

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

DIGESTÃO RUMINAL DA MATÉRIA SECA, DA PROTEÍNA BRUTA E
DO AMIDO DE GRÃOS DE MILHO E DE SORGO (COM E SEM
TANINO) SUBMETIDOS A PROCESSAMENTO

MÁRCIA MARISE DE FREITAS CAÇÃO RODRIGUES

Tese apresentada ao programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, Área de Concentração:
Nutrição e Produção Animal, como parte das
exigências para a obtenção do título de doutor.

BOTUCATU - SP

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

DIGESTÃO RUMINAL DA MATÉRIA SECA, DA PROTEÍNA BRUTA E DO AMIDO
DE GRÃOS DE MILHO E DE SORGO (COM E SEM TANINO) SUBMETIDOS A
PROCESSAMENTO

MÁRCIA MARISE DE FREITAS CAÇÃO RODRIGUES

Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. CINIRO COSTA

Tese apresentada ao programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, Área de Concentração:
Nutrição e Produção Animal, como parte das
exigências para a obtenção do título de doutor.

BOTUCATU - SP
Julho - 2003

“Quero celebrar os benefícios do Senhor e seus gloriosos feitos, por tudo que fez em nosso favor,

e por sua grande bondade, com a qual nos cumulou na sua ternura e na riqueza de seu amor.

... E tornou-se nosso salvador em todas as nossas aflições.

Não era um mensageiro nem um anjo, mas sua própria Face que nos salvava.

No seu amor e na sua ternura ele mesmo nos salvava do perigo.

Durante o passado sustentou-nos e amparou-nos constantemente...”

(De I saías 63, 7-9)

Á Deus ofereço

DEDICATÓRIA

Ao meu marido Paulo Roberto Rodrigues por sua dedicação, amor, pela compreensão das ausências e apoio...

Ao Bruno meu filho, o precioso presente de Deus, que mesmo muito pequeno entendeu e aceitou...

Aos meus pais Roberto Carlos Cação e Maria Augusta de Freitas Cação, pelo carinho, e principalmente por dividirem comigo alegrias e preocupações...

Aos meus sogros Ângelo e Geni Rodrigues pelo incentivo e colaboração.

Às minhas irmãs Cláudia e sua família (Neto, Duda e quem mais chegar), Lúcia, Sílvia e Roberta por existirem de forma tão decisiva na minha vida...

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Ao Prof. Dr. Ciniro Costa, que com muita sabedoria, paciência e amizade me orientou.

A Profa. Dra. Jane Maria Bertocco Ezequiel, que prontamente cedeu conhecimentos, instalações, equipamentos e amizade, para a realização do ensaio de degradabilidade.

À minha prima Ângela Maria de Souza Marques, pela ajuda incansável, pelo companheirismo e sobretudo por sua amizade.

À amiga Rosemary Lais Galati pelo auxílio na condução do experimento, pelas sugestões, correções, e principalmente pelo apoio tão fundamental.

À Vanderléia Aparecida Fonseca, da ESAPP, pela inestimável ajuda e pela amizade.

AGRADECIMENTOS

Á Profa. Dra. Dorinha Vitti, do CENA-USP-Piracicaba, pelas análises de tanino.

Ao Prof. Atushi Sogohara do Dep. de Zootecnia da FCAVJ pela orientação na extrusão e cessão do equipamento e aos funcionários Sr. Osvaldo e Fernando pela ajuda na extrusão dos grãos, Ana Paula e Sr. Orlando do Laboratório de Nutrição da UNESP de Jaboticabal, pela ajuda nas análises bromatológicas.

Ao Prof. Marco Biaggione, do Dep. de Engenharia Rural da FCA – UNESP, Campus de Botucatu e Profa. Marney Cereda do CERAT pela colaboração.

Aos Professores Henrique N. de Oliveira, Antonio Carlos Silveira, Celso Pezzato, Edvaldo Luiz Pezzato, Mário DeBeni Arrigoni, José Roberto Sartori, Margarida Maria Barros de Lima e Edson Ramos de Siqueira pelos muitos ensinamentos...

Aos funcionários Regina, Renato e Dirce do Laboratório de Nutrição da UNESP de Botucatu e José Sidnei do Depto de Melhoramento e Nutrição Animal da FMVZ da UNESP de Botucatu, pela apoio na condução do experimento.

Ao José Valmir Feitosa pela orientação estatísticas, Evandro Muniz, Ana Rosália Mendes, e à Nívea, pela colaboração nas análises de amido.

Á amiga Viviane Martha com quem sempre se pode contar e aprender e á minha prima Maria da Graça pela amizade e apoio.

Ao funcionário Dejair Buzzoli da Unidade Animal de Estudos Digestivos e Metabólicos da UNESP Campus de Jaboticabal, pelo auxílio na condução do experimento de degradabilidade.

Às secretárias da pós-graduação Carmem e Seila, pela colaboração.

Ao Sr. Mário Munhoz da Fazenda de Pesquisa e Produção da Faculdade de Agronomia de Botucatu pela colaboração na produção dos grãos.

Aos colegas da Pós-graduação de Botucatu: Vicente Paulo, Sirlei, Renata, Sandra, Ana Beatriz, Edson e Alfredo.

Á MONSANTO pela cessão das sementes e auxílio financeiro.

Á Fundação Gammon de Ensino, pela colaboração.

Aos meus colegas da ESAPP Profas. Juliana Poletine, Rita Bazzo Ferreira, Mary Estevão, Maria Lízia Queiroz Pinto, Lucila Nascimento e Profs. Paulo Fernandes, Emílio Hermann e Gilmar Montório, ás funcionárias, Adriana Fúrio, Fátima Navarro, Regina Patriarca e Lúcia pelos anos de convivência e amizade.

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1.....	01
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	02
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13
CAPÍTULO 2. DIGESTÃO RUMINAL DA MATÉRIA SECA DE GRÃOS DE MILHO E DE SORGO (COM E SEM TANINO) SUBMETIDOS A PROCESSAMENTO.....	19
Resumo.....	20
Abstract.....	21
Introdução.....	22
Material e métodos.....	23
Resultados e discussão.....	25
Conclusões.....	29
Referências bibliográficas.....	30
CAPÍTULO 3. DIGESTÃO RUMINAL DA PROTEÍNA BRUTA E DO AMIDO DE GRÃOS DE MILHO E DE SORGO (COM E SEM TANINO) SUBMETIDOS A PROCESSAMENTO.....	39
Resumo.....	40
Abstract.....	41
Introdução.....	42
Material e métodos.....	44
Resultados e discussão.....	46
Conclusões.....	49
Referências bibliográficas.....	50
CAPÍTULO 4. IMPLICAÇÕES.....	61

Capítulo 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Com o avanço das técnicas de melhoramento genético, a produção animal tem alcançado níveis cada vez mais elevados. Para a máxima expressão do potencial produtivo animal e aumento da eficiência de utilização dos alimentos, principalmente os concentrados é importante, de forma que não só a produção seja garantida, mas também se obtenha viabilidade econômica para grandes e pequenos produtores.

Esta eficiência depende de diversos fatores como espécie animal, espécie vegetal, fração do alimento a ser utilizada, do processamento e presença de fatores antinutricionais.

Os efeitos da espécie vegetal tem sido discutidos há muitos anos devido às variações nos custos. OWENS *et al.* (1997) verificaram que a ingestão de matéria seca foi maior para bovinos alimentados com dietas baseadas em sorgo e milho do que dietas com trigo. No entanto, a eficiência de ganho foi menor para o sorgo e a aveia do que cevada e trigo. Segundo estes autores, o ganho de peso diário (kg/dia) não foi significativamente diferente entre cevada, milho, sorgo, aveia e trigo, mas tendeu a ser menor nas dietas contendo altas quantidades de sorgo (1,39) e trigo (1,38) e maior para aveia (2,5), milho (1,43) e cevada (1,42). A ingestão de matéria seca (kg/dia) foi maior para sorgo (9,43) e aveia (9,15) do que com milho (8,93), cevada (8,77) e trigo (8,65).

A digestibilidade ruminal da matéria orgânica (MO) de dietas com sorgo em grãos e milho foram mais baixas do que com dietas com cevada (43; 48 e 62% respectivamente). A digestibilidade da MO no trato digestivo total não foi significativamente diferente para os vários grãos, mas tendeu a ser maior para milho (SPICER *et al.*, 1986). Normalmente, o milho apresenta digestibilidade de matéria orgânica ligeiramente maior que sorgo (STREETER *et al.*, 1990b), provavelmente devido às características do amido e a sua interação com a proteína.

O amido existe em grânulos altamente organizados nos quais moléculas de amilose e amilopectina são unidas por pontes de hidrogênio (ROONEY & PFLUGFELDER, 1986). A maioria dos amidos contém de 20 a 30% de amilose e o restante é amilopectina, em cadeias lineares de glicose com ligações α 1,4 e α 1,6 ramificadas (FRENCH, 1973; MANNERS, 1985)

Segundo ROONEY & PFLUGFELDER (1986) cada espécie vegetal possui grânulos de tamanho, forma e propriedades características, insolúveis em água fria e absorvem água até limites em que são reversíveis. Estes grânulos são pseudocristais com áreas organizadas (cristalinas) e relativamente não organizadas (amorfa). A área cristalina é composta principalmente de amilopectina. É resistente à penetração da água e ao ataque de enzimas. A região amorfa, chamada de fase de gel, é rica em amilose, menos densa, com maior facilidade de entrada de água e é por onde se inicia o ataque enzimático.

Variedades de milho e sorgo cerosos podem conter menos que 1% de amilose (MANNERS, 1985), desta maneira o estudo de sua estrutura e as relações com a disponibilidade do amido para os animais são importantes para garantir o desempenho animal.

STREETER *et al.* (1990a) analisando a composição química do milho e de quatro híbridos de sorgo encontraram diferenças significativas no teor de proteína e de amido entre milho e três dos híbridos de sorgo. Ao avaliar a distribuição do tamanho das partículas de sorgo, verificaram que esta indica maior conteúdo de endosperma farináceo, alto em amido e baixo em proteína e digestibilidade das frações diferentes nos diversos segmentos do trato digestivo.

Analisando dez híbridos de sorgo, BELLO *et al.* (1990) encontraram variações na textura do endosperma, quantidade de pericarpo e quantidade de sólidos, produzindo diferenças na textura e solubilidade do grão moído ou triturado. Estas características podem auxiliar na predição da qualidade do sorgo, uma vez que o pericarpo pode competir com o amido na hidratação, diminuindo a solubilização deste.

O amido é inicialmente cristalizado por modificações no estado físico das cadeias, sendo tão insolúveis em água que é impossível dissolvê-lo sem o uso de agentes químicos como o hidróxido de sódio. Dependendo do tamanho da cadeia (mais de 500 unidades de glicose), a amilose pode ser dissolvida somente em água quente (MANNERS, 1985).

Através de microscopia pode-se reconhecer a origem de um amido e distinguir se as áreas cristalinas são do padrão A (cereais), do padrão B (raízes e tubérculos), ou do tipo C (leguminosas) mesmo que ainda não seja possível determinar com exatidão as diferenças entre os grânulos de amido quanto aos tipos de cristalinidade. No entanto sabe-se que quanto mais baixas a temperatura e a umidade maior a probabilidade de cristalização do tipo B (HIZUKURI, citado por MANNERS, 1985).

1. Processamento de grãos de cereais para alimentação animal

Diferenças sutis na estrutura dos grânulos de amido afetam a digestibilidade e seu conhecimento pode indicar o processamento correto dos grãos para melhor eficiência de utilização (ROONEY & PFLUGFELDER, 1986).

Segundo OWENS *et al.* (1997), o processamento tem como objetivo aumentar a disponibilidade do amido e conseqüentemente da energia para o animal, melhorando aspectos de manejo e performance animal. O processamento aumenta o acesso aos grânulos de amido pela redução do tamanho de partícula ou agindo no endosperma para solubilizar ou desnaturar a proteína gelatinizada que solidifica estes grânulos (OWENS *et al.*, 1986).

A maior parte dos estudos animais tem sido conduzidos com grãos de sorgo e milho e o processamento parece melhorar a utilização desses dois grãos mais do que cevada ou trigo (HALE, 1973). THEURER (1986), revisando trabalhos de diversos autores (WALDO, 1973; SOWE, 1982; THEURER, 1984), relatou que a digestibilidade no trato digestivo total e no rúmen varia com o tipo de grão e com a fração analisada, proteína ou amido. Pesquisas mostram diferenças entre os diversos grãos quanto a digestibilidade do amido e da proteína, os efeitos do processamento e resultados no desempenho animal (ORSKOV, 1986; OWENS *et al.*, 1986; THEURER, 1986; STREETER *et al.*, 1990a; OWENS *et al.*, 1997).

A espécie, o tipo de grão e o método de processamento afetam o local e a extensão da digestão do amido nos ruminantes, sendo que valores entre 18 a 42% do amido da dieta de grãos de sorgo e milho entram para o intestino delgado e deste 47 a 88% pode ser digerido. Outros fatores como o tempo e a superfície de exposição podem limitar esta digestão. Desta forma, processos que reduzem o tamanho da partícula ou alteram a matriz protéica que cimentam os grânulos de amido, aumentam a extensão da digestão no rúmen e intestino delgado (OWENS *et al.*, 1997).

É certo que durante o processamento a matriz protéica do endosperma é rompida, permitindo o acesso mais fácil das enzimas ao grânulo de amido. Estudos histológicos com grãos reconstituídos apresentam desorganização da matriz protéica ao redor dos grânulos (HALE, 1973).

Segundo RUSSEL *et al.* (1988), o tratamento de grãos úmidos de sorgo com uréia causaram fissuras e rompimento na organização da camada que recobre o grão, deixando os grânulos menos cristalinos, aumentando a sua digestão no rúmen e não reduziram sua aceitação pelos animais.

Agentes mecânicos como moagem, trituração, laminação a seco, agentes térmicos como calor na extrusão e floculação e agentes químicos como ácidos ou álcalis podem induzir a gelatinização do amido, tornando-o mais digestível que o natural (ROONEY & PFLUGFELDER, 1986).

FRENCH (1973), revisando várias pesquisas (LATHE & RUTHVEN, 1956; KAINUMAS & FRENCH, 1972; DRONZEK *et al.*, 1972), descreve a gelatinização do amido, que é a entrada de água nas regiões de gel provocando inchamento reversível e deixando as regiões cristalinas inalteradas. Em temperaturas elevadas, as regiões cristalinas são dissolvidas; com hidrólise a frio a parte amorfa é lixiviada e deixa uma fase cristalina como resíduo insolúvel. Fissuras ocasionadas na fase de gel permitem a entrada de enzimas, como a amilase, que se espalha lateralmente corroendo a fase cristalina e produzindo erosões.

A estrutura do amido e o modelo de comportamento da mesma durante a gelatinização pode ser explicada através de estudos com raios-X, viscografia e análise calorimétrica diferencial (DSC), em diversos países do mundo, como Alemanha, Estados Unidos, Brasil, Inglaterra, China, Japão, Austrália e Índia; e em diferentes espécies como milho, sorgo, trigo, cevada, arroz, mandioca, até mesmo pinhão (AZEMI & WOOTTON, 1985; RING, 1985; CEREDA & WOSIACKI, 1985; WHITE *et al.*, 1990; GUDMUNDSSON & ELIASSON, 1991; KIM & WALKER, 1972; LII & LEE, 1993; CAMPBELL *et al.*, 1994; NG *et al.*, 1997; KAYAKAWA *et al.*, 1997). Apesar de muitos estudos (FRENCH, 1973; CAGAMPANG & KIRLEIS, 1985; ROONEY & PFLUGFELDER, 1986; e XIONG *et al.*, 1990), o comportamento de solubilidade de amido ainda não está suficiente esclarecido.

Os processos considerados mais extensivos, que modificam mais as partículas de alimentos, podem reduzir a ingestão de matéria seca devido ao aumento na fermentação, com conseqüente aumento na produção de ácidos graxos voláteis no rúmen e dos riscos de acidoses subclínicas, podendo também diminuir o ganho de peso (FULTON *et al.*, citados por OWENS *et al.*, 1997; MADER *et al.*, 1983).

Segundo OWENS *et al.* (1986) o aumento progressivo do processamento: quebra, laminação, moagem, ensilagem e floculação favoreceu a digestão ruminal de amido em 17,0; 22,0; 32,0; 46,0 e 40,6% respectivamente em relação a milho inteiro, o que reduziu o fluxo para o intestino delgado. Também, em alguns casos, reduziu a porcentagem do amido ingerido que estava disponível para digestão no intestino delgado em 30,2% no milho quebrado; 19,7% no amassado e 15,8% no moído. No sorgo ensilado, o aumento na digestibilidade ruminal foi de 27,1% e a porcentagem do amido ingerido foi de 83,0% em relação ao sorgo amassado.

Os grânulos de amido podem ainda, quando gelatinizados, formar complexo com lipídios, assim como a presença de fatores antinutricionais como tanino, fitatos e outros inibidores de enzimas, podem reduzir a eficiência de utilização de amido (THORNE *et al.*, DREHER *et al.* e HAHN *et al.*, citados por ROONEY & PFLUGFELDER, 1986).

2. Ensilagem de grãos úmidos

Atualmente, com o custo elevado de grãos como o milho, e de alguns processamentos industriais como floculação e extrusão, a avaliação de cereais alternativos e mais baratos, como o sorgo e técnicas de processamento dos grãos que possam baratear o custo da ração podem viabilizar sua utilização, com a mesma eficiência do milho.

A utilização de silagem de grãos úmidos tem sido estudada há vários anos em alguns países como Estados Unidos e Alemanha (MORRIS *et al.*, 1982; MADER *et al.*, 1983; WILKERSON *et al.*, 1997), mas no Brasil, mesmo utilizando intensamente alguns grãos como o milho, seu emprego é restrito ao Sul do Estado do Paraná, (JOBIM *et al.*, 1996), e só recentemente o estudo e a difusão desta tecnologia tem atingido outros Estados (JOBIM *et al.*, 1997a; JOBIM *et al.*; 1997b; e COSTA *et al.*, 1997).

Para a ensilagem podem ser empregados os grãos de milho, de cevada, aveia, trigo e sorgo, mas devido aos custos de produção mais elevados, o primeiro e o último são os mais usados. O uso de estes cereais úmidos objetiva reduzir as perdas de qualidade e quantidade que ocorrem na lavoura e no armazenamento, principalmente devido ao ataque de insetos, fungos e roedores, que trazem grandes prejuízos, além da

perda por tombamento que chegam a 35% (JOBIM *et al.*, 1997a; PASCOALICK, 1992).

A secagem artificial é alternativa para evitar estas perdas, mas implica em aumento dos custos de produção, encarecendo a ração. Desta forma, a ensilagem dos grãos ainda úmidos, evita estes problemas, eliminando a perda em quantidade e mantendo o alto valor nutritivo. Além disso, visa diminuir os custos de estocagem, do transporte, por reduzir a necessidade de secagem e pode ainda, ser armazenado no local de processamento e uso (MADER *et al.*, 1983).

Segundo STOCK *et al.* (1991), os fatores que podem afetar a qualidade da silagem são: o conteúdo de umidade, o método de processamento e a estocagem. Além destes, MAHANNA (1994), relacionou os métodos de colheita e ensilagem, o tipo de estrutura, de armazenamento, o uso de aditivos, a estrutura de retirada do material, e o manejo do silo, como fatores que influenciam o processo de ensilagem, as perdas, a palatabilidade e a qualidade nutricional das silagens de grãos úmidos.

O teor de umidade do grão para ensilagem, recomendado para colheita, armazenamento e alimentação, deve estar entre 26 e 32%. O grão atinge maturidade fisiológica que no milho é indicada pela formação da camada preta na semente, quando possui aproximadamente 28-35% de umidade nas sementes dependendo do híbrido e das condições ambientais (SODERLUND, 1997). Entretanto, MADER *et al.*, (1983), salientaram que os grãos devem ser colhidos quando apresentarem de 28 a 30% de umidade para serem ensilados sozinhos e em silos trincheira.

Há dificuldades em reconhecer se os grãos atingiram este estágio, pois a precisão dos equipamentos medidores de umidade diminui quando a umidade está acima de 30%, e pode haver interferência da umidade ambiental, exigindo equipamentos eletrônicos, mais precisos, porém com custos mais elevados (MORRIS *et al.*, 1982).

O acúmulo de peso e a energia metabolizável de grãos úmidos são máximos quando estão com 30 a 31% de umidade (OWENS *et al.*, 1997), pois a quantidade de grãos e o teor de amido são maiores na fase 1/3 leitosa do grão e a formação da camada preta (MAHANNA, 1994).

No estágio úmido, a quantidade de nutrientes é maior e as condições para sua preservação são mais adequadas (ROMERO *et al.*, 1996).

HARDY (1973) encontrou relação linear entre o pH e a umidade do grão de 61,4; 52,9 e 37%; bem como correlação negativa ($r = -0,59$) entre pH e teor de ácido láctico, o que significou a diminuição da concentração de ácido láctico produzido com a redução da umidade da silagem. O teor de N amoniacal aumentou com maior teor de umidade, bem como diminuição do conteúdo de amido.

O processo de fermentação da silagem de grãos úmidos é semelhante ao da silagem de parte aérea que é um processo de fermentação bacteriana anaeróbia. Quando o oxigênio na massa não é eliminado, a perda de energia pode resultar em produção de dióxido de carbono, calor e água, além de danos na proteína pelo excesso de calor (SODERLUND, 1997).

De acordo com VAN SOEST & ALLEN, citados por MAHANNA (1994) as silagens muito úmidas que fermentam longamente, tem maior teor de amônia, aminas e ácido butírico, enquanto aquelas com maior teor de matéria seca, em que a fermentação é mais curta, mas substituído por um potencial maior para formação de fungos e leveduras e o aquecimento eleva os níveis de NIDA (Nitrogênio insolúvel em detergente ácido).

MAHANNA (1994) relatou que silagem com umidade muito elevada pode atingir temperatura acima de 49-50°C causando danos à proteína pelo calor ou pela reação com açúcares e caramelização (Reação de Maillard).

Sob condições ideais, a fermentação pode se completar em sete dias, porém se a temperatura ambiente for baixa (menor que 15,5°C) e/ou a população microbiana na cultura é pequena ou de baixa qualidade, a fermentação pode ocorrer em 21 dias (SODERLUND, 1997).

As silagens de grãos úmidos de milho apresentam nível de proteína bruta ao redor de 10%, fibra bruta ao redor de 2,3%, fibra em detergente neutro entre 9 e 15%, fibra em detergente ácido ao redor de 3% e energia líquida entre 2,02 e 2,26 Mcal/kg na matéria seca (MADER *et al.*, 1983, MAHANNA, 1994; e JOBIM *et al.*, 1997a).

MADER *et al.* (1983) avaliando a composição química de silagem de grãos úmidos de milho em diferentes estádios de maturidade verificaram que o teor de proteína bruta cai de 16,6% no estágio leitoso para 10,9% quando maduro e o teor de amido aumenta de 47,4% para 63,7% nos mesmos estádios.

BRUNO *et al.*, citados por ROMERO *et al.* (1996) realizando levantamento de dados de silagens de grãos úmidos de milho e de sorgo produzidas na Argentina encontraram resultados de pH de 4,6 para a silagem de milho com 25,3% de umidade e 4,2 para a de sorgo com 35,6% de umidade, proteína bruta de 10,0 e 10,7; FDN de 16,4 e 25,7; FDA de 5,2 e 12,6% e EM de 3,1 e 2,9 Mcal/kg para milho e sorgo respectivamente.

O emprego de grãos inteiros foi bastante estudado e estas pesquisas comprovaram que ocorrem maiores perdas nas fezes e, com elevados níveis de consumo (acima de 4% do peso vivo) o amido passa pelo trato digestivo sendo pouco digerido (OWENS *et al.*, 1986). Os grãos devem ser triturados para permitir melhor compactação em silos trincheiras (OWENS *et al.*, 1997), ou então laminados em moinhos especiais (ROMERO *et al.*, 1996). O tamanho ideal de partículas pode ser obtido utilizando picador sem peneira, ou quebrando o milho em 4 a 5 partes (MORRIS *et al.*, 1982).

3. Valor nutritivo de grãos processados

O propósito do processamento dos grãos, particularmente milho e sorgo, é promover a digestibilidade do amido pelos ruminantes. A maior parte do aumento na digestão do amido promovido pelo processamento ocorre no rúmen. O controle do efeito do processamento sobre a gelatinização do amido no grão, não é indicativo de aumento na utilização pelo animal, pois a melhora notada pode não ser somente devido a gelatinização. Este aumento parece ter uma estreita relação entre digestibilidade aparente da proteína do grão e a utilização do extrativo não nitrogenado pelo animal (HALE, 1973).

Geralmente se considera que a maior eficiência de utilização do amido ocorre quando é digerido no intestino delgado. Contudo as triagens com animais indicam que o processamento aumenta significativamente a utilização do grão, medida pelo alimento exigido por unidade de ganho (HALE, 1973).

WILKERSON *et al.* (1997) avaliaram diferentes métodos de armazenamento de grãos de milho (seco ou úmido) e processamento (laminado ou moído). As vacas alimentadas com silagens de grãos úmidos de milho produziram 2 kg/dia a mais de leite

do que as alimentadas com milho seco, e o rendimento também foi maior para milho moído seco em comparação ao inteiro ou amassado, por causa do aumento na energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL), da mesma forma que a digestibilidade de carboidratos não fibrosos, proteína bruta e matéria seca foram maiores.

Em um experimento de alimentação, bovinos tiveram ganhos iguais com 3 a 13% menos matéria seca ingerida quando alimentados com silagem de grãos úmidos de milho do que com milho seco. Os resultados da comparação da digestibilidade indicaram aumento significativo da digestibilidade da proteína bruta para silagem de milho úmido (74,3%) em relação ao seco (69,43%). TONROY *et al.* (1974) atribuíram os benefícios obtidos pela alimentação com silagem de grãos úmidos de milho ao aumento na digestibilidade da proteína.

As digestibilidades aparentes da matéria seca e do amido de dietas contendo silagem de grãos úmidos de milho foram maiores (91,7 e 98,1%) do que com milho seco (78,6 e 91,7%), evidenciando que o amido do milho seco pode ser digerido em menor proporção e mais lentamente no rúmen. Da mesma forma, os animais ganharam mais peso e com maior eficiência, quando alimentados com uma mistura variável de silagem de grãos úmidos de milho e milho seco, conforme observaram STOCK *et al.* (1987).

GAEBE *et al.* (1998) analisaram os efeitos da extrusão ou laminação a seco do milho ou sorgo no acabamento de novilhos, e verificaram que os animais apresentaram ganhos de pesos diários 12 a 46% maiores com grãos de milho ou sorgo laminado a seco do que com grãos extrusados. Os novilhos alimentados com grãos extrusados consumiram 36% menos matéria seca (7,3 x 10,6 kg) e 31% menos matéria seca digestível (10,1 x 14,7 g/kg de peso metabólico) do que os animais alimentados com os grãos laminados. Os grãos de milho e sorgo extrusados desapareceram mais rapidamente dos sacos de náilon incubados do que os laminados até o tempo de 6 h, bem como o desaparecimento do amido dos sacos contendo grãos extrusados foi maior em todos os tempos de incubação. Após 12 horas, 89% do amido dos sacos extrusados haviam desaparecido, mas somente 27% dos grãos secos desapareceram. Também as digestibilidades da matéria seca e amido dos grãos extrusados foram maiores do que os grãos laminados. A digestibilidade do amido no trato digestivo total foi de 96,4% para os extrusados e 85,5% para os grãos laminados. Esses dados indicaram grande aumento

na digestão de amido no rúmen. Os autores concluíram que pequena parte do amido era digerido no intestino dos bovinos, consumindo grãos extrusados.

KNOWLTON *et al.* (1998) também observaram aumento na degradabilidade ruminal do amido de silagem de grãos úmidos de milho em comparação ao milho seco. No intestino delgado a digestibilidade do amido foi em média 58% maior e a digestibilidade total foi de 97% para o milho ensilado úmido e 83% para o milho seco.

SOUSA (1998) observou maior valor da taxa de degradação do amido de glutenose 60 do que do amido do farelo de soja, por ter proporcionado fornecimento energético mais adequado às atividades desenvolvidas no rúmen. A degradação efetiva do amido de milho em dietas com glutenose, da mesma forma, foi maior (67,97%) do que em dietas com farelo de soja (52,46%).

GOMIDE (1999) não encontrou diferenças na fração solúvel da matéria seca (A%) entre dietas com milho seco ou extrusado (70,4 e 71,9%), mas no sorgo a diferença pode ser notada, sendo 65,9% para o seco e 74,6% para o extrusado, o que parece demonstrar que neste grão o processamento afetou a degradabilidade da MS. A fração potencialmente degradável (B%) e a taxa de degradação (kd%) foram maiores para o milho e o sorgo extrusados comparados aos grãos moídos, mas apenas o sorgo extrusado apresentou fração indegradável superior ao sorgo moído, o que não foi observado com o milho, possivelmente devido às modificações estruturais decorrentes de altas temperaturas e pressão. A extrusão afetou positivamente a degradação do amido, a fração solúvel foi maior para o milho e sorgo extrusados, principalmente em relação ao seco. O milho extrusado apresentou valores da fração potencialmente degradável negativos, demonstrando degradabilidade total da fração amido. No sorgo, esta foi maior para o tratamento sorgo moído do que sorgo extrusado, evidenciando o efeito do processamento.

PASSINI (2001) encontrou diferenças significativas entre processamento (quebra, moagem fina ou ensilagem) e tipo de grão (milho ou sorgo) sobre a degradação efetiva da matéria seca ($p < 0,01$) para as taxas de passagem estimadas (2; 5 e 8%). A maior degradação encontrada foi para a ensilagem do milho e a pior para a da quebra. Para o sorgo, a ensilagem proporcionou valores de degradabilidade semelhantes aos encontrados para o grão moído finamente, sendo inferiores à quebra.

4. Fatores antinutricionais

Diversas pesquisas mostram que o sorgo deve ser processado mais intensamente que milho, cevada ou trigo, pois possui valor nutricional menor, com digestibilidade de proteína mais baixa devido à estrutura da matriz protéica por apresentar endosperma periférico mais denso, duro, resistente à absorção de água, com maior teor de proteína e também mais resistente à ação física e enzimática. Ocorre também variação entre híbridos devido à presença de tanino (ROONEY & PFLUGFELDER, 1986).

O sorgo possui compostos antinutricionais, denominados genericamente de taninos; que são diversos complexos fenólicos divididos em três grupos: ácidos fenólicos, flavonóides e taninos. Entre estes compostos destaca-se o tanino condensado (HAHN *et al.* 1984; NYACHOTI *et al.*, 1997). O tanino existe na forma condensada ou na hidrolisável, são solúveis em água e tem a capacidade de se ligar ou precipitar a proteína em solução aquosa (NYACHOTI *et al.*, 1997).

Segundo BULLARD *et al.* (1981), a função do tanino é proteger a planta de pássaros predadores, visto que devido ao sabor adstringente, reage com proteínas da saliva secando a boca e reduzindo o consumo, garantir a germinação da semente e preservar do ataque de fungos e bactérias. A presença do tanino no grão de sorgo depende da constituição genética do material. Atualmente, dos genótipos disponíveis no mercado, sabe-se que possuem ou não tanino (MAGALHÃES *et al.*, 1997).

Com base nas informações da literatura desenvolveu-se esta tese, a qual se apresenta em dois capítulos: o Capítulo 2 denominado DIGESTÃO RUMINAL DA MATÉRIA SECA DE GRÃOS DE MILHO E DE SORGO (COM E SEM TANINO) SUBMETIDOS A PROCESSAMENTOS, redigido de acordo com as normas da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB) teve como objetivo avaliar as formas de processamento do milho e de híbridos de sorgo com e sem tanino sobre a composição química, teor de fenóis, tanino total e condensado, bem como sobre a degradabilidade ruminal da matéria seca, e o Capítulo 3 denominado DIGESTÃO RUMINAL DA PROTEÍNA BRUTA E DO AMIDO DE GRÃOS DE MILHO E DE SORGO (COM E SEM TANINO) SUBMETIDOS A PROCESSAMENTOS, escrito de acordo com as normas da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB), objetivou avaliar os efeitos

dos processamentos ensilagem, extrusão e secagem na degradabilidade da proteína bruta e do amido do milho e de híbridos de sorgo com e sem tanino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEMI, M.N.M.; WOOTTON, M. Action pattern of porcine pancreatic alpha-amylase on hydroxypropyl derivatives of maize, waxy maize and high amylose maize starches. *Starch/Starke*, v. 37, p. 50 – 52, 1985.
- BELLO, A.B.; HOONEY, L.W.; WANISKA, R.D. Factors affecting quality of sorghum *Tô*, a thick porridge. *Cereal Chemistry*, v. 67, n. 1, p. 20 – 25, 1990.
- BULLARD, R.W., YORK, J.O.; KILBURN, S.R. Polyphenolic changes in ripening bird-resistant sorghums. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 29, p. 973 – 981, 1981.
- CAGAMPANG, G.B.; KIRLEIS, A.W. Properties of starches isolated from sorghum flourey and corneous endosperm. *Starch/Starke*, v. 37, p. 253 – 257, 1985.
- CAMPBELL, M.R.; POLLAK, L.M.; WHITE, P.J. Effects of planting date on maize starch thermal properties. *Cereal Chemistry*, v. 71, n. 6, p. 556 – 559, 1994.
- CEREDA, M.P; WOSIACKI, G. Characterization of pinhão starches. *Starch/Starke*, v. 37, p. 404 – 407, 1985.
- COSTA, C; ARRIGONI, M.D.B; SILVEIRA, A.C. Silagem de grãos úmidos de milho. *Revista dos Criadores*, n. 804, p. 34-35, 1997. Artigo Técnico.
- FRENCH, D. Chemical and physical properties of starch. *Journal Anima. Science*, v. 37, n. 4, p. 1048 – 1061, 1973.
- GAEBE, R.J.; SANSON, D.W.; RUSH, L.G.; RILEY, M.L.; HIXON, D.L.; PAISLEY, S.I. Effects of extruded corn or grain sorghum on intake, digestibility, weight gain,

- and carcasses of finishing steers. *Journal Animal Science*, v. 76, p. 2001-2007, 1998.
- GOMIDE, I.F. Cinética da digestão ruminal do amido, amilose e amilopectina de diferentes grãos em misturas com uréia. Lavras: UFLA, 1999. 46 p. *Dissertação* (Mestrado em Zootecnia, Área de Concentração em Nutrição de Ruminantes) – Universidade Federal de Lavras.
- GUDMUNDSSON, M; ELIASSON, A.C. Thermal and viscous properties, of rye starch extracted from different varieties. *Cereal Chemistry*. v. 68, n. 2, p. 172 – 177, 1991.
- HAHN, H.N.; HOONEY, L.W.; EARP, C.F. Tannins and phenols of sorghum. *Cereal Foods World*. v. 29, n.12, p. 776 – 779, 1984.
- HALE, W.H. Influence of processing on the utilization of grains (starch) by ruminants. *Journal Animal Science*, v. 73, n.4, p. 1075-1083, 1973.
- HARDY, C. Ensilage de grano de sorgo. 2. Influencia de la humedad de recolección sobre los parámetros de fermentación. *Rev. Cubana Cienc. Agric.*, v. 7, p. 63 – 70, 1973.
- JOBIM, C.C.; REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A. Avaliação da silagem de grãos úmidos de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.32, n.3, p.311-315, 1997a.
- JOBIM, C.C., REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A. Avaliação do valor nutritivo das silagens de grãos úmidos e de espigas de milho sem brácteas. *Revista Unimar*, v.18, n.3, p.545-552, 1996.
- JOBIM, C.C., REIS, R.A., RODRIGUES, L.R.A., ITURRINO, R.P.S. Presença de microorganismos na silagem de grãos úmidos de milho ensilado com diferentes proporções de sabugo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.32, n.2, p.201-204, 1997b.

- KAYAKAWA, K.; TANAKA, K.; NAKAMURA, T.; ENDO, S.; HOSHINO, T. Quality characteristics of waxy hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) properties of starch gelatinization and retrogradation. *Cereal Chemistry*, v. 74, n. 5, p. 576 – 580, 1997.
- KIM, C.S.; WALKER, C.E. Effects of sugar and emulsifiers on starch gelatinization evaluated by Differential Scanning Calorimetry . *Cereal Chemistry*, v. 69, n. 2, p. 212 – 217, 1992.
- KNOWLTON, K.F.; GLENN, B.P.; ERDMAN, R.A. Performance, ruminal fermentation, and site of starch digestion in early lactation cows fed corn grain harvest and processed differently. *Journal Dairy Science*, v. 81, p. 1972, 1998.
- LII, C.Y.; LEE, B.L. Heating A, B, and C-Type starches in aqueous sodium chloride concentration and moisture content on Differential Scanning Calorimetry thermograms. *Cereal Chemistry*, v. 70, n. 2, p. 188 – 192, 1993
- MADER, T.; GUYER, P.; STOCK, R. Feeding high moisture corn. 1983. Site: <http://www.ianr.unl.edu/pubs/beef/g100.htm#ADVOHIGHMOICRN>.
- MAGALHÃES, P.C.; RODRIGUES, W.A.; DURÃES, F.O.M.. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Sete Lagoas. *Tanino no grão de sorgo: bases fisiológicas e métodos de determinação*. Sete Lagoas, 1997. 26p. (Circular Técnica, 27).
- MAHANNA, B. Proper management assures high-quality silage, grains. *Feedstuffs*, v.10, p. 12-13-15-19-23, 1994.
- MANNERS, D.J. Some aspects of the structure of starch. *Cereal Food World*, v. 30, n. 7, p. 461 – 467, 1985

- MORRIS, D. T., JOFRIET, J.C.; MCCARTNEY, R.E.; MACLEOD, G.K.; PEER, D.J. High Moisture Corn. 1982. Site:www.gov.on.ca/OMAFRA/english/crops/facts/85-077.htm
- NG, K.Y.; DUVICK, S.A.; WHITE, P. J. Thermal properties of starch from selected maize (*Zea mays* L.) mutants during development. *Cereal Chemistry*, v. 74, n. 3, p. 288 – 292, 1997.
- NYACHOTI, C.M.; ATKINSON, J.L.; LEESON, S. Sorghum tannins: a review. *World's Poultry Science Journal*, v. 53, p. 4-21, 1977.
- OWENS, N. F., SECRIST, D.S., HILL, W.H., GILL, D.R. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a Review. *Journal Animal Science*, v.75, n.1, p.868-879, 1997.
- ORSKOV, E.R.. Starch digestion and utilization in ruminants. *Journal Animal Science*, v.63, n.1, p.1624-1633, 1986.
- OWENS, F. N; ZINN, R.A.; KIM, Y.K. Limits starch digestion in the ruminant small intestine. *Journal Animal Science*, v. 63, n.1, p.1634-1648, 1986.
- PASCOALICK, H.N.S. *Milho. Informações técnicas*. EMBRAPA, Brasília, 1992. n. 20, 29 p. Circular Técnica.
- PASSINI, R. Processamento de grãos de milho e de sorgo e níveis de proteína sobre a digestibilidade, desempenho e características de carcaça de bovinos superprecoce, Botucatu: FMVZ/UNESP, 2001. 54 p. *Tese* (Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração em Nutrição e Produção Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista.
- RING, S.G. Some studies on starch gelation. *Starch/Starke*, v. 37, p. 80 – 83, 1985.

- ROMERO, L. A.; COMERON, E; BRUNO, O. *Silaje de granos com alta humedad*. INTA, 1996.EEA Rafaela, Santa Fé, n.75, p. 47-53. Informe Técnico.
- ROONEY, W.L., PFLUGFELDER, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *Journal Animal Science*, v.63, n.1, p.1607-1623, 1986.
- RUSSELL, W. R., LIN, J.C.M.; THOMAS, E.E.; MORA, E.C. Preservation of high-moisture milo with urea: grain properties and animal acceptability. *Journal Animal Science*, v.66, n.1, p.2131-2139, 1988.
- SODERLUND, S. Managing and feeding high moisture corn. In: *Proceedings from the silage: field to feedbunk*. NRAES-99, Hershey, USA, p. 319 – 338, 1997.
- SOUZA, M.S. Efeitos de fontes protéicas com distintas degradabilidades sobre o aproveitamento da fibra, do nitrogênio e do amido, em rações para bovinos, Jaboticabal: FCAVJ/UNESP, 1998. 79 p. *Dissertação* (Mestrado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista.
- SPICER, L.A.; THEURER, C.B.; SOWE, J.; NOON, T.H. Ruminant and post-ruminant utilization of nitrogen and starch from sorghum grain-, corn- and barley-based diets by beef steers. *Journal Animal Science*, v. 62, p. 521, 1986.
- STOCK, R.A.; BRINK, D.R.; BRANDT, R.T.; MERRIL, J.K.; SMITH, K.K. Feeding combinations of high moisture corn and dry corn to finishing cattle. *Journal Animal Science*, v.65, n.1, p.282-289, 1987.
- STOCK, R. A., SINDT, M.H.; CLEALE, R.M.; BRITTON, R.A. High-moisture corn utilization in finishing cattle. *Journal Animal Science*, v.69, n.1, p.1645-1656, 1991.

- STREETER, M. N.; WAGNER, D.G.; HIBBERD, C.A.; OWENS, F.N. Comparison of corn with four sorghum grain hybrids: site and extent of digestion in steers. *Journal Animal Science*, v.68, n.1, p.3429-3440, 1990b.
- STREETER, M.N.; WAGNER, D.G.; HIBBERD, C.A.; OWENS, F.N. The effect of sorghum grain variety on site and extent of digestion in beef heifers *Journal Animal Science*, v.68, n.1, p.1121-1132, 1990a.
- THEURER, C.B.. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *Journal Animal Science*, v. 63, n.1, p.1649-1662, 1986.
- TONROY, B.R.; PERRY, T.W.; BEESON, W.M. Dry, ensiled high-moisture, ensiled reconstituted high-moisture and volatile fatty acid treated high moisture corn for growing-finishing beef cattle. *Journal Animal Science*, v.39, n. 5, p. 931-936, 1974.
- XIONG, Y.; BARTLE, S.J.; PRESTON, R.L. Improved enzymatic method to measure Processing effects and starch availability in sorghum grain. *Journal Animal Science*, v. 68, p. 3861- 3870, 1990.
- WHITE, P.; ABBAS, I; POLLAK, L.; JOHNSON, L. Intra e interpopulation variability of thermal properties of maize starch. *Cereal Chemistry*, v. 67, n. 1, p. 70 – 73, 1990.
- WILKERSON, V.A, GLENN, B.P., McLEOD, K.R. Energy and nitrogen balance in lactating cows fed diets containing dry or high moisture corn in either rolled or ground form. *Journal Dairy Science*, v.80, n.1, p.2487 - 2496, 1997.

CAPÍTULO 2

DIGESTÃO RUMINAL DA MATÉRIA SECA DE GRÃOS DE MILHO E DE SORGO (COM E SEM TANINO) SUBMETIDOS A PROCESSAMENTOS

Trabalho redigido de acordo com as normas da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB) - EMBRAPA

**Digestão ruminal da matéria seca de grãos de milho e de sorgo (com e sem tanino)
submetidos a processamentos**

RESUMO – Esta pesquisa avaliou os efeitos dos processamentos ensilagem, extrusão e secagem do milho e de sorgo sem tanino e com tanino sobre a composição química e a cinética de digestão ruminal da matéria seca e da proteína bruta. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com arranjo fatorial de tratamentos 3 X 3, sendo três tipos de grãos (milho, sorgo sem tanino e sorgo com tanino) e três processamentos (seco, ensilado e extrusado). Para a avaliação da composição química e do tanino e para o experimento de degradabilidade utilizou-se delineamento em blocos casualizados, em um esquema fatorial 3 x 3 x 3, sendo três tipos de grãos (milho, sorgo com tanino e sorgo sem tanino), três formas de processamentos (moído seco, ensilagem e extrusão) e três blocos (animais) com a técnica de degradação ruminal *in situ*. Os valores encontrados para os teores de proteína bruta estiveram entre 8,7 e 10,7% para o milho e entre 9,9 e 11,1% para o sorgo. Os teores de extrato etéreo sofreram modificações com o processamento nos três tipos de grãos, onde se constatou redução significativa com a secagem, a ensilagem e a extrusão em relação ao material úmido nos três grãos. Para os teores de fenóis, tanino total e tanino condensado houve efeito de híbrido, de processamento e da interação entre eles. O sorgo com tanino apresentou teores mais elevados de fenóis, tanino total e tanino condensado do que o sorgo sem tanino. Embora a composição do milho e dos dois híbridos de sorgo tenha sido similar a interação desses ingredientes no ambiente ruminal associada a presença do tanino, proporcionou diferenças na degradabilidade da matéria seca. Conclui-se que o sorgo sem tanino deve ser ensilado ou extrusado, enquanto o sorgo com tanino deve ser extrusado por melhorar a degradabilidade e a disponibilidade de nutrientes no rúmen.

Termos para indexação: degradabilidade, grãos secos, extrusão, silagem de grão úmido.

Digestion ruminal of the dry matter of corn grains and of sorghum (with and without tannin) submitted to processing

ABSTRACT- This research evaluated the effects of the high moisture silage processing, extrusion and drying of corn and of sorghum with and without tannin on the chemical composition and dry matter degradability ruminal. The assay design was entirely randomized arranged in a factorial (3x3), with three types of grains (corn, sorghum without tannin and sorghum with tannin) and three types of processing (dry, high moisture silage and extruded). Tannin chemical evaluation and the degradability were evaluated in a blocks randomized design. The treatments were arranged in a factorial (3x3x3), with three types of grains (corn, sorghum with tannin and sorghum without tannin), three forms of processing (dry, high moisture silage and extrusion) and three animals. Degradation ruminal in situ technique was used. The values crude protein ranged between 8,7 and 10,7% for corn and between 9,9 and 11,1% for sorghum. The ethereal extract values of the three types of grains changed with the processing. Significant reduction was verified, in the three grains, with drying, high moisture silage and extrusion correlated to the moisture material. Phenol values, total tannin and condensed tannin was affected by the hybrid, processing and by the interaction among them. Sorghum with tannin showed elevated phenol values, total tannin and condensed tannin than sorghum without tannin. Although the composition of corn and the two hybrid of sorghum it has been similar, the interaction of those ingredients in the ruminal ambient associated with the presence of tannin provided differences in dry matter degradability. It is ended that sorghum without tannin should be ensiled or extruded, while sorghum with tannin should be extruded for improving degradability and readiness of dry matter in the rumen.

Index terms: degradability, dry grains, extrusion, high moisture silage.

INTRODUÇÃO

O sucesso de uma exploração pecuária depende da utilização correta e eficiente das fontes de energia provenientes dos grãos de cereais, especialmente o milho e o sorgo. STREETER *et al.* (1990a) analisando a composição química do milho e de quatro híbridos de sorgo encontraram diferenças significativas no teor de proteína e de amido entre milho e três dos híbridos de sorgo. Ao avaliar a distribuição do tamanho das partículas de sorgo, verificaram que esta indica maior conteúdo de endosperma farináceo, alto em amido e baixo em proteína e digestibilidade das frações diferentes nos diversos segmentos do trato digestivo.

Analisando dez híbridos de sorgo, BELLO *et al.* (1990) encontraram variações na textura do endosperma, quantidade de pericarpo e quantidade de sólidos, produzindo diferenças na textura e solubilidade do grão moído ou triturado. Estas características podem auxiliar na predição da qualidade do sorgo, uma vez que o pericarpo pode competir com o amido na hidratação, diminuindo sua solubilização.

Pesquisas mostram que o sorgo deve ser processado mais intensamente que o milho, a cevada ou o trigo, pois possui valor nutricional menor, com digestibilidade de proteína mais baixa devido à estrutura da matriz protéica, por apresentar endosperma periférico mais denso, duro e resistente à absorção de água, com maior teor protéico e também por ser mais resistente à ação física e enzimática. Ocorrem, ainda variações entre híbridos devido à presença de tanino. Agentes mecânicos como moagem, trituração, laminação a seco, agentes térmicos como calor na extrusão e floculação, e agentes químicos como ácidos ou álcalis podem induzir a gelatinização do amido, tornando-o mais digestível que o natural (ROONEY & PFLUGFELDER, 1986).

FRENCH (1973) revisou pesquisas de LATHE & RUTHVEN (1956); KAINUMAS & FRENCH (1972) e DRONZEK *et al.* (1972), e descreveu a gelatinização do amido, que consta da entrada de água nas regiões de gel provocando inchamento reversível e deixando as regiões cristalinas inalteradas. Em temperaturas elevadas, as regiões cristalinas são dissolvidas; com hidrólise a frio a parte amorfa é lixiviada e deixa fase cristalina como resíduo insolúvel. Fissuras ocasionadas na fase de gel permitem a entrada de enzimas, como a amilase, que se espalha lateralmente corroendo a fase cristalina e produzindo erosões.

Os grânulos de amido podem ainda, quando gelatinizados, formar complexo com lipídios, assim como a presença de fatores antinutricionais como tanino, fitatos, e outros inibidores de enzimas podem reduzir a utilização do amido (THORNE *et al.*, DREHER *et al.* e HAHN *et al.*, citados por ROONEY & PFLUGFELDER, 1986).

Atualmente, com o elevado custo de grãos, como o milho e de alguns processamentos industriais, como floculação e extrusão, a avaliação de cereais alternativos e mais baratos, como o sorgo e técnicas de processamento dos grãos que possam baratear o custo da ração podem viabilizar sua utilização, com a mesma eficiência do milho.

O uso de cereais úmidos, objetiva reduzir as perdas de qualidade e quantidade que ocorrem na lavoura e no armazenamento, principalmente devido ao ataque de insetos, fungos, roedores e perda por tombamento (JOBIM *et al.*, 1997; ROMERO *et al.*, 1996; PASCOALICK, 1992). Visa também, diminuir os custos de secagem, estocagem e do transporte (MADER *et al.*, 1983). Além disso, no estágio úmido, a quantidade de nutrientes é maior e as condições para sua preservação são mais adequadas (ROMERO *et al.*, 1996).

BRUNO *et al.*, citados por ROMERO *et al.* (1996), realizando levantamento de dados de silagens de grãos úmidos de milho e de sorgo produzidas na Argentina, encontraram resultados de pH de 4,6 para a silagem de milho com 25,3% de umidade e 4,2 para a de sorgo com 35,6% de umidade, proteína bruta de 10,0 e 10,7; FDN de 16,4 e 25,7, FDA de 5,2 e 12,6% e EM de 3,1 e 2,9 Mcal/kg para milho e sorgo, respectivamente.

Nesse sentido, esta pesquisa objetivou avaliar o efeito das formas de processamento de híbridos de sorgo (com e sem tanino) sobre a composição química, teores de fenóis, tanino total e condensado, bem como na digestão ruminal da matéria seca.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental de Pesquisa e Produção da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP – Campus de Botucatu. O processo de extrusão dos grãos foi realizado na Fábrica de Rações e o estudo da digestibilidade conduzido nas dependências da Unidade Animal de Estudos Digestivos e Metabólicos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus de Jaboticabal.

Os resultados foram analisados através do programa Statistical Analysis System (SAS, 1985) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Foram testados grãos de milho e sorgo processados nas formas de silagem, extrusado e seco. Para a confecção das silagens de grãos úmidos de milho, utilizou-se o cultivar Co 32, um híbrido triplo, semiprecoce, semiduro, alaranjado e os híbridos de sorgo sem tanino (AG 1018) e com tanino (AG 3002), que foram colhidos com umidade média de 29%, moídos em peneira média.

Os grãos moídos foram armazenados em tambores plásticos de 200 litros com tampa por seis meses. Os grãos secos de milho e de sorgo foram colhidos com 15 e 17% de umidade

respectivamente, e colocados para secar ao sol em terreiro de piso de concreto. O milho e o sorgo com tanino foram ensacados com 11% de umidade e o sorgo sem tanino com 14% de umidade. Os grãos foram moídos em peneira com crivos de 3 mm para uso na forma seca e para a extrusão que foi efetuada em extrusora experimental marca Extrucenter, pertencente a Fabrica de Rações da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus de Jaboticabal.

Os teores de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral e fibra bruta dos sorgos, secos, ensilados e extrusados, foram determinados conforme as metodologias descritas por AOAC (2001). Todas as amostras úmidas foram secas em estufa de circulação e renovação de ar a temperatura de 35 +/-5 °C por um período de 72 horas, para que não houvesse interferência na determinação do teor de tanino.

Foram determinados ainda, os teores de fenóis totais, tanino total e tanino condensado com a metodologia descrita por MAKKAR *et al.* (1993), com o reagente de Folin-Ciocalteu.

Para ensaio de degradabilidade *in situ* foram utilizados três bovinos machos, castrados, mestiços Holandês x Zebu, com aproximadamente 700 kg, providos de cânulas permanentes no rúmen. Antes de iniciar a fase experimental os animais foram submetidos ao controle de endo e ectoparasitos. Os animais permaneceram durante a fase experimental, em baias individuais medindo 1,10 x 2,20 x 1,65 m.

Os animais receberam dieta composta de volumoso e concentrado na relação 40:60 na matéria seca. O volumoso utilizado foi o capim elefante picado fresco (com média de 30% de MS), e o concentrado utilizado está descrito na Tabela 1. O alimento foi fornecido duas vezes ao dia, as 7 e às 17 horas na quantidade equivalente a 1,6% PV em MS. O período experimental teve duração total de 100 dias, divididos em quatro períodos de 25 dias cada, sendo 15 dias de adaptação às dietas e 10 dias para coleta do material.

Foi utilizada a técnica de degradação ruminal *in situ* (ORSKOV & McDONALD, 1979), utilizando-se sacos de náilon, 100% poliamida, medindo 14,00 cm x 7,00 cm, com poros de 50 micrômetros e os grãos de milho (Mi) e sorgo (SO), nas três formas de processamento: moído seco (M), ensilado (ENS) e extrusado (EX), com granulometria de 2mm de diâmetro.

Os períodos utilizados de permanência no rúmen foram: 2, 4, 6, 12, 24 e 48 horas. Os sacos correspondentes a cada horário foram inseridos no rúmen, sempre e imediatamente após as refeições, de forma que o horário seguinte somente era inserido depois de decorrido todo o período do primeiro.

Os sacos de náilon foram lavados em água fria corrente para retirar o excesso de conteúdo ruminal e em seguida mergulhadas por 30 minutos em balde com água gelada para cessação da atividade microbiana. Em seguida, foram lavados em máquina tanquinho com

renovação de água. Como cada horário foi incubado separado, o tempo (cinco minutos para cada) e o número de batidas (cinco) foram padronizados. A fração solúvel foi determinada lavando-se os sacos com as amostras separadamente de qualquer horário e respeitando-se o tempo e o número de batidas de cada lavagem.

Após esta etapa, os sacos contendo os resíduos da incubação foram colocados em estufa de circulação e renovação de ar a temperatura de 35 °C por um período de 72 horas.

Os resíduos não digeridos e insolúveis foram pesados após estarem secos e em equilíbrio com a temperatura ambiente. Os volumosos foram moídos em moinho de facas dotado de peneira de 16 mesh (1 mm) e analisados para determinação do teor de matéria seca de acordo com a metodologia citadas por SILVA (1998).

Para avaliação da degradação potencial das frações foi utilizado o modelo proposto por ORSKOV & McDONALD (1979); $p = a + b (1 - e^{-kt})$, onde, p = degradação potencial do componente nutritivo, em porcentagem; a = fração solúvel, em porcentagem; b = fração insolúvel potencialmente degradável, em porcentagem; $a + b$ = potencial de digestão do componente nutritivo; k = taxa de digestão por ação fermentativa, em porcentagem por hora; e t = tempo de incubação, em horas.

Para determinação da degradabilidade efetiva foi utilizada a expressão: $P = a + b k(k + k_p)^{-1}$, onde, P = degradabilidade efetiva, em porcentagem; k_p = taxa de passagem das frações nutritivas por hora, sendo utilizadas as taxas de 2, 5 e 8%/h (AFRC, 1993) e, a , b e k as mesmas constantes da equação anteriormente descrita.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com arranjo fatorial de tratamentos 3 X 3, sendo três tipos de grãos (milho, sorgo sem tanino e sorgo com tanino) e três processamentos (seco, ensilado e extrusado), para a avaliação da composição química e do tanino. Para a avaliação da degradabilidade ruminal foi utilizado delineamento em blocos casualizados, em um esquema fatorial 3 x 3, sendo três tipos de grãos (milho, sorgo com tanino e sorgo sem tanino), três formas de processamentos (moído seco, ensilagem e extrusão), e três blocos (animais).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da composição química dos grãos avaliados se encontram descritos na Tabela 2. Constatou-se diferença significativa para os diferentes tipos de grãos e processamentos para os nutrientes avaliados com exceção da proteína bruta e da matéria mineral. Os valores encontrados para os teores de proteína bruta estiveram entre 8,7 e 10,7% para o milho e entre 9,9 e 11,1% para o sorgo, confirmando os dados encontrados na literatura

para estes grãos. Apesar disto, HIBBERD *et al.* (1982) encontraram diferenças no teor de proteína, ficando entre 11,0 e 16,5% entre as variedades de sorgo e entre os anos de cultivo, mostrando que as condições ambientais durante a estação de crescimento afetaram a composição química e a disponibilidade de nutrientes na semente.

Como era esperado houve diferença ($P < 0,05$) entre os grãos e os processamentos quanto ao teor de matéria seca (Tabela 2). Os valores obtidos para o milho e sorgo secos foram semelhantes ao teor recomendado de 87% de matéria seca para adequada conservação e preservação de grãos (PASCOALICK, 1992), enquanto que para ensilagem de grãos úmidos apenas o teor de matéria seca do milho mostrou-se dentro do intervalo recomendado (68 a 74% de matéria seca) por SODERLUND (1997). Para os grãos de sorgo os teores foram mais baixos, 64,7 e 62,4% para o sorgo sem tanino e com tanino, respectivamente. Tal fato pode ser explicado pela maturação desuniforme dos grãos de sorgo entre e dentro de cada panícula, o que dificultou estabelecer o exato momento da colheita, pois a precisão dos equipamentos medidores de umidade diminuiu, quando a umidade está acima de 30% (MORRIS *et al.*, 1982). No caso dos grãos de milho, este problema é contornado estabelecendo-se o momento da colheita a partir da maturidade fisiológica, indicada pela formação da camada preta nas sementes, quando estas possuem aproximadamente 28-35% de umidade, dependendo do híbrido e das condições ambientais (SODERLUND, 1997).

Quanto aos teores de extrato etéreo, ocorreram modificações com o processamento, de maneira semelhante entre os diferentes tipos de grãos. A partir da maturação fisiológica constatou-se redução significativa com a secagem, a ensilagem e a extrusão. A principal redução ocorreu com o processo de extrusão, no qual provavelmente os lipídios foram oxidados ou formado complexo com amido, e desta forma não facilmente extraídos com solvente orgânico. Pesquisas revisadas por ROONEY & PFLUGFELDER (1996) revelaram que o calor na extrusão e na floculação favorece a gelatinização do amido tornando-o mais digestível que o natural, entretanto podendo formar complexo com lipídios.

Os teores de fenóis totais, tanino total e tanino condensado na matéria seca, estão apresentados na Tabela 3. A análise estatística revelou efeito de híbrido, de processamento e da interação entre eles. Em valores absolutos, o sorgo com tanino apresentou teores mais elevados de fenóis, tanino total e tanino condensado do que o sorgo sem tanino, confirmando a classificação de híbridos (MAGALHÃES *et al.*, 1997). A partir da maturação fisiológica houve aumento nos teores de fenóis e tanino total para o sorgo sem tanino, enquanto que para o sorgo com tanino os valores tenderam a se estabilizar ou tiveram pequena redução.

A ensilagem e a extrusão não afetaram o teor de fenóis no sorgo com tanino (1,46 e 1,20%) em relação ao material úmido natural (1,40%), mas no grão seco o teor diminuiu

(0,92%). No sorgo sem tanino, o teor de fenóis foi afetado ($P < 0,01$) por todas as formas de processamento. Para o teor de tanino total não houve efeito do processamento no sorgo sem tanino, mas no grão com tanino a ensilagem provocou aumento (1,46%), a extrusão manteve (1,13%) e a secagem reduziu o teor (0,75%) em relação ao material úmido (1,20%). Possivelmente nesta pesquisa a extrusão, pela ação do calor e da pressão, provocou a quebra de outras moléculas na forma de OH como a hemicelulose, produzindo outros compostos fenólicos, que não o tanino. Interessante seria realizar outros testes para que os resultados deste trabalho fossem mais esclarecedores, quanto ao teor real de tanino no material analisado. NYACHOTI *et al.* (1997), observaram que a ensilagem de grãos úmidos reduziu a quantidade de tanino, e que, apesar dos mecanismos de redução não serem conhecidos a explicação parece ser de que durante a fermentação, o tanino pode reagir com polímeros oligoméricos maiores que não são solúveis em água e desta forma, não são detectados.

O grão de sorgo sem tanino não apresentou tanino condensado e conseqüentemente o processamento não afetou o seu teor, mas no sorgo com tanino este foi elevado. A secagem e a extrusão reduziram seu teor e a ensilagem aumentou. PRICE *et al.* (1979) verificaram que a concentração de tanino decresceu com a secagem do grão de sorgo imaturo, após fervura por três minutos ou congelamento, seguido da secagem em temperatura de 22 a 105°C. Estes autores observaram que o teor de tanino pode aumentar, permanecer constante, aumentar gradualmente e então estacionar ou decrescer, dependendo da variedade ou quando o grão amadurece. O teor de tanino pode também variar com a metodologia utilizada na análise, armazenamento e a sua extração do tecido.

Houve interação entre os grãos estudados e os processamentos sendo seus desdobramentos para a fração solúvel (A), insolúvel potencialmente degradável (B), indegradável (C), taxa de fermentação em %/h (kd), encontrados na Tabela 4 e as degradabilidades potencial e efetiva para as taxas de passagem de 2, 5 e 8 %/hora, para matéria seca (MS), encontrados na Tabela 4.

Os valores da fração A da matéria seca nos grãos ensilados de milho (88,6%) e do sorgo sem tanino (58,8%) e para o sorgo com tanino (33,3%) foram superiores ao encontrado por PASSINI (2001), que foram de 50,8% e 15,9%, respectivamente para milho e sorgo.

O milho ensilado apresentou superioridade ao sorgo sem tanino e ao sorgo com tanino na fração insolúvel potencialmente degradável e degradabilidades efetivas da matéria seca para todas as taxas de passagem. Embora as composições do milho e dos dois híbridos de sorgo tenham sido similares a interação desses ingredientes no ambiente ruminal associada à presença do tanino, proporcionou diferenças na cinética da digestão, indicando que ao substituir o milho por sorgo, estas diferenças precisam ser consideradas. O processo de ensilagem aumentou a

solubilidade da matéria seca dos ingredientes em detrimento da fração B. Isso sugere que na ensilagem, nutrientes como a proteína e o amido sejam disponibilizados mais facilmente ao ataque microbiano. MENDES (2003) observou que o tempo de retenção retículo-rúmen do milho grão moído a 2mm foi de 15 horas. Considerando que o tempo de retenção máximo seria de 15 horas, e analisando o desaparecimento da matéria seca 12 horas após a incubação ruminal (Tabela 6). Observou-se que a ensilagem não contribuiu para o aumento no desaparecimento do sorgo com tanino, entretanto, a extrusão foi o processamento mais importante para este híbrido.

Com a extrusão a fração insolúvel potencialmente degradável da matéria seca do milho foi diferente do sorgo sem tanino. Os sorgos sem tanino e com tanino extrusados apresentaram frações solúveis maiores do que o milho e houve diferença entre o milho e sorgo com tanino nas frações C, B, a degradabilidade potencial e degradabilidade efetiva da matéria seca na taxa de 2%/h (Tabela 5). GAEBE *et al.* (1998) não encontraram diferenças entre milho e sorgo laminados ou extrusados nos parâmetros da digestão da matéria seca, nem no desaparecimento da matéria seca.

Os resultados obtidos de solubilidade do milho extrusado (38,5%) na presente pesquisa foram superiores aos encontrados por MUNIZ (2003) que encontrou resultados de 21,8%, e aos encontrados por MEIRELLES (2001), que foi de 32,1%. Os resultados para a fração C, para o kd e para as degradabilidades potencial e efetivas nas taxas de 2, 5 e 8%/h foram similares nos três trabalhos.

A fração solúvel nos grãos secos foi muito baixa principalmente para o milho (20,6%), mas foi semelhante ao valor de 19,1% encontrado por MEIRELLES (2001), bem como os resultados de todas as frações e degradabilidade potencial. Em todas as demais frações o milho foi estatisticamente diferente ($P < 0,05$) do sorgo sem tanino, inclusive a taxa de fermentação que para o milho foi muito superior ao sorgo (4,0 vs 1,2%/h). GOMIDE (1999) não encontrou diferenças na fração solúvel da matéria seca (A) entre dietas com milho seco (70,4%) ou extrusado (71,9%), mas no sorgo a diferença foi notada, sendo 65,9% para o seco e 74,6% para o extrusado, a fração B foi maior para o milho extrusado (16,2 vs 10,4%) e a taxa de degradação (kd) menor para o milho do que para o sorgo (0,11 vs 0,35%/h), demonstrando o efeito do processamento na degradabilidade da MS principalmente para o milho.

Não foi observada diferença significativa entre as degradabilidades potenciais do milho e do sorgo sem tanino ensilados, mas o milho apresentou maior DP, menor indegradabilidade (C) e fração insolúvel potencialmente degradável mais baixa do que sorgo com tanino ensilado. Os valores encontrados foram semelhantes aos relatados por PASSINI (2001), que observaram maior degradabilidade a 2, 5 e 8 %/h para a ensilagem do milho (87,9; 81,7 e 77,3 %/h respectivamente). RUSSEL *et al.* (1988) relataram que tratamento de grãos úmidos de sorgo

com uréia aumentou a degradabilidade ruminal do sorgo, por causar fissuras e rompimento na matriz protéica tornando os grânulos menos cristalinos e facilitando o ataque microbiano.

CONCLUSÕES

Os processamentos, principalmente a extrusão proporcionaram forte redução nos teores de extrato etéreo do milho e do sorgo com e sem tanino;

o milho e o sorgo sem tanino devem ser ensilados ou extrusados, enquanto que o sorgo com tanino deve ser extrusado para melhorar a degradabilidade e a disponibilidade de matéria seca

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFRC. *Agricultural and Food Research Council. Energy and protein requirements of ruminants*. Wallingford. UK. CAB INTERNATIONAL, 1993, 159p.
- A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists. *Official methods of analysis* 17 ed., Washington, A.O.A.C., 2002.
- BELLO, A.B.; HOONEY, L.W.; WANISKA, R.D. Factors affecting quality of sorghum *Tô*, a thick porridge. *Cereal Chemistry*, v. 67, n. 1, p. 20 – 25, 1990.
- FRENCH, D. Chemical and physical properties of starch. *Journal. Animal. Science*, v. 37, n. 4, p. 1048 – 1061, 1973.
- GAEBE, R.J.; SANSON, D.W.; RUSH, L.G.; RILEY, M.L.; HIXON, D.L.; PAISLEY, S.I. Effects of extruded corn or grain sorghum on intake, digestibility, weight gain, and carcasses of finishing steers. *Journal Animal Science*, v. 76, p. 2001-2007, 1998.
- GOMIDE, I.F. **Cinética da digestão ruminal do amido, amilose e amilopectina de diferentes grãos em misturas com uréia**. Lavras: UFLA, 1999. 46 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia, Área de Concentração em Nutrição de Ruminantes) – Universidade Federal de Lavras.
- HIBBERD, C.A.; WAGNER, D.G.; SCHEMM, R.L. MITCHELL, E.D.; HINTZ, R.L.; WEIBEL, D.E. Nutritive characteristics of different varieties of sorghum and corn grains. *Journal Animal Science*, v. 55, n. 3, p. 665-672, 1982.
- JOBIM, C.C.; REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A. Avaliação da silagem de grãos úmidos de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.32, n.3, p.311-315, 1997.
- MADER, T.; GUYER, P.; STOCK, R. Feeding high moisture corn. 1983. Site: <http://www.ianr.unl.edu/pubs/beef/g100.htm#ADVOHIGHMOICRN>.
- MAKKAR, H.P.S.; BLUMMEL M.; BOROWY, N.K.; BECKER, K. Gravimetric determination of tannins and their correlation with chemical and protein

- precipitation methods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v.61, p.161-165, 1993.
- MEIRELLES, S.L. Degradabilidade ruminal *in situ* do milho e gérmen de milho extrusados ou não contendo dois níveis de óleo residual, Jaboticabal: FCAVJ/UNESP, 2001. 44p. **Trabalho de Graduação** (Graduação em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.
- MENDES, A. R., Fontes energéticas associadas ao farelo de girassol em dietas para bovinos em confinamento. 2031, 103f. **Tese** (Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração Produção Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal – SP, 2003.
- MORRIS, D. T., JOFRIET, J.C.; MCCARTNEY, R.E.; MACCLEOD, G.K.; PEER, D.J. High Moisture Corn. 1982.Site:www.gov.on.ca/OMAFRA/english/crops/facts/85-077.htm
- MUNIZ, E.N. Adição de metionina protegida da degradabilidade ruminal em rações para cordeiros alimentados com dois níveis de proteína não degradável no rúmen, Jaboticabal: FCAVJ/UNESP, 2003. 69p. **Tese** (Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração Produção Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.
- NYACHOTI, C.M.; ATKINSON, J.L.; LEESON, S. Sorghum tannins: a review. **World's Poultry Science Journal**, v. 53, p. 4-21, 1977.
- ORSKOV, E.R.; Mc DONALD, L.. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements according to rate of passage. **Journal. Agric. Science.**, v. 92, p. 499-503, 1979.
- PASCOALICK, H.N.S. **Milho. Informações técnicas**. EMBRAPA, Brasília, 1992. n. 20, 29 p. Circular Técnica.
- PASSINI, R. Processamento de grãos de milho e de sorgo e níveis de proteína sobre a digestibilidade, desempenho e características de carcaça de bovinos superprecoce, Botucatu: FMVZ/UNESP, 2001. 54 p. **Tese** (Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração em

Nutrição e Produção Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista.

PRICE, M.L.; STROMBERG, A.M.; BUTLER, L.G. Tannin content as a function of grain maturity and drying conditions in several varieties of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *J. Agric. Food Chem.*, v. 27, n.6, p.1270-1274, 1979.

ROMERO, L. A.; COMERON, E; BRUNO, O. *Silaje de granos com alta humedad*. INTA, 1996.EEA Rafaela, Santa Fé, n.75, p. 47-53. Informe Técnico.

ROONEY W. L., PFLUGFELDER, R. L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *Journal Animal Science*, v.63, n.1, p.1607-1623, 1986.

RUSSELL, W. R., LIN, J.C.M.; THOMAS, E.E.; MORA, E.C. Preservation of high-moisture milo with urea: grain properties and animal acceptability. *Journal Animal Science*, v.66, n.1, p.2131-2139, 1988.

SAS Institute, Statistical Analysis System. 5 ed. Cary, NC, SAS Institute, 1985.

SILVA, D.J. *Análise de alimentos*: Métodos químicos e biológicos. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1998. 176p.

SODERLUND, S. Managing and feeding high moisture corn. In: *Proceedings from the silage: field to feedbunk*. NRAES-99, Hershey, USA, p. 319 – 338, 1997.

STREETER, M.N.; WAGNER, D.G.; HIBBERD, C.A.; OWENS, F.N. The effect of sorghum grain variety on site and extent of digestion in beef heifers *Journal Animal Science*, v.68, n.1, p.1121-1132, 1990.

Tabela 1. Composição percentual dos concentrados utilizados nas rações dos animais no experimento de degradabilidade (% na matéria seca).

Alimento	Sorgo AG 1018	Sorgo AG 3002
Milho ensilado	14,5	14,5
Milho extrusado	11,7	11,7
Milho seco	12,0	12,0
Sorgo AG 1018 ensilado	14,5	-
Sorgo AG 1018 extrusado	11,9	-
Sorgo AG 1018 seco	11,9	-
Sorgo AG 3002 ensilado	-	14,5
Sorgo AG 3002 extrusado	-	11,9
Sorgo AG 3002 seco	-	11,9
Farelo de soja	23,5	23,5

Tabela.2. Composição química dos alimentos (%), com base na matéria seca

Fonte de variação	MS	% MS			
		PB ^{NS}	EE ^{NS}	MM ^{NS}	FB ^{NS}
Milho					
Ensilado	72,0b	8,7	4,9b	1,0	1,8
Extrusado	89,6 ^a	9,6	2,1c	1,3	2,3
Seco	87,6 ^a	10,7	5,0b	1,4	2,4
Úmido	71,6b	8,8	6,8a	1,2	2,6
Sorgo AG 1018					
Ensilado	64,7b	9,9	5,4b	1,3	1,8b
Extrusado	87,8a	10,9	1,6d	1,1	1,9ab
Seco	86,8a	11,1	3,4c	1,2	2,4a
Úmido	64,3a	10,2	6,3a	1,7	2,2a
Sorgo AG 3002					
Ensilado	62,4b	10,1	4,1b	1,2	2,2
Extrusado	88,1a	11,2	1,3d	1,3	2,1
Seco	87,4a	11,0	3,1c	1,0	2,5
Úmido	62,4b	10,1	5,5a	1,2	2,5
CV %	1,0	6,0	19,5	28,0	8,6

Médias seguidas de letras distintas minúsculas nas colunas diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$).
Médias comparadas pelo teste de Tukey

Tabela 3. Médias de fenóis totais (FT), tanino total (TT) e tanino condensado (TC).

Fonte de variação	Ingrediente	Ensilado	Extrusado	Seco	Úmido
MS %	Sorgo AG 1018	89,6	91,2	88,5	91,2
	Sorgo AG 3002	92,8	90,9	89,8	90,5
CV%			0,6		
FT*	Sorgo AG 1018	0,47Ab	0,57Ab	0,35 Ab	0,18 Bb
	Sorgo AG 3002	1,46 Aa	1,20 Aa	0,92 Ba	1,40 Aa
CV%			9,3		
TT*	Sorgo AG 1018	0,31 Ab	0,33 Ab	0,25 Ab	0,11 Ab
	Sorgo AG 3002	1,46 Aa	1,13 Ba	0,75 Ca	1,20 Ba
CV%			9,7		
TC**	Sorgo AG 1018	0,00 Ab	0,02 Ab	0,00 Ab	0,00 Ab
	Sorgo AG 3002	2,25 Aa	1,63 Ba	1,03 Ca	2,03 Aa
CV%			8,1		

Médias seguidas de letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$).

*Valores expressos em % da matéria seca, como equivalentes de ácido tânico

**Valores expressos em % de MS, como equivalentes de leucocianidina

Tabela 4. Frações solúvel (A), insolúvel potencialmente degradável (B), e indegradável (C), taxa de fermentação (kd) da matéria seca do milho, sorgo AG 1018 e sorgo AG 3002, ensilados, extrusados e secos.

Variáveis	Processamento	Ingredientes		
		Milho	Sorgo AG 1018	Sorgo AG 3002
A	Ensilagem	88,6	58,8	33,3
	Extrusão	38,5	45,4	44,5
	Seco	20,7	26,1	27,9
CV %			-	
C	Ensilagem	6,5Ba	6,4Bb	36,9Aa
	Extrusão	8,4Ba	8,9Bb	20,9Ab
	Seco	10,8Ba	29,5Aa	29,9Aa
CV %			28,8	
B	Ensilagem	4,8Bc	34,8Ab	29,8Aa
	Extrusão	53,1Ab	45,7Aa	34,6Ba
	Seco	68,5Aa	44,3Aa	42,2Aa
CV %			10,9	
Kd	Ensilagem	3,0Aa	3,6Aa	2,7Aa
	Extrusão	5,2Aa	3,7Aa	4,6Aa
	Seco	4,0Aa	1,2Ba	2,7Aa
CV %			48,4	

Médias seguidas de letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey.

Tabela 5. Degradabilidade potencial e efetiva (em %) para as taxas de passagem de 2, 5 e 8 %/h, da matéria seca do milho, sorgo AG 1018 e sorgo AG 3002, ensilados, extrusados e secos.

Variáveis	Processamento	Ingredientes		
		Milho	Sorgo AG 1018	Sorgo AG 3002
Degradab. Potencial	Ensilagem	91,5Aa	86,0Aa	53,1Bb
	Extrusão	85,8Aa	82,6Aa	72,8Ba
	Seco	78,3Ab	45,8Ba	57,9Aa
CV %			6,2	
Degradab. Efetiva 2 %/h	Ensilagem	91,0Aa	80,3Aa	49,2Bb
	Extrusão	76,0Ab	74,6Aa	67,1Ba
	Seco	66,0Ac	42,9Ba	51,8Aa
CV %			5,4	
Degradab. Efetiva 5 %/h	Ensilagem	90,1Aa	72,8Aa	43,0Bb
	Extrusão	64,8Ab	64,4Ab	59,8 Aa
	Seco	50,9Ac	34,9Bb	42,5Aa
CV %			5,7	
Degradab. Efetiva 8 %/h	Ensilagem	89,7Aa	69,2Aa	40,3Bb
	Extrusão	58,9Ab	59,5Ab	56,2Aa
	Seco	43,4Ac	32,0Bb	38,4Aa
CV %			5,4	

Médias seguidas de letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey.

Tabela 6. Desaparecimento da matéria seca do milho, do sorgo com e sem tanino

Horário		2	4	6	12	24	48
Ensilado	Milho	86,3 Ba	87,9 Aa	88,9 Aa	89,0 Aa	89,9 Aa	93,5 Aa
	Sorgo AG 1018	63,3 Bb	66,2 Bb	70,3 Bb	75,8 Bb	79,6 Bb	93,6 Aa
	Sorgo AG 3002	31,7 Bc	29,8 Bc	31,4 Bc	35,6 Bc	43,9 Bc	63,0 Ab
Extrusado	Milho	66,8 Ca	69,4 Ca	72,9Ca	76,2 Ca	83,5 Ba	91,6 Aa
	Sorgo AG 1018	62,3 Ba	67,4 Ba	68,5 Ba	72,6 Ba	78,9 Ba	91,1 Aa
	Sorgo AG 3002	50,8 Bb	52,7 Bb	58,9 Bb	60,2 Bb	67,6 Bb	79,1 Ab
Seco	Milho	26,7 Da	29,5 Da	32,8 Da	45,4 Ca	62,4 Ba	89,2 Aa
	Sorgo AG 1018	27,0 Ca	30,9 Ca	28,0 Ca	31,9 Cb	40,9 Bb	70,5 Ab
	Sorgo AG 3002	27,8 Ca	27,9 Ca	29,9 Ca	33,2 Cb	46,2 Bb	70,1 Ab

Médias seguidas de letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey.

CAPÍTULO 3

DIGESTÃO RUMINAL DA PROTEÍNA BRUTA E DO AMIDO DE GRÃOS DE MILHO E DE SORGO (COM E SEM TANINO) SUBMETIDOS A PROCESSAMENTOS

Trabalho redigido de acordo com as normas da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB) - EMBRAPA

Digestão ruminal da proteína bruta e do amido de grãos de milho e de sorgo (com e sem tanino) submetidos a processamentos

RESUMO - O experimento foi desenvolvido utilizando três bovinos machos, mestiços Holandês x Zebu, para avaliar grãos de milho e sorgo nas formas de silagem úmida, extrusados e secos, através da degradação ruminal *in situ*. Houve interação ($P < 0,05$) entre os grãos estudados e os processamentos para a fração solúvel (A), insolúvel potencialmente degradável (B), indegradável (C), taxa de fermentação em %/h (kd) e as degradabilidades potencial e efetivas para as taxas de passagem de 2, 5 e 8 %/hora, para a proteína bruta e o amido. O milho foi superior ao sorgo (sem tanino e com tanino) em todos os processamentos, mas a ensilagem foi mais efetiva em aumentar a degradabilidade para este grão. Para o amido, tanto a ensilagem quanto a extrusão contribuíram para o aumento do desaparecimento desse nutriente, principalmente nas 12 primeiras horas de fermentação ruminal. A extrusão foi o processamento mais importante para o desaparecimento da proteína bruta do sorgo com tanino, mas menor que o observado para o milho e para o sorgo sem tanino. Os grãos de sorgo sem tanino ensilado apresentaram valores de degradabilidade da proteína e amido muito próximos aos grãos de milho, podendo substituí-lo nas rações sem prejudicar seu aproveitamento pelos animais.

Termos para indexação: degradabilidade, grãos secos, extrusão, silagem de grão úmido

Digestion ruminal of the crude protein and of the starch of corn grains and of sorghum (with and without tannin) submitted to processing

ABSTRACT- This research was conducted in the dependences of the Animal Unit of Digestive and Metabolic Studies in the Department of Zootecnia at the University of Agrarian and Veterinary Sciences of UNESP, Campus of Jaboticabal. Three bovine males, castrated, crossbreed Dutch x Zebu, with approximately 700 kg was used to evaluate corn grains and sorghum in the forms of high moisture extruded and dry silage through degradation ruminal *in situ*. There was interaction ($P < 0,05$) among the studied grains and the processing for the fractions A, B, C, fermentation rate in %/h (kd) and the potential and effective degradability for passage rates of 2, 5 and 8%/h, for crude protein and starch. The corn was superior to sorghum (without tannin and with tannin) in all processing, but the high moisture silage was more effective in increasing the degradability for this grain. For the starch, high moisture silage as extrusion contributed to increase disappearance of that nutritious one, mainly in the first 12 hours of fermentation ruminal. The extrusion was the most important processing for disappearance of sorghum crude protein with tannin, but smaller than observed to corn and sorghum without tannin. Sorghum grains without tannin high moisture silage showed degradability values of protein and starch closed the values of corn grains. Sorghum grains can substitute corn in the rations without harming its use for the animals.

Index terms: degradability, dry grains, extrusion, high moisture silage.

INTRODUÇÃO

A espécie, tipo de grão e o método de processamento afetam o local e a extensão da digestão do amido nos ruminantes. Desta forma, processos que reduzem o tamanho da partícula ou alteram a matriz protéica que cimentam os grânulos de amido, aumentam a extensão da digestão no rúmen e intestino delgado (OWENS *et al.*, 1997). É certo que durante o processamento a matriz protéica do endosperma é rompida, permitindo o acesso mais fácil das enzimas ao grânulo de amido. Estudos histológicos com grãos reconstituídos apresentam uma desorganização da matriz protéica ao redor dos grânulos (HALE, 1973; OWENS *et al.*, 1986).

O aumento progressivo do processamento: quebra, esmagamento, moagem; ensilagem e floculação aumentaram a digestão ruminal de amido em 17,0; 22,0; 32,0; 46,0 e 40,6% respectivamente em relação a milho inteiro, o que reduz o fluxo para o intestino delgado. Também, em alguns casos, reduziu a porcentagem do amido ingerido que estava disponível para digestão no intestino delgado em 30,2 % no milho quebrado; 19,7% no amassado e 15,8% no moído. No sorgo ensilado, o aumento na digestibilidade ruminal foi de 27,1% e a porcentagem do amido ingerido foi de 83,0% em relação ao sorgo amassado (OWENS *et al.*, 1986).

O emprego de grãos inteiros foi bastante estudado e as pesquisas comprovaram que ocorrem maiores perdas nas fezes, e, com elevados níveis de consumo (acima de 4% do peso vivo) o amido passa pelo trato digestivo sendo pouco digerido (OWENS *et al.*, 1986).

Em um experimento de alimentação, bovinos tiveram ganho iguais com 3 a 13% menos matéria seca ingerida quando alimentados com milho com alta umidade do que com milho seco. Os resultados da comparação da digestibilidade indicaram aumento significativo da digestibilidade da proteína bruta para silagem de milho úmido (74,3%) em relação ao seco (69,43%). Os autores TONROY *et al.* (1974) atribuíram os benefícios obtidos pela alimentação com silagem de milho úmido ao aumento na digestibilidade da proteína.

A digestibilidade aparente da matéria seca e do amido de dietas contendo silagens de grãos úmidos de milho foram maiores (91,7 e 98,1%) do que com milho seco (78,6 e 91,7%), evidenciando que o amido do milho seco pode ser digerido em menor proporção e mais lentamente no rúmen. Da mesma forma, os animais ganharam mais peso e com maior eficiência, quando alimentados com uma mistura variável de milho úmido e milho seco, conforme observaram STOCK *et al.* (1987).

GAEBE *et al.* (1998) analisando os efeitos da extrusão ou da laminação a seco dos grãos de milho ou de sorgo no acabamento de novilhos verificaram que os animais apresentaram ganho de peso diário de 12 a 46% maior com milho ou sorgo amassado seco do que com grãos extrusado. Os novilhos alimentados com grãos extrusados consumiram 36% menos matéria seca

(7,3 x 10,6 kg) e 31% menos matéria seca digestível (10,1 x 14,7 g/kg de peso metabólico) do que os animais alimentados com os grãos laminados a secos. Também a digestibilidade da matéria seca e amido dos grãos extrusados foram maiores do que os grãos laminados. A digestibilidade do amido no trato digestivo total foi de 96,4% para os extrusados e 85,5% para os grãos laminados. Esses dados indicaram um grande aumento na digestão de amido no rúmen. Os autores concluíram que pequena parte do amido foi digerido no intestino dos bovinos consumindo grãos extrusados.

O aumento na degradabilidade ruminal do amido de silagem de grãos úmidos de milho em comparação ao milho seco foi observado por KNOWLTON *et al.* (1998). No intestino delgado a digestibilidade do amido foi em média 58% maior e a digestibilidade total foi de 97% para o milho ensilado úmido e 83% para o milho seco.

GOMIDE (1999) não encontrou diferenças na fração solúvel da matéria seca (A%) entre dietas com milho seco ou extrusado (70,4 e 71,9%), mas no sorgo a diferença pode ser notada, sendo 65,9% para o seco e 74,6% para o extrusado, o que parece demonstrar que neste grão o processamento afetou a degradabilidade da MS. A fração potencialmente degradável (B%) e a taxa de degradação (kd%) foram maiores para o milho e o sorgo extrusados comparados aos grãos moídos, possivelmente devido às modificações estruturais decorrentes da temperatura e pressão altas. A extrusão afetou positivamente a degradação do amido, a fração solúvel foi maior para o milho e sorgo extrusados, principalmente em relação ao seco. O tratamento milho extrusado apresentou valores da fração potencialmente degradável negativos, demonstrando degradabilidade total da fração amido. No sorgo, esta foi maior para o tratamento sorgo moído do que sorgo extrusado, evidenciando o efeito do processamento.

Segundo PASSINI (2001) o processamento (quebra, moagem fina ou ensilagem) e o grão (milho ou sorgo) produziram diferenças significativas sobre a degradação efetiva da matéria seca ($P < 0,01$) para as taxas de passagem estimadas (2, 5 e 8%). A maior degradação encontrada foi para a ensilagem do milho e a pior foi a da quebra. Para o sorgo, a ensilagem apresentou valores de degradabilidade semelhantes aos encontrados para o grão moído finamente, sendo inferiores à quebra.

Desta forma, o presente trabalho objetivou avaliar os efeitos dos processamentos de grãos de milho e de sorgo na forma de silagem, de extrusão e de secagem sobre a degradabilidade da proteína bruta e do amido.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido nas dependências da Unidade Animal de Estudos Digestivos e Metabólicos pertencente ao Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus de Jaboticabal.

Foram estudados grãos de milho e sorgo processados nas formas de silagens, extrusados e secos. Para a confecção das silagens de grãos úmidos de milho, utilizou-se o cultivar Co 32, um híbrido triplo, semiprecoce, semiduro, alaranjado e os híbridos de sorgo sem tanino (AG 1018) e com tanino (AG 3002), que foram colhidos com umidade média de 29%, moídos em peneira média. Os grãos moídos foram armazenados em tambores plásticos de 200 litros com tampa por seis meses.

Os grãos secos de milho e de sorgo foram colhidos com 15 e 17% de umidade respectivamente, e colocados para secar ao sol em terreiro de piso de concreto. O milho e o sorgo AG 3002 foram ensacados com 11% de umidade e o sorgo AG 1018 com 14% de umidade. Os grãos foram moídos em peneira com crivos de 3 mm para o uso na forma seca e para a extrusão que foi efetuada em extrusora experimental marca Extrucenter, pertencente a Fabrica de Rações da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus de Jaboticabal.

Para a avaliação da degradabilidade foram utilizados três bovinos machos, castrados, mestiços Holandês x Zebu, com aproximadamente 700 kg, providos de cânulas permanentes no rúmen. Antes de iniciar a fase experimental os animais foram submetidos ao controle de endo e ectoparasitos. Os animais permaneceram durante a fase experimental, em baias individuais medindo 1,10 x 2,20 x 1,65 m.

Os animais receberam dieta composta de volumoso e concentrado na relação 40:60 na matéria seca. O volumoso utilizado foi o capim elefante picado fresco (com média de 30% de MS), e o concentrado utilizado está descrito na Tabela 1. O alimento foi fornecido duas vezes ao dia, às 7 e às 17 horas na quantidade equivalente a 1,6% PV em MS. O período experimental teve duração total de 100 dias, divididos em quatro períodos de 25 dias cada, sendo 15 dias de adaptação às dietas e 10 dias para coleta do material.

Foram utilizados sacos de náilon, 100% poliamida, medindo 14,00 cm x 7,00 cm, com poros de 50 micrômetros e os grãos de milho (Mi) e sorgo (SO), nas três formas de processamento: moído seco (M), ensilado (ENS) e extrusado (EX), com granulometria de 2mm de diâmetro.

Os períodos utilizados de permanência no rúmen foram: 2, 4, 6, 12, 24 e 48 horas. Os sacos correspondentes a cada horário foram inseridos no rúmen, sempre e imediatamente após

as refeições, de forma que o horário seguinte somente era inserido depois de decorrido todo o período do primeiro.

Os sacos de náilon foram lavados em água fria corrente para retirar o excesso de conteúdo ruminal e em seguida mergulhadas por 30 minutos em balde com água gelada para cessação da atividade microbiana. Em seguida, foram lavados em máquina tanquinho com renovação de água. Como cada horário foi incubado separado, o tempo (cinco minutos para cada) e o número de batidas (cinco) foram padronizados. A fração solúvel foi determinada lavando-se os sacos com as amostras separadamente de qualquer horário e respeitando-se o tempo e o número de batidas de cada lavagem.

Após esta etapa, os sacos contendo os resíduos da incubação foram colocados em estufa de circulação e renovação de ar a temperatura de 35 °C por um período de 72 horas, para que não houvesse interferência na determinação do teor de tanino.

Os resíduos não digeridos e insolúveis foram pesados após estarem secos e em equilíbrio com a temperatura ambiente. Os volumosos foram moídos em moinho de facas dotado de peneira de 16 mesh (1 mm) e analisados para determinação do teor de proteína bruta de acordo com a metodologia descrita por SILVA (1998) e os teores de amido segundo a técnica de HENDRIX (1993).

Para avaliação da degradação potencial das frações propostas foi utilizado o modelo proposto por ORSKOV & McDONALD (1979); $p = a + b (1 - e^{-kt})$, onde, p = degradação potencial do componente nutritivo, em porcentagem; a = fração solúvel, em porcentagem; b = fração insolúvel potencialmente degradável, em porcentagem; $a + b$ = potencial de digestão do componente nutritivo; k = taxa de digestão por ação fermentativa, em porcentagem por hora; e t = tempo de incubação, em horas.

Para determinação da degradabilidade efetiva foi utilizada a expressão: $P = a + b k(k + k_p)^{-1}$, onde, P = degradabilidade efetiva, em porcentagem; k_p = taxa de passagem das frações nutritivas por hora, sendo utilizadas as taxas de 2, 5 e 8%/h (AFRC, 1993) e, a , b e k as mesmas constantes da equação anteriormente descrita.

O experimento foi conduzido em um delineamento em blocos casualizados, em um esquema fatorial 3x3, sendo três tipos de grãos (milho, sorgo com tanino e sorgo sem tanino), três formas de processamentos (moído seco, ensilagem e extrusão), e três blocos (animais).

Os resultados foram analisados através do programa Statistical Analysis System (SAS, 1985) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do desdobramento da interação entre os alimentos e as formas de processamento para as frações A, B, C e para a taxa de fermentação (kd) da proteína bruta encontram-se na Tabela 2 e as degradabilidades potencial e efetivas para as taxas de 2, 5 e 8%/h para a proteína bruta estão apresentadas na Tabela 3.

A fração A da proteína do milho ensilado foi elevada (91,5%) enquanto que para o sorgo sem tanino foi 40% menor, mas a fração insolúvel potencialmente degradável foi maior para o sorgo sem tanino (38,6%). As frações DP e DE a 2; 5 e 8%/h da proteína foram significativamente maiores para o milho ensilado do que para o sorgo sem e com tanino ensilados. O sorgo com tanino apresentou fração solúvel muito inferior (13,7%) ao milho, assim como a fração indegradável. A fração insolúvel potencialmente degradável foi cinco vezes maior (25,5%) para o sorgo com tanino do que para o milho (5,1%). Os resultados parecem indicar que a ensilagem não modificou os parâmetros da degradabilidade ruminal do sorgo com tanino (com tanino), permanecendo ainda, inferior ao milho.

Em pesquisa realizada por STREETER *et al.* (1989), a digestibilidade ruminal do N total da dieta tendeu a aumentar quadraticamente quando sorgo úmido substituiu o milho seco na dieta até o nível de 75%, mas com 100% de sorgo úmido a taxa de digestão passou de 55,5 para 44,2%.

O processamento por extrusão do milho não promoveu o aumento da solubilidade da proteína do milho (33,6%) visto que o grão originalmente seco apresentou solubilidade com valor próximo (32,3%). A solubilidade do sorgo sem tanino foi cerca de metade daquela do milho (15,5%) e sua indegradabilidade foi duas vezes maior. Os resultados de solubilidade de proteína para o milho extrusado encontrados nesta pesquisa foram inferiores aos encontrados por MEIRELLES (2001) (51,4%) e MUNIZ (2003) encontrou valor intermediário aos dois (41,7%). A degradabilidade potencial e efetiva do milho extrusado neste estudo foram inferiores às obtidas por MEIRELLES (2001), 88,9% para a DP e entre 68,1 a 81,5% para as degradabilidades efetivas, possivelmente devido às diferenças nas condições da extrusão e com as dietas utilizadas em cada pesquisa.

Os resultados obtidos para as frações A e C da proteína do milho seco foram superiores aos encontradas por MEIRELLES (2001) que foi de 21,2%. Entretanto a fração B e C (67,2 e 11,6%) encontradas por este autor indicam que o milho seco moído avaliado por apresentou maior degradabilidade, podendo ter sofrido moagem em grau diferente ao utilizado na presente pesquisa. De acordo com WADHWA *et al.* (1998), as frações B (de 70,6 para 51,7%) e C (8,9

para 5,1%) da proteína declinaram linearmente com a redução no tamanho da partícula de milho moído seco.

Na Tabela 4 encontram-se os resultados dos desdobramentos da interação entre os ingredientes e os processamentos para as frações A, B, C, para o kd e as degradabilidades potencial e efetivas para as taxas de passagens de 2; 5 e 8 %/h para o amido, estão apresentadas na Tabela 5.

A fração solúvel do amido do milho ensilado foi bastante elevada (97,4%) e praticamente nula a indegradabilidade, sugerindo que o amido após ensilagem pode ser total e imediatamente utilizado no rúmen, o que concorda com os relatos de STOCK *et al.* (1987), que encontraram digestibilidade de 98,1% para o amido de milho úmido ensilado. A ensilagem favoreceu ainda a solubilidade do amido do sorgo sem tanino que foi mais de 90 % maior que o grão seco.

O milho ensilado apresentou fração insolúvel potencialmente degradável do amido menor (2,3%) do que sorgo com e sem tanino ensilados (30,4 e 22,8% respectivamente), e fração indegradável (0,41%) inferior ao sorgo sem tanino (3,4%), e ao sorgo com tanino (16,4%). Para a degradabilidade efetiva em todas as taxas de passagens a diferença foi significativa, com o milho apresentando maior degradabilidade do amido que o sorgo sem e com tanino, com a ensilagem ou a extrusão.

As frações B, C, o kd e as degradabilidades potencial e efetiva do amido a 2%/h significativa entre o milho e o sorgo sem tanino extrusados. O resultado encontrado para a fração solúvel do amido do milho extrusado foi semelhante ao valor encontrado por MUNIZ (2003) de 52,3%, bem como as frações B e C (46,0 e 1,7% respectivamente), entretanto inferior ao encontrado por MORON *et al.* (2000) e GOMIDE (1999) que obtiveram solubilidade do amido de milho extrusado de 98,7 e 98,4%. Em relação ao sorgo com tanino o milho extrusado foi diferente estatisticamente ($p < 0,05$) na indegradabilidade e nas degradabilidades efetivas em todas as taxas. GOMIDE (1999) também verificou diferenças nas frações B, C e para o kd entre milho e sorgo extrusados sendo que os valores destas foram -1,1%, 99,5% e 0,12%/h para o milho e 7,6%, 81,4% e 1,1%/h para o sorgo e concluíram que a extrusão foi efetiva para o grão de sorgo, favorecendo o ataque dos microorganismos aos grânulos de amido.

Os grãos de milho seco apresentaram fração solúvel do amido bastante baixa (13,3%), inferior ao sorgo sem tanino (38,5%) e ao sorgo com tanino (37,7%), mas a fração insolúvel potencialmente degradável foi elevada: 81,7% para o milho; 39,9% para o sorgo 1018 e 41,1% para o sorgo 3002. A indegradabilidade também foi significativa, sendo menor para o milho (4,9%) do que sorgo sem tanino (21,6%) e sorgo com tanino (21,2%). MORON *et al.* (2000) não encontraram diferenças entre milho e sorgo secos moídos nas frações A (26,2 e 28,3%) e na

degradabilidade potencial (94,6 e 98,3%), apenas a degradabilidade efetiva (4%/h) que foi maior para o milho (54,3%) do que para o sorgo (48,3%), estiveram próximas as obtidas nesta pesquisa. Já os valores encontrados para as frações A e B do milho e do sorgo foram muito inferiores aos encontrados por GOMIDE (1999) sendo que a fração A do milho foi de 86,9% e do sorgo 57,6%, e a as frações B: 82,9 e 57,6% e mas as taxas de fermentação (kd %): 0,46 e 0,15% foram mais baixas.

No processamento a matriz protéica que recobre e encapsula o grânulo de amido é rompida ou esta proteína é desnaturada, permitindo o acesso dos microorganismos ou das enzimas, aumentando a extensão da digestão no rúmen ou intestino delgado (HALE, 1973; OWENS *et al.* 1986 e OWENS *et al.*, 1997), além disso a moagem, trituração, laminação a seco, extrusão, floculação ou tratamentos com álcalis ou ácidos podem induzir a gelatinização do amido, tornando-o mais digestível que o natural (ROONEY & PFLUGFELDER, 1986).

O tanino pode interferir no desaparecimento da proteína bruta, diminuindo a disponibilidade ruminal desse nutriente ao ataque microbiano. NYACHOTI *et al.* (1997) comentaram que o tanino pode se ligar à proteína influenciando sua solubilidade.

Para o desaparecimento da proteína bruta do sorgo com tanino (Tabela 6), a extrusão foi o processamento mais importante, embora o desaparecimento tenha sido menor que o observado para o milho e sorgo sem tanino (Figura 1), por outro lado, a ensilagem não beneficiou o desaparecimento. Diferentemente da proteína, para o amido, tanto a ensilagem quanto a extrusão contribuíram para o aumento do desaparecimento desse nutriente, principalmente nas 12 primeiras horas de fermentação ruminal (Tabela 7). Considerando que o tempo de retenção retículo-rúmen de 15 horas para fontes energéticas, como o milho (MENDES, 2003), o desaparecimento do amido do sorgo com tanino seria aproximadamente de 70%, enquanto que para o grão seco este valor seria de 34%. Paralelamente, o desaparecimento da proteína do sorgo com tanino extrusado, neste mesmo tempo de permanência, seria de aproximadamente 40% enquanto que no grão seco, este valor seria 47% menor. A extrusão aumentou o desaparecimento da proteína e foram semelhantes para o sorgo sem tanino e para o sorgo com tanino, reforçando a idéia de que a extrusão, devido a pressão e umidade, auxiliaria no aumento da disponibilidade protéica devido provavelmente ao rompimento das ligações existentes entre o tanino e a proteína. Ao contrário do sorgo, a extrusão diminuiu o desaparecimento da proteína do milho. MEIRELLES (2001) também observou que ao extrusar o milho, o desaparecimento protéico foi menor, possivelmente devido a complexação estrutural após a submissão da partícula à pressão e umidade.

CONCLUSÕES

A ensilagem foi mais eficiente para melhorar a degradabilidade da proteína e do amido dos grãos de milho, enquanto que para o sorgo sem tanino tanto a ensilagem quanto a extrusão foram eficientes;

os grãos de sorgo sem tanino ensilado apresentaram valores de degradabilidade da proteína e do amido muito próximos aos grãos de milho ensilado, podendo substituí-lo nas rações sem prejudicar o aproveitamento pelos animais;

a extrusão e a ensilagem embora tenham melhorado os valores de degradabilidade da proteína e do amido do sorgo com tanino, não foram eficientes em torná-lo comparável ao milho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFRC. *Agricultural and Food Research Council. Energy and protein requirements of ruminants*. Wallingford. UK. CAB INTERNATIONAL, 1993, 159p.
- GAEBE, R.J.; SANSON, D.W.; RUSH, L.G.; RILEY, M.L.; HIXON, D.L.; PAISLEY, S.I. Effects of extruded corn or grain sorghum on intake, digestibility, weight gain, and carcasses of finishing steers. *Journal Animal Science*, v. 76, p. 2001-2007, 1998.
- GOMIDE, I.F. Cinética da digestão ruminal do amido, amilose e amilopectina de diferentes grãos em misturas com uréia. Lavras: UFLA, 1999. 46 p. *Dissertação* (Mestrado em Zootecnia, Área de Concentração em Nutrição de Ruminantes) – Universidade Federal de Lavras.
- HALE, W.H. Influence of processing on the utilization of grains (starch) by ruminants. *Journal Animal Science*, v. 73, n.4, p. 1075-1083, 1973.
- HENDRIX, D.L. Rapid extraction and analysis of nonstructural carbohydrates in plant tissues. *Crop Science*, v. 33, p. 1306-1311, 1993.
- KNOWLTON, K.F.; GLENN, B.P.; ERDMAN, R.A. Performance, ruminal fermentation, and differently. *Journal Dairy Science*, v. 81, p. 1972, 1998.
- MEIRELLES, S.L. Degradabilidade ruminal *in situ* do milho e gérmen de milho extrusados ou não contendo dois níveis de óleo residual, Jaboticabal: FCAVJ/UNESP, 2001. 44p. *Trabalho de Graduação* (Graduação em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.
- MENDES, A. R., **Fontes energéticas associadas ao farelo de girassol em dietas para bovinos em confinamento**. 2031, 103f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal – SP, 2003.
- MORON, I.R.; TEIXEIRA, J.C; OLIVEIRA, A.I.G.; PEREZ, JR.; OLIVEIRA, J.S. Cinética da digestão ruminal do amido dos grãos de milho e sorgo submetidos a diferentes formas de processamento. *Ciência Agrotécnica*, v.24, n.1, p. 280-212, 2000.

- MUNIZ, E.N. Adição de metionina protegida da degradabilidade ruminal em rações para cordeiros alimentados com dois níveis de proteína não degradável no rúmen, Jaboticabal: FCAVJ/UNESP, 2003. 69p. *Tese* (Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração Produção Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.
- NYACHOTI, C.M.; ATKINSON, J.L.; LEESON, S. Sorghum tannins: a review. *World's Poultry Science Journal*, v. 53, p. 4-21, 1977.
- ORSKOV, E.R.; Mc DONALD, L. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements according to rate of passage. *Journal. Agric. Science*, v. 92, p.499-503, 1979.
- OWENS, N. F., SECRIST, D.S., HILL, W.H., GILL, D.R. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a Review. *Journal Animal Science*, v.75, n.1, p.868-879, 1997.
- OWENS, F. N; ZINN, R.A.; KIM, Y.K. Limits starch digestion in the ruminant small intestine. *Journal Animal Science*, v. 63, n.1, 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 superprecoce, Botucatu: FMVZ/UNESP, 2001. 54 p. *Tese* (Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração em Nutrição e Produção Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista.
- ROONEY W. L., PFLUGFELDER, R. L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *Journal Animal Science*, v.63, n.1, p.1607-1623, 1986.
- SAS Institute, Statistical Analysis System. 5 ed. Cary, NC, SAS Institute, 1985.
- SILVA, D.J. *Análise de alimentos*: Métodos químicos e biológicos. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1998. 176p.

STOCK, R. A.; BRINK, D.R.; BRANDT, R.T.; MERRIL, J.K.; SMITH, K.K. Feeding combinations of high moisture corn and dry corn to finishing cattle. *Journal Animal Science*, v.65, n.1, p.282-289, 1987.

STREETER, M. N. Combinations of high-moisture harvest sorghum grain and dry-rolled corn: effects on: site and extent of digestion in beef heifers. *Journal Animal Science*, v.67, n.1, p.1623-1633, 1989.

TONROY, B.R.; PERRY, T.W.; BEESON, W.M. Dry, ensiled high-moisture, ensiled reconstituted high-moisture and volatile fatty acid treated high moisture corn for growing-finishing beef cattle. *Journal Animal Science*, v.39, n. 5, p. 931-936, 1974.

WADHWA, M.; PAUL, D.; 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.

Tabela 1. Composição dos concentrados utilizados no experimento de degradabilidade (% na matéria seca).

Alimento	Sorgo AG 1018	Sorgo AG 3002
Milho ensilado	14,5	14,5
Milho extrusado	11,7	11,7
Milho seco	12,0	12,0
Sorgo AG 1018 ensilado	14,5	-
Sorgo AG 1018 extrusado	11,9	-
Sorgo AG 1018 seco	11,9	-
Sorgo AG 3002 ensilado	-	14,5
Sorgo AG 3002 extrusado	-	11,9
Sorgo AG 3002 seco	-	11,9
Farelo de soja	23,5	23,5

Tabela 2. Frações solúvel (A), insolúvel potencialmente degradável (B), e indegradável (C), taxa de fermentação (kd) da proteína bruta do milho, sorgo AG 1018 e sorgo AG 3002, ensilados, extrusados e secos.

Variável	Processamento	Ingrediente		
		Milho	Sorgo AG 1018	Sorgo AG 3002
A	Ensilagem	91,5	50,7	13,7
	Extrusão	33,6	15,5	25,6
	Seco	32,3	17,9	14,8
CV %		-		
C	Ensilagem	3,4Bb	10,7Bc	60,8Aa
	Extrusão	14,0Ba	35,5Ab	44,9Ab
	Seco	9,4Bab	55,6Aa	52,8Ab
CV %		26,6		
B	Ensilagem	5,1Cb	38,6Aab	25,5Ba
	Extrusão	52,3Aa	49,0Aa	29,5Ba
	Seco	58,3Aa	26,5Bb	32,4Ba
CV %		19,3		
Kd	Ensilagem	4,5	2,7	1,6
	Extrusão	4,4	2,8	3,2
	Seco	3,3	1,2	3,1
CV %		89,9		

Médias seguidas de letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey.

Tabela 3. Degradabilidade potencial (DP) e efetiva (DE) para as taxas de passagem de 2, 5 e 8 %/h, da proteína bruta do milho, sorgo AG 1018 e sorgo AG 3002, ensilados, extrusados e secos

Variável	Processamento	Ingrediente		
		Milho	Sorgo AG 1018	Sorgo AG 3002
Degradab. Potencial	Ensilagem	94,7Aa	76,5Aa	21,6Bb
	Extrusão	77,7Ab	48,5Ab	45,5Aa
	Seco	76,3Ab	27,6Ac	30,7Ab
CV %		12,7		
Degradab. Efetiva 2 %/h	Ensilagem	94,1Aa	71,3Aa	20,3Bb
	Extrusão	68,5Ab	42,0Ab	41,5Aa
	Seco	67,2Ab	25,9Ac	28,2Bb
CV %		10,4		
Degradab. Efetiva 5 %/h	Ensilagem	92,3Aa	63,5Aa	17,5Bc
	Extrusão	57,2Ab	31,8Ab	36,3Aa
	Seco	54,6Ab	22,5Ac	22,6Ab
CV %		9,8		
Degradab. Efetiva 8 %/h	Ensilagem	92,9Aa	60,0Aa	16,4Bb
	Extrusão	51,5Ab	27,4Ab	33,8Aa
	Seco	48,8Ab	21,2Ab	20,4Ab
CV %		8,7		

Médias seguidas de letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey.

Tabela 4. Frações solúvel (A), insolúvel potencialmente degradável (B), e indegradável (C), taxa de fermentação (kd) do amido do milho, sorgo AG 1018 e sorgo AG 3002, ensilados, extrusados e secos.

Variável	Processamento	Ingrediente		
		Milho	Sorgo AG 1018	Sorgo AG 3002
A	Ensilagem	97,3	73,8	53,2
	Extrusão	52,0	45,8	47,7
	Seco	13,3	38,5	37,7
CV %			-	
C	Ensilagem	0,41Aa	3,4Ab	16,4Ba
	Extrusão	2,0Aa	6,8Ab	10,8Aa
	Seco	5,0Ba	21,6Aa	21,2Aa
CV %			64,8	
B	Ensilagem	2,3Bc	22,8Ab	30,4Ab
	Extrusão	46,0Ab	47,4Aa	41,5Aa
	Seco	81,7Aa	39,9Aa	41,1Aa
CV %			12,8	
Kd	Ensilagem	6,7	3,0	2,1
	Extrusão	5,9	4,1	4,5
	Seco	4,3	1,8	3,1
CV %			70,7	

Médias seguidas de letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey.

Tabela 5. Degradabilidade potencial e efetiva (em %) para as taxas de passagem de 2, 5 e 8 %/h, do amido do milho, sorgo AG 1018 e sorgo AG 3002, ensilados, extrusados e secos.

Variável	Processamento	Ingrediente		
		Milho	Sorgo AG 1018	Sorgo AG 3002
Degradab. Potencial	Ensilagem	98,9Aa	88,9Aa	69,3Bb
	Extrusão	94,2Aa	86,3Aa	82,5Ba
	Seco	82,9Ab	61,1Ab	68,1Ab
CV %		8,4		
Degradab. Efetiva 2 %/h	Ensilagem	98,6Aa	85,9Aa	66,2Bab
	Extrusão	83,7Ab	77,6Aa	75,4Aa
	Seco	68,1Ac	57,0Ab	61,8Ab
CV %		7,1		
Degradab. Efetiva 5 %/h	Ensilagem	98,3Aa	81,6Aa	61,2Ba
	Extrusão	76,2Ab	67,2Ab	66,6Aa
	Seco	50,4Ac	48,9Ac	53,0Aa
CV %		6,8		
Degradab. Efetiva 8 %/h	Ensilagem	98,1Aa	79,6Aa	59,0Ba
	Extrusão	71,0Ab	62,0Ab	62,1Aa
	Seco	41,4Ac	45,7Ac	49,0Ab
CV %		6,1		

Médias seguidas de letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey.

Tabela 6. Desaparecimento da proteína bruta para o milho e os híbridos de sorgo com e sem tanino

Horários		2	4	6	12	24	48
Ensilado	Milho	91,0 Aa	92,6 Aa	93,4 Aa	95,3 Aa	94,0 Aa	96,5 Aa
	Sorgo AG 1018	65,7 Bb	68,4 Bb	69,4 Bb	73,6 ABb	76,9 Bb	89,3 Aa
	Sorgo AG 3002	18,9 Bc	17,8 Bc	17,4 Bc	20,7 Bc	18,9 Bc	33,3 Ac
Extrusado	Milho	61,2 Ca	64,7 Ca	68,2 Ca	70,6BCa	77,3Ba	88,6 Aa
	Sorgo AG 1018	37,8 Bb	45,4 Bb	46,4 Bb	48,9 Bb	51,3 Bb	64,5 Ab
	Sorgo AG 3002	36,8 Bb	36,7 Bb	42,6 Bb	39,8 Bb	46,2 ABb	51,3 Ac
Seco	Milho	37,2 Da	40,0 Da	40,6 Da	49,9 Ca	63,4 Ba	90,6 Aa
	Sorgo AG 1018	16,7 Bb	23,6 Bb	16,9 Bb	20,8 B b	24,1 B b	44,4 Ab
	Sorgo AG 3002	17,6 Bb	17,6 Bb	16,2 Bb	21,2 Bb	26,5 Bb	47,2 Ab

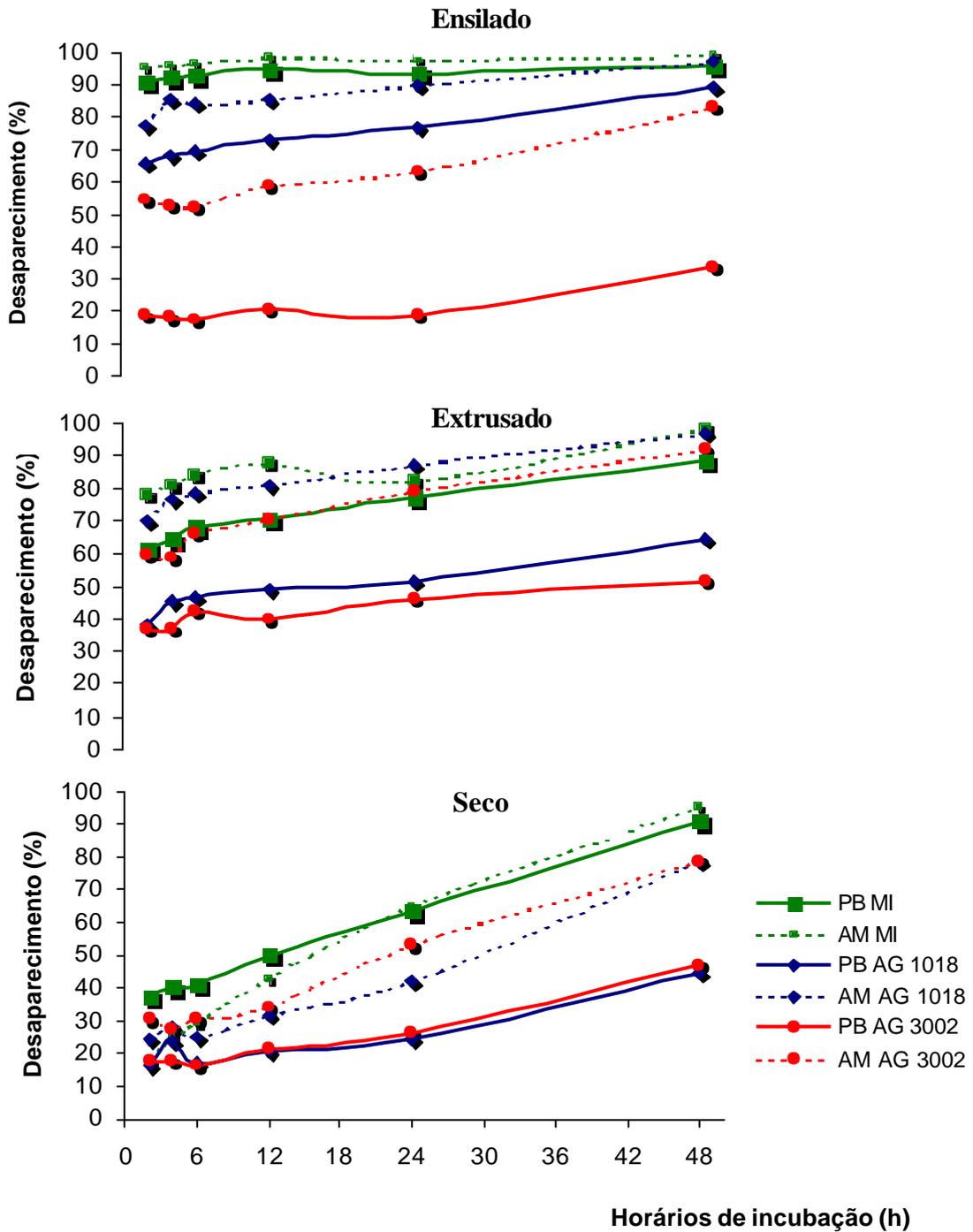
Médias seguidas de letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey,

Tabela 7. Desaparecimento do amido para o milho e os híbridos de sorgo com e sem tanino

Horário		2	4	6	12	24	48
Ensilado	Milho	95,6 Aa	96,5 Aa	96,9 Aa	98,7 Aa	98,1 Aa	99,6 Aa
	Sorgo AG 1018	77,8 Bb	85,9 ABb	84,5 ABb	85,8 ABb	89,9Aa	97,4 Aa
	Sorgo AG 3002	54,9 Bc	52,9 Bc	52,2 Bc	59,0 Bc	63,4 Bb	83,4 Ab
Extrusado	Milho	77,9 Ba	80,8 Ba	84,2 Ba	87,5 Ba	82,2 ABa	97,9 Aa
	Sorgo AG 1018	70,2 Ba	76,5 Ba	78,5 Ba	80,7 Ba	87,3 AB a	96,8 Aa
	Sorgo AG 3002	59,8 Cb	58,9 Cb	66,0 Cb	70,8 BCb	78,9 Bb	92,1 Aa
Seco	Milho	17,7 Ea	24,8 DEa	29,3 Da	42,5 Ca	64,5 Ba	95,0 Aa
	Sorgo AG 1018	24,3 Ba	27,9 Ba	24,8 Ba	31,7 Bb	41,9 Bb	78,4 Ab
	Sorgo AG 3002	30,6 Ca	27,6 Ca	30,5 Ca	33,9 Ca	53,1 Bb	78,8 Ab

Médias seguidas de letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey,

Figura 1. Desaparecimento da proteína bruta e do amido do milho e sorgos (com e sem tanino) ensilados, extrusados e secos



CAPÍTULO 4

IMPLICAÇÕES

A elevada participação dos grãos de cereais na ração animal e, principalmente dos processamentos como extrusão e floculação tem exigido a procura por fontes energéticas alternativas não competitivas com o homem, como os grãos de sorgo e, técnicas de processamentos que possam minimizar o custos de produção.

A conservação na forma de silagem por constituir uma prática mais eficiente no armazenamento de grãos de cereais para alimentação animal em relação ao armazenamento na forma de grãos secos permite ainda, melhor aproveitamento pelos animais pela maior disponibilidade de nutrientes, podendo por isso ser incorporada pelo setor produtivo em substituição às demais formas de processamento.

No estudo da degradabilidade de grãos de sorgo parece ser necessário incluir maior tempo de incubação para verificar o potencial máximo de degradação, especialmente da proteína bruta em grãos secos. Da mesma forma, a determinação dos teores de tanino precisa estar associada a outras técnicas, como cromatografia e a produção de gás ou bioensaio, para melhor entendimento do comportamento deste fator antinutricional nos grãos de cereais processados por extrusão e armazenados na forma de silagem.