às demais, sugerindo que a diminuição da digestibilidade no trato total parece estar relacionada à extensão da degradação do sorgo no rúmen.

A menor degradação ruminal do sorgo é explicada pela presença da matriz protéica envolvendo o grânulo de amido, a qual dificulta a ação das enzimas microbianas, conforme descrito por McAllister *et al.* (1990) e Kotarski *et al.* (1992); sendo que esta matriz é maior no sorgo do que no milho (Hale, 1973; Spicer *et al.*, 1986), e também pela composição (proporção de amilose:amilopectina), forma física e integridade celular das unidades de amido (processamento dos grãos), segundo Rooney e Pflugfelder (1986).

Os valores médios da taxa de degradação da matéria seca das silagens, seus respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatísticas são mostrados na Tabela 4. As curvas de degradação, segundo Ørskov e McDonald (1979), para as formas de processamento dentro de cada cultura, são mostradas nas Figuras 1 e 2.

Foi observada interação (P<0,01) entre processamento (quebra, moagem fina e ensilagem) e grão (milho ou sorgo) sobre a degradação efetiva da matéria seca para todas as taxas de passagem estimadas (2%, 5% e 8%). Estes resultados confirmam as afirmações de Owens *et al.* (1986), Theurer (1986) e Ørskov (1986), os quais relataram que a fermentação microbiana ruminal, a extensão da digestão e a eficiência da utilização do amido no rúmen estão diretamente relacionadas à espécie do grão e sua forma de processamento.

Para o milho, foi encontrada maior degradação (P<0,01) para a ensilagem (5 mm), sendo a pior observada com a quebra (5 mm), ficando a moagem fina (0,2 mm) com valores intermediários. Para o sorgo, a moagem fina (0,2 mm) apresentou maior degradação (P<0,01) em relação à ensilagem, não sendo observada diferença entre a quebra e a ensilagem sobre a degradabilidade da matéria seca.

Tabela 4. Efeitos de cultura (milho ou sorgo) e tipo de processamento (moagem ou ensilagem) sobre a degradabilidade ruminal “in situ” da MS dos ingredientes, coeficientes de variação (CV) e probabilidades estatísticas

Tratamentos		Parâmetros			Taxa de Passagem			
Cultura	Proces.	a	b	c	2%	5%	8%	Dp
Interações								
Milho	Grosso	5,00	95,13	0,040	68,34	47,29	36,77	100,14
	Fino	19,88	76,42	0,078	80,57	66,31	57,50	96,30
	Silagem	50,80	42,78	0,133	87,87	81,72	77,34	93,58
Sorgo	Grosso	14,98	83,07	0,032	66,13	47,51	38,84	98,05
	Fino	14,99	84,84	0,037	69,90	50,97	41,76	99,83
	Silagem	15,89	80,81	0,028	62,35	44,38	36,45	96,71
Efeitos Principais								
Milho		25,23	71,44	0,084	78,92	65,11	57,20	96,68
Sorgo		15,29	82,91	0,032	66,13	47,62	39,02	98,20
Grosso		9,99	89,10	0,036	67,23	47,40	37,80	99,09
	Fino	17,44	80,63	0,058	75,23	58,64	49,63	98,07
Silagem		33,35	61,80	0,080	75,11	63,05	56,90	95,15
Dados Médios								
Médias		20,26	77,18	0,058	72,53	56,36	48,11	97,44
C.V.		72,83	21,92	68,34	12,62	24,46	31,83	3,45
Probabilidades Estatísticas								
Culturas		0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	NS
Processamentos		0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0270
Interação		0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	NS

¹ a, b e c referem-se aos parâmetros de ØRSKOV e McDONALD (1979). De = degradabilidade efetiva para taxas de passagem iguais a 0,02; 0,05 e 0,08 e Dp = degradabilidade potencial, NS = não significativo

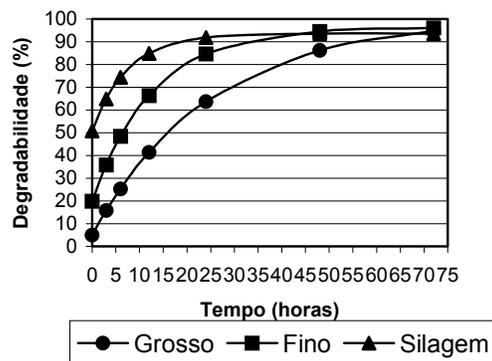


Figura 1. Curvas de degradação da MS para diferentes formas de processamento do milho

Os resultados obtidos com o milho são condizentes com os encontrados por Gill *et al.* (1982); Ladely *et al.* (1995); Costa *et al.* (1997) e Arrigoni *et al.* (1997). Estes autores afirmam que grãos de milho submetidos à ensilagem com alto teor de umidade (28%) apresentam aumento na taxa e na velocidade da sua degradação ruminal. Também Hibberd *et al.* (1985) e Streeter *et al.* (1989) observaram que grãos úmidos de milho apresentam maior digestibilidade *in vitro* e *in vivo*, em comparação com os grãos secos.

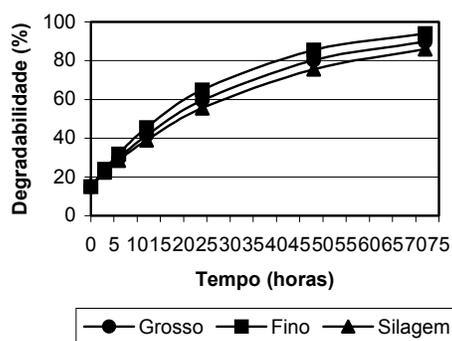


Figura 2. Curvas de degradação da MS para diferentes formas de processamento do sorgo

Em concordância com os resultados obtidos para os métodos de processamento, Teixeira *et al.* (1996), avaliando a degradabilidade de diferentes formas físicas do milho, concluíram que a degradação efetiva da MS para o milho moído (2 mm) foi maior do que para o milho triturado (6mm), considerando uma taxa de passagem de 5%/hora.

Por outro lado, Sindt *et al.* (1993) obtiveram resultados contrários aos mencionados. Os autores encontraram mais rápida e extensa taxa de digestão ruminal *in situ* do amido para o sorgo finamente moído, comparado com o milho quebrado. Entretanto, Spicer *et al.* (1986) e Streeter *et al.* (1989) reportaram melhor digestibilidade ruminal do amido para o milho do que para o sorgo, ambos laminados. Os resultados conflitantes podem ser explicados pela granulometria utilizada nos estudos. Sabe-se que o tamanho de partícula afeta o desaparecimento ruminal do amido, ocorrendo aumento na taxa de digestão do amido e matéria seca com a diminuição do tamanho das partículas (Galvyan *et al.*, 1981; Beauchemin *et al.*, 1994). Desta forma, no estudo de Sindt *et al.* (1993), o tamanho de partícula do sorgo (1mm) foi menor do que a do milho (3mm), aumentando sua taxa de digestão.

No presente estudo, a moagem fina do milho aumentou ($P < 0,01$) sua degradabilidade efetiva em 40,2% ou 19,02 unidades percentuais (UP), enquanto que a ensilagem aumentou em 72,8% ou 34,43 UP, em relação à quebra para uma taxa de passagem estimada de 5%/h. Porém, para o sorgo a moagem fina resultou numa melhora ($P < 0,01$) de sua degradabilidade efetiva de 14,8% (6,59 UP) em relação à ensilagem e 7,3% (3,46 UP) em relação à quebra.

Os resultados obtidos com o sorgo não revelaram melhora no aproveitamento ruminal do grão úmido ensilado (5 mm), fato que pode ser explicado pelas

propriedades particulares deste tipo de grão, bem como pela granulometria inferior resultante da moagem fina (0,2 mm), garantindo para este processamento os melhores valores de degradação ruminal; porém, não explica a inferioridade da ensilagem do grão úmido em relação à quebra (5 mm). Entretanto, também Mendoza *et al.* (1999), trabalhando com diferentes proporções de milho de alta umidade e sorgo laminado na dieta, observaram que a degradabilidade ruminal e no trato total do amido diminuiu linearmente ($P < 0,05$) com o aumento das quantidades de sorgo laminado na dieta. Porém, em trabalho semelhante, Mendoza *et al.* (1998) observaram aumento linear ($P < 0,05$) na degradabilidade *in situ* do amido do sorgo laminado quando este estava presente na dieta, provavelmente pela maior quantidade de amido oriundo deste grão no rúmen.

Foi observada interação ($P < 0,01$) entre processamento e cultura sobre as taxas de degradação, sendo que para o milho a maior taxa observada foi para a ensilagem (13%/h) e a pior para o milho grosso (4%/h), sendo encontrado um valor intermediário para a moagem fina (8%/h). Entretanto, para o sorgo não houve diferença estatística para as taxas de degradação dentro dos diferentes tipos de processamento estudados.

Tais observações estão de acordo com Galvyan *et al.* (1976) e Stock *et al.* (1987a, b) que sugeriram que o amido presente no milho úmido é mais rapidamente e extensivamente digerido em nível ruminal, com apenas uma pequena quantidade passando para o intestino delgado, como demonstram os valores superiores das taxas de degradação encontradas neste estudo para a ensilagem de grão úmido de milho. Por outro lado, os resultados encontrados para o sorgo são condizentes com os observados por Mc Neill *et al.* (1971) e Spicer *et al.* (1986), que relataram que grãos de sorgo são digeridos mais lentamente no rúmen e uma maior proporção de grãos não digeridos atingem o intestino, em comparação ao milho. Também Stock *et al.* (1987a) em seus estudos afirmam que aproximadamente todo o amido presente no milho com alta umidade foi digerido no rúmen, enquanto que somente metade do amido do sorgo foi digerido neste local de digestão.

Não foi observada interação entre as formas de processamento e tipo de cultura sobre a degradabilidade potencial da MS, porém houve efeito ($P < 0,05$) de processamento. A moagem fina apresentou valores de degradabilidade potencial superiores aos apresentados pela ensilagem, independentemente do tipo de grão ensilado. Sindt

et al. (1993), estudando a digestão do amido em novilhos recebendo dietas a base de milho quebrado ou sorgo finamente moído, observaram que a taxa de desaparecimento do amido e a extensão da digestão às 12 e 18 horas foram maiores ($P < 0,01$) para o sorgo finamente moído do que para o milho quebrado, confirmando a importância da granulometria sobre a degradação potencial dos alimentos no rúmen.

Desta forma, pode-se concluir que a substituição do grão úmido de milho pelo de sorgo ensilado, nas proporções de 50% e 100%, diminui linearmente a digestibilidade aparente do amido das dietas no trato digestivo total. A conservação do milho através de ensilagem do grão úmido é superior às formas de quebra e moagem, causando melhora na degradação da matéria seca do alimento, porém a ensilagem do grão úmido de sorgo é equivalente à quebra, sendo inferior à moagem fina, devido à menor degradação da matéria seca do alimento nesta forma de processamento.

Referências

- AGUIRRE, E.D. et al. Effects of moisture level of fermented corn and corn grain processing on digestion in beef animals fed high concentrate diets. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.59 (suplem.1), p.443, 1984.
- A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists. *Official methods of analysis*. 13.ed. Washington: AOAC, 1985.
- ARRIGONI, M.D.B. et al. Estudos dos efeitos da restrição alimentar no desempenho de bovinos jovens confinados. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.33, n.6, p.987-992, 1998.
- BATEMAN, J. *Nutricion animal - manual de métodos analíticos*. México: Herrero Hermanos, p.405-449, 1970.
- BEAUCHEMIN, K.A. et al. Effects of mastication on digestion of whole cereal grains by cattle. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.72, p.236-246, 1994.
- COSTA, C. et al. Silagem de grãos úmidos de milho. *Revista dos Criadores*, n.804, p.34-5, 1997.
- CUMMINS, K.A. et al. Nitrogen degradability and microbial protein synthesis in calves fed diets of varying degradability by the bag technique. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.66, n.11, p.2356-2364, 1983.
- GALYEAN, M.L. et al. Site and extent of starch digestion in steers fed processed corn rations. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.43, p.1088, 1976.
- GALYEAN, M.L. et al. Dry matter and starch disappearance of corn and sorghum as influenced particle size and processing. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.64, p.1804, 1981.
- GILL, D.R. et al. Corn moisture and processing for finishing steers. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.55 (suplem.1), p.423, 1982.
- GOMES, P.F. *A estatística moderna na pesquisa agropecuária*. Piracicaba: Potafós, 1985.
- GRANER, C.A.F. *Determinação do crômio pelo método colorimétrico da s-difenilcarbazida*. 1972. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1972.
- HALE, W.H. Influence of processing on the utilization of grain (starch) by ruminants. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.37, p.1075-80, 1973.
- HENDRIX, D.L. Rapid extraction and analysis of nonstructural carbohydrates in plant tissues. *Crop Sci.*, Madison, v.33, p.1306-1311, 1993.
- HIBBERD, C.A. et al. Effect of sorghum grain variety and reconstitution on site and extent of starch and protein digestion in steers. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.61, p.702, 1985.
- KOTARSKI, S.F. et al. Starch hydrolysis by the ruminal microflora. *J. Nutr.*, Bethesda, v.22, n.1, p.178-190, 1992.
- LADELY, S.R. et al. Effect of corn hybrid and grain processing method on rate of starch disappearance and performance of finishing cattle. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.73, p.360-364, 1995.
- McALLISTER, T.M. et al. Effect of ruminal microbial colonization on cereal grain digestion. *Can. J. Anim.*, Ottawa, v.70, p.571-579, 1990.
- McCLEARY, B.V. et al. Quantitative measurement of total starch in cereal flours and products. *J. Cereal Sci.*, London, v.20, n.1, p.51-58, 1994.
- McNEILL, J.W. et al. Ruminal and post-ruminal carbohydrate utilization in steers fed processed sorghum grain. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.33, p.1371, 1971.
- MEHRES, A.Z.; ØRSKOV, E.R. A study of the artificial fiber bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agric. Sci.*, Cambridge, v.88, p.645-650, 1977.
- MENDOZA, G.D. et al. Ruminal fermentation and in situ starch digestion with high moisture corn, dry rolled grain sorghum or a mixture of these grains. *Anim. Feed Sci. Tech.*, Amsterdam, v.74, p.329-335, 1998.
- MENDOZA, G.D. et al. Effect of feeding mixtures of high moisture corn and dry-rolled grain sorghum on ruminal fermentation and starch digestion. *Small Ruminant Res.*, Amsterdam, v.32, p.113-118, 1999.
- NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*, Washington, National Academy Press, 1996.
- ØRSKOV, E.R. Starch digestion and utilization in ruminants. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.63, n.5, p.1624-33, 1986.
- ØRSKOV, E.R. et al. Uso de la tecnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. *Prod. Anim. Trop.*, v.5, n.3, p.213-233, 1980.
- ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.*, Cambridge, v.92, p.499-503, 1979.
- OWENS, F.N. et al. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.63, p.1634-48, 1986.

- OWENS, F.N. *et al.* The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. *J. Anim. Sci.*, v.75, p.868-79, 1997.
- ROONEY, L.W.; PFLUGFELDER, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.63, p.1607-23, 1986.
- ROSSI Jr., P.; PEREIRA, J.R.A. *Manual prático de avaliação nutricional de alimentos*. FEALQ, Piracicaba, 1995.
- SAS Institute, *Statistical Analysis System*. 5.ed. Cary, NC: SAS Institute, 1985.
- SINDT, M.H. *et al.* Effect of protein source and grain type on finishing calf performance and ruminal metabolism. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.71, p.1047-1056, 1993.
- SPICER, L.A. *et al.* Ruminal and post-ruminal utilization of nitrogen and starch from sorghum grain-, corn- and barley-based diets by beef steers. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.62, p.521, 1986.
- STOCK, R.A. *et al.* Feeding combinations of high moisture corn and dry-rolled grain sorghum to finishing steers. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.65, p.290-302, 1987a.
- STOCK, R.A. *et al.* Feeding combinations of high moisture corn and dry corn to finishing cattle. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.65, p.282-9, 1987b.
- STOCK, R.A. *et al.* High-moisture corn utilization in finishing cattle. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.69, p.1645-56, 1991.
- STREETER, M.N. *et al.* Combinations of high-moisture harvested sorghum grain and dry-rolled corn: effects on site and extent of digestion in beef heifers. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.67, p.1623-33, 1989.
- TEIXEIRA, J.C. *et al.* 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. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, Viçosa, v.25, n.4, p.814-823, 1996.
- THEURER, C.B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.63, p.1649-62, 1986.

Received on May 14, 2001.

Accepted on July 12, 2001.