

**CINÉTICA DA DIGESTÃO RUMINAL DO
AMIDO, AMILOSE E AMILOPECTINA
DE DIFERENTES GRÃOS EM
MISTURAS COM URÉIA**

INÊS DE FREITAS GOMIDE

1999

INÊS DE FREITAS GOMIDE

**CINÉTICA DA DIGESTÃO RUMINAL DO AMIDO,
AMILOSE E AMILOPECTINA DE DIFERENTES GRÃOS
EM MISTURAS COM URÉIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Ruminantes, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Dr. Júlio César Teixeira

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

1999

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Gomide, Inês de Freitas

Cinética da digestão ruminal do amido, amilose e amilopectina de diferentes grãos em misturas com uréia / Inês de Freitas Gomide. – Lavras : UFLA, 1999.
46 p.: il.

Orientador: Júlio César Teixeira.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Bovino de corte. 2. Degradabilidade. 3. Amido. 4. Amilose. 5. Amilopectina.
6. Amireia. 7. Extrusão. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-636.213

-636.20855

INÊS DE FREITAS GOMIDE

CINÉTICA DA DIGESTÃO RUMINAL DO AMIDO, AMIOLOSE, AMILOPECTINA DE DIFERENTES GRÃOS EM MISTURAS COM URÉIA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Ruminantes, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 29 de janeiro de 1999

Prof. Evódio Ribeiro Vilela UFLA

Prof. Antônio Ricardo Evangelista UFLA

Prof. Joel Augusto Muniz UFLA

Prof. Paulo Borges Rodrigues UFLA



Prof. Júlio César Teixeira
UFLA
(Orientador)

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

Aos meus pais, Mauro, Virgínia, pelo amor, dedicação, carinho, por serem símbolos de honestidade e de ideais, e pelo apoio em todos os momentos da minha vida.

Ao meu irmão Eduardo, pelo amor, companheirismo, amizade e por estar sempre presente, mesmo que seja somente em pensamento.

A todos aqueles que têm na profissão de PROFESSOR, um modo de vida e símbolo de respeito à humanidade.

OFEREÇO E DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de realizar o curso de Mestrado.

Ao Departamento de Zootecnia, pela receptividade e apoio no trabalho de pesquisa.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Professor Júlio César Teixeira, pela orientação, apoio e paciência e aos Professores Juan R. O. Perez, Evódio Ribeiro Vilela, Antônio Ricardo Evangelista, Joel Augusto Muniz, Paulo Borges Rodrigues e Joelma, pela avaliação, ensinamentos, sugestões e convívio.

Aos alunos de Iniciação Científica Beatriz, Rafael e Dani, pelo auxílio e coleguismo:

Aos demais Professores e Funcionários do Departamento de Zootecnia - UFLA, pela ajuda e profissionalismo.

Aos grandes amigos Erika, Andrei, Ilka, Andrea, Simone, Flávio, Ana, Renata, João e Pedro, pelos momentos de alegria, felicidade, tristeza, estresse e muitas saidinhas light.

Ao Gordo, pela grande amizade companheirismo, carinho e por me considerar parte de sua mobília.

À todos que estiveram presentes em minha vida e colaboraram de uma forma ou de outra na execução desse trabalho.

LISTA DE ABREVIATURAS

NNP	nitrogênio não protéico
NH ₃	amônia
MIM	mistura obtida com 47% de grão de milho moído, 50% uréia pecuária e 3% de enxofre
MIE	mistura obtida com a extrusão de 47% de grão de milho moído, 50% uréia pecuária e 3% de enxofre
MTM	mistura obtida com 47% de grão de milheto moído, 50% uréia pecuária e 3% de enxofre
MTE	mistura obtida com a extrusão de 47% de grão de milheto moído, 50% uréia pecuária e 3% de enxofre
SOM	mistura obtida com 47% de grão de sorgo moído, 50% uréia pecuária e 3% de enxofre
SOE	mistura obtida com a extrusão de 47% de grão de sorgo moído, 50% uréia pecuária e 3% de enxofre
k	taxa de passagem ruminal do alimento
FS	fração solúvel
FPD	fração potencialmente degradável da fração insolúvel
TD	taxa de degradação
FI	fração indegradável
DEMST	degradabilidade estimada da matéria seca para cada tempo de incubação
DEAT	degradabilidade estimada do amido para cada tempo de incubação
DEAST	degradabilidade estimada da amilose para cada tempo de incubação
DEAPT	degradabilidade estimada da amilopectina para cada tempo de incubação
DE	degradabilidade efetiva
DEMS	degradabilidade efetiva da matéria seca
DEA	degradabilidade efetiva do amido

DEAS	degradabilidade efetiva da amilose
DEAP	degradabilidade efetiva da amilopectina
MSPD	matéria seca potencialmente degradada
APD	amido potencialmente degradado
ASPD	amilose potencialmente degradada
APPD	amilopectina potencialmente degradada

SUMÁRIO

Resumo	i
Abstract	iii
1 Introdução	1
2 Referencial Teórico	2
2.1 Fontes de amido	2
2.2 Uréia na alimentação de ruminantes	5
2.3 Enxofre	8
2.4 Efeito da extrusão sobre a uréia e fontes de amido	9
2.5 Técnica da degradabilidade <i>in situ</i>	12
3 Material e Métodos	13
3.1 Local e fatores climáticos	13
3.2 Animais, manejo e arraçamento	13
3.3 Obtenção dos tratamentos	14
3.4 Experimento	16
3.5 Procedimento experimental	17
3.6 Análises laboratoriais	18
4 Resultados e Discussão	19
4.1 Cinética da degradação ruminal da matéria seca das diferentes misturas	19
4.2 Cinética de degradação ruminal do amido das diferentes misturas	23
4.3 Cinética de degradação ruminal da amilose das diferentes misturas	29
4.4 Cinética da degradação ruminal da amilopectina das diferentes misturas	32
5 Conclusões	35
6 Referencias Bibliográficas	36

RESUMO

GOMIDE, Inês de Freitas. **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).*

Os grãos de cereais são as principais fontes de energia nas rações de ruminantes, sendo usual também o emprego de fontes de nitrogênio não protéico como a uréia, principalmente nos períodos mais secos do ano. Diferentes métodos de processamento são utilizados para aumentar a eficiência energética dos grãos, com o intuito de promover uma melhor síntese de proteína microbiana. Considerando a importância dos grãos de milho, sorgo e atualmente o milheto, como fontes de amido na alimentação de ruminantes, assim como o emprego da uréia como fonte de nitrogênio não protéico e o efeito do processamento sobre a utilização destas misturas alimentares, conduziu-se este trabalho no Setor de Bovinos Leiteiros do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), com a finalidade de avaliar, através da técnica do saco de náilon, a degradabilidade ruminal da matéria seca e amido de misturas compostas por uma fonte de amido (milho, sorgo ou milheto) juntamente com uréia e enxofre, em duas diferentes formas de processamento (extrusão e moagem), e a degradabilidade ruminal da amilose e amilopectina das misturas processadas por moagem. Três vacas nelores providas de fístulas ruminais para a incubação das misturas foram utilizadas e aproximadamente 6g de amostra da mistura foram colocadas em sacos de náilon de 9 x 20cm com porosidade aproximada de 48 μ m, pelos tempos de 0, 3, 6, 12, 24 e 36 horas. Foram colocados 18 sacos por vez, 3 para cada tratamento. Os sacos retirados foram lavados em máquina apropriada e secos em estufa de ventilação forçada a 60°C. Para as análises de amido, amilose e amilopectina, fez-se uma amostra composta para cada tempo de incubação, sendo que três repetições de cada tratamento, incubadas em cada um dos três animais, constituíram uma amostra composta. O amido foi extraído por hidrólise ácida, a amilose por método colorimétrico e a amilopectina pela subtração do teor de amilose pelo teor de amido. O processamento pôr extrusão aumentou a degradabilidade ruminal tanto da matéria seca quanto do amido, com resultados superiores aos obtidos pôr moagem. Comparado apenas às fontes de amido, o milho contribuiu com os melhores resultados, seguido pelo sorgo e, finalmente, o milheto. O tratamento obtido com a mistura do milheto, uréia e enxofre, processada por moagem

* Comitê Orientador: Júlio César Teixeira - UFLA (Orientador), Evódio Ribeiro Vilela - UFLA, Antônio Ricardo Evangelista - UFLA, Joel Augusto Muniz - UFLA, Paulo Borges Rodrigues - UFLA.

apresentou os melhores resultados quanto à degradabilidade da amilose. Pelos dados obtidos, conclui-se que a mistura extrudada composta por milho, uréia e enxofre foi a mais intensamente degradada no rúmen, seguida pelas misturas extrudadas com sorgo e milho, o que sugere um melhor aproveitamento da energia contida no grão.

ABSTRACT

GOMIDE, I. F. Kinetics ruminal degradation of starch, amylose, amylopectine from different grains with urea mixture . Lavras: UFLA, 1999. 46p. (Master Dissertation in Animal Science)*

The cereals grains are the main energy source in ruminants rations, being also usual the utilization of non protein nitrogen feeds as a urea, mainly in dry year season. Different methods of process by industry has been utilized in order to increase the energetic efficiency of grains with objective to promote better synthesis of microbial protein. Considering the importance of corn grain, sorghum and actually millet as a source of starch in ruminant feeding as well as urea utilized as a source of non protein nitrogen and the effect of industry process methods on these mixed feed one study was undertaken at the dairy cattle section of the Animal Science Department Department at the University Federal of Lavras (UFLA) in order to evaluate by using nylon bags technique the ruminal degradability of dry matter and starch from feed mixture compound by one starch source (corn, sorghum or millet) with urea and sulfur in two different types of process methods (extrusion and grinder) as well as ruminal degradability of amylose and amylopectine from the feeds mixture by grinder process. Three mature and non-lactating Nelore cows, were fitted with rumen cannula in order to study the ruminal degradability. Approximately 0,6 grams of feed samples were weighted into nylon bag 9 x 20 cm wide, with 48 μ pore size. The nylon bags were placed into each animal rumen during 0, 3, 6, 12, 24 and 36 hours. A total of 18 nylon bags were placed in each time , three for each treatment. According to the incubation time, the bags were then removed from rumen, and washed in a machine suitable for bag-washing and dried in a forced stove at 60°C and weighted . In order to determinate the degradability of starch , amylose and amylopectine it was made a compound sample for each incubation time, a total of three replicates for each treatment were incubated in each one of the three animals that were constitute the compound samples. The starch was extrated by acid hydrolysis, the amylose was determined by calorimetric method whereas that the amilopectine was obtained by subtraction from starch and amylose contents. The extrusion process method increased both ruminal degradability of dry matter and starch with results higher than those obtained by grinder process. These

* Guindance Committee: Júlio César Teixeira - UFLA (Major Professor), Evódio Ribeiro Vilela - UFLA, Antônio Ricardo Evangelista - UFLA, Joel Augusto Muniz - UFLA and Paulo Borges Rodrigues - UFLA.

results should be compared only with those obtained by the starch sources. The corn contributed for the best results, followed by sorghum and millet. The treatment obtained from mixture of millet and sulfur submitted to grinder process shown the best results for ruminal degradability of amylose whereas that the mixture with corn, urea and sulfur submitted to grinder process shown the best results for ruminal degradability of amylopectine. According to the results obtained in this experiments we should conclude that the feed obtained by mixed extruded compound by corn, urea and sulfur was more intensely degraded in the rumen followed by the feed obtained by mixed extruded compound by sorghum and millet , this results also suggest that the extrusion method promote best energy utilization in the cereal grains.

1. INTRODUÇÃO

Os grãos são as principais fontes de energia nas rações de ruminantes, sendo importante o conhecimento sobre a extensão da utilização do amido nesses alimentos. A estrutura e composição do amido presente nestes grãos tem um importante papel na digestibilidade e no seu valor nutritivo para os animais.

A degradabilidade do amido é dependente de sua fonte e de seu processamento. Com o intuito de aumentar a disponibilidade do amido ao ataque dos microrganismos ruminais, vários métodos de processamento de grãos têm sido pesquisados e utilizados.

Os ruminantes, em razão da capacidade de degradação de compostos nitrogenados e da síntese de proteína microbiana no rúmen, apresentam a peculiaridade de utilizar diferentes fontes de nitrogênio para suprir suas exigências. Esta síntese depende de vários fatores, dentre eles a disponibilidade de energia fermentescível. Entre estas fontes de energia utilizadas para o aproveitamento do nitrogênio não protéico (NNP), as provenientes do amido dos grãos de cereais apresentam boa eficiência.

Com o intuito de evitar a alta concentração de amônia no rúmen após a ingestão de uréia e aumentar a incorporação do nitrogênio amoniacal à proteína microbiana, muitos pesquisadores têm desenvolvido estudo com a mistura de amido com uréia. Foi pesquisado e desenvolvido nos Estados Unidos, na década de 1960 e no Brasil, há mais de 10 anos, uma forma de utilização da uréia, procurando maximizar sua utilização e aceitabilidade pelos animais a custo reduzido. A Amirea (Starea), produto à base de uréia, amido e enxofre processado por extrusão, apresenta baixa toxicidade e alta palatabilidade representando uma alternativa viável na nutrição de ruminantes. Este produto aparentemente torna a energia disponível para os microrganismos do rúmen a uma taxa semelhante à liberação de amônia pela hidrólise da uréia, aumentando a síntese de proteína microbiana.

A estrutura do grão de amido também influencia na sua degradabilidade ruminal, porque o grânulo de amido é composto por dois polissacarídeos, amilose e amilopectina, esta última presente no interior entremeada pela amilose e por uma matriz protéica que dificulta a degradabilidade do grânulo. Mediante o conhecimento desses efeitos sobre os locais de digestão do amido, poderemos obter diferenças na utilização da energia pelos ruminantes, para melhor desempenho produtivo. Os estudos de degradabilidade ruminal *in situ* possibilitam a avaliação das diferenças existentes na utilização dos nutrientes pelos microrganismos ruminais.

O trabalho foi conduzido com o objetivo de estudar a cinética de degradação ruminal da matéria seca, do amido, da amilose e da amilopectina de três diferentes fontes de amido (sorgo, milho e milheto), misturados com uréia e enxofre, mediante dois processamentos (moagem e extrusão) em vacas da raça nelore.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Fontes de amido

O amido é um dos nutrientes da dieta dos ruminantes utilizados para promover altos níveis de produção, e conseqüentemente, sua utilização ótima é fundamental para aumentar a eficiência da produção animal. As principais fontes de amido nestas dietas são os grãos de cereais, normalmente, milho, sorgo e cevada (Theurer, 1986).

Segundo Mendoza, Ricalde e Alanís (1993), a digestão e utilização do amido resultam da interação com outros componentes da dieta, aspectos microbiológicos e fatores próprios do animal.

O amido é um polissacarídeo de reserva dos vegetais, constituído basicamente de duas frações: amilose e amilopectina. Estes polímeros são depositados dentro das células do endosperma em grânulos semicristalinos que podem ter forma lenticular, poliédrica ou esférica, e o conteúdo percentual de amilose e amilopectina é variável de acordo com a espécie de planta e o cultivar (Guilbolt e Mercier, 1985). O amido

apresenta uma fração cristalina com alto grau de organização, composta principalmente por amilopectina e uma amorfa com muita amilose e menor organização. As moléculas de amilopectina e amilose no grânulo de amido estão ligadas por pontes de hidrogênio. O amido dos cereais comuns contém de 20 a 30% de amilose, enquanto que os cerosos contêm pequenas quantidades ou nenhuma de amilose (Rooney e Pflugfelder, 1986).

Segundo Manners (1985), a maioria dos amidos contém em torno de 20 a 30% de amilose e de 70 a 80% de amilopectina, alguns especialmente variedades cerosas de milho e sorgo, apresentam menos de 1% de amilose. Outros amidos, como certas variedades de milho e cevada, contêm mais de 60% de amilose, apresentando propriedades incomuns. Os milhos híbridos são normalmente compostos por 75% de amilopectina, mas eles variam de totalmente composto por amilose a totalmente composto por amilopectina (Allen, 1998). Segundo o mesmo autor, a extensão na qual muitos destes fatores variam por híbrido e ambiente e como afetam a digestibilidade não é conhecida. Waldo (1973) chamou a atenção, em seu trabalho, para a grande amplitude existente dentro de uma mesma espécie referente ao conteúdo de amido, observando que não se sabe se tal amplitude se deve às diferenças entre cultivares dos grãos ou às análises de laboratório realizadas.

Os grãos usualmente são os principais alimentos concentrados de energia e de proteína nas rações de ruminantes, portanto é importante o conhecimento da extensão da utilização da proteína e do amido nesses alimentos. A estrutura e composição dos amidos presentes nos cereais e sua interação com a proteína têm papel importante na digestibilidade e no valor nutritivo dos grãos para os animais (Ronney e Pflugfelder, 1986).

Para a maioria dos grãos, raízes e tubérculos, o rúmen é o principal local de fermentação do amido presente nos grânulos e a hidrólise do amido é resultado de diversas amilases microbianas, liberando oligossacarídeos, maltotriose, maltose e pequenas quantidades de glicose (Russel et al., 1981a).

Existe uma grande variação na digestibilidade do amido das diversas fontes. Segundo Russel, Young e Jorgensen (1981a), o amido dos cereais é mais facilmente digerido do que o amido presente nos tubérculos e raízes, enquanto o dos legumes tem digestibilidade intermediária. Apesar da grande importância do amido na produção de dietas para ruminantes, o mecanismo de sua degradação pelos microrganismos do rúmen tem sido pouco estudado. Segundo Allen (1998), existem dois tipos de polissacarídeo: a amilose (difícil digestão) e a amilopectina (fácil digestão).

A quebra das sementes garante um aumento da digestibilidade do amido que pode ser afetada ainda por vários outros fatores. Os grânulos de amido dentro das sementes são entremeados por um endosperma protéico o qual deve ser digerido ou solubilizado antes que o amido esteja disponível aos microrganismos do rúmen. O endosperma varia em suas características tanto quanto em sua solubilidade. Além disto, o tamanho dos grânulos e o tipo de amido variam (Allen, 1998).

A digestibilidade do amido é afetada por sua composição e forma física, interação proteína-amido, integridade celular de suas unidades, forma física do alimento e os fatores antinutricionais, que incluem inibidores enzimáticos, fitatos, lectinas e taninos (Thorne e Dheher, citados por Rooney e Pflugfelder, 1986). O tanino presente nos grãos de variedades de sorgo resistentes a pássaros pode combinar-se com proteínas e inibir certos sistemas enzimáticos, podendo efetivamente reduzir a digestão do amido (Rooney e Earp, 1984).

O sorgo e o milheto são cereais ricos em amido, frequentemente de menor custo que o milho e não competem com a alimentação humana. O sorgo, em função de sua rusticidade e adaptação a plantios de fim de verão ou princípio de outono, apresenta grande potencial para a alimentação animal (Pereira et al., 1993), sendo considerado apto à expansão nas diversas regiões do país (Ferreira Neto e Miranda, 1989).

Tradicionalmente, o grão de sorgo tem sido considerado menos valioso que o grão de milho devido a menor digestibilidade de seus nutrientes o que pode estar

relacionado a vários fatores, tais como variedade ou tipo de endosperma (Hibbert et al., 1982). Ainda segundo estes autores, existe também uma grande variabilidade na composição química dos grãos, o que pode ser atribuído, em parte, às condições ambientais durante o crescimento e maturação da semente.

O sorgo marrom e o sorgo resistente a pássaros apresentam menores digestibilidades por apresentarem alta concentração de tanino e conduzem a uma performance animal inferior, comparados com outras cultivares (Rooney e Earp, 1984). Samford et al., (1986), comparando variedades de grãos de sorgo com tipos de endosperma diferentes, observaram que os grãos cerosos apresentaram maior degradação ruminal do amido em relação aos não cerosos. Segundo Rooney e Pflugfelder (1986), a distribuição da proteína no endosperma do sorgo ceroso parece mais uniforme, com sementes sem pronunciadas camadas periféricas; a matriz protéica e as cadeias de proteína são, então, mais facilmente atacadas por proteases, expondo os grânulos de amido ao ataque amilolítico.

O milho é cultivado com as primeiras elevações de temperatura, do início da primavera até o outono, época em que floresce em decorrência da redução do fotoperíodo. Em razão da tolerância à seca, essa espécie pode ser cultivada inclusive em regiões onde a pluviosidade não passa dos 400 mm anuais (Burton, 1965). Segundo Saibro, Maraschin e Barreto (1976), o milho apresenta vantagem em relação ao sorgo pela ausência de fatores antinutricionais, como as substâncias cianogênicas do sorgo, que podem causar problemas de intoxicação nos animais pelo ácido cianídrico (HCN).

2.2 Uréia na alimentação de ruminantes

A uréia é um composto orgânico sólido, cristalizado através do sistema prismático e solúvel em água e álcool. Quimicamente é classificada como amida, daí ser considerada um composto NNP (Conn e Stumpf, 1980). A uréia fornecida em rações para ruminantes é hidrolisada em amônia pela urease microbiana no rúmen. Uma taxa

de conversão de uréia a amônia da ordem de 80 a 100mg de uréia/100mL de conteúdo ruminal foi observada por Helmer e Bartley (1971), e estima-se que essa taxa de degradação seja muito superior à taxa de utilização da amônia pelos microrganismos. Após a liberação no líquido ruminal, em decorrência da hidrólise da uréia, a amônia é fixada e transferida para os precursores de aminoácidos sintetizados a partir dos carboidratos fermentáveis, e, então, os aminoácidos resultantes são conjugados para formar a proteína microbiana. De acordo com Huber (1984), a forma de nitrogênio preferida por 80% das bactérias do rúmen (particularmente as digestoras de fibra) é a amônia, portanto, uma disponibilidade adequada é necessária para o crescimento desses organismos.

O uso da uréia pelos ruminantes tem sido restringido pela conversão ineficiente do nitrogênio da uréia à proteína microbiana, pela toxicidade, palatabilidade e segregação da uréia em misturas alimentares (Stiles Bartley e Meyer, 1970), além de sua elevada solubilidade no rúmen, que a transforma muito rapidamente em amônia (Owens et al., 1980), sob a ação da enzima urease produzida pelos microrganismos ruminais (Owens e Zinn, 1988). Swingle et al. (1977) relataram que a uréia transforma-se em amônia numa velocidade maior que a da transformação de lignocelulose em ácidos graxos voláteis, necessários para a síntese de proteína microbiana. Em consequência, grande quantidade de nitrogênio amoniacal é absorvida pela parede do rúmen, sobrecarregando o fígado e aumentando a concentração de amônia no sangue, o que caracteriza um quadro de intoxicação nos animais, que pode ser agravado quando o consumo de uréia se dá em um curto espaço de tempo (Helmer e Bartley, 1971).

O pico da concentração de amônia ocorre entre uma a duas horas pós-prandial quando há uréia na dieta, e entre três a cinco horas, em dietas com forragem. A concentração mínima de amônia deve ser de 5mg de NH_3 /100mL de líquido ruminal para que não haja comprometimento do crescimento microbiano. Para sua otimização os pesquisadores preconizam 20 a 25mg de NH_3 /100mL de líquido ruminal; níveis acima

de 50mg de NH_3 /100mL já não estimulam o crescimento. A toxidez surge com 100mg de NH_3 /100mL e geralmente é acompanhada por um pH acima de 8 e concentração plasmática de NH_3 superior a 2mg/dL. A quantidade de nitrogênio reciclado no rúmen é reduzida em alto nível de amônia ou quando a uréia plasmática é baixa, havendo intensa participação das bactérias epimurais (responsáveis pela difusão de NH_3 a partir da uréia sanguínea que atinge o tecido ruminal). Apesar da uréia na corrente sanguínea ser inofensiva, sua hidrólise produz amônia, que, em altos níveis, é tóxica a todos os mamíferos. A toxidez pode ser reduzida pelo aumento da capacidade do fígado em sintetizar uréia, possivelmente pelo fornecimento de altos níveis de certos aminoácidos.

O uso da uréia pode contribuir para reduzir os custos da suplementação protéica e sua eficiência dependerá da disponibilidade de energia do alimento (Berchielli, 1989). De acordo com Huber (1984), a inclusão da uréia é econômica desde que não ocorra decréscimo na produtividade e que esta fonte de nitrogênio não protéico (NNP) seja utilizada para a síntese de proteína microbiana ou para estimular a fermentação.

Segundo Correia et al., (1994), a carência de aminoácidos essenciais seria o principal problema na utilização da uréia, e a sua característica baixa palatabilidade, propicia redução no consumo e, conseqüentemente, produz baixo desempenho. A substituição de farelos protéicos pela uréia, que não fornece energia, requer a inclusão de alimentos energéticos para que o valor nutritivo seja mantido inalterado. Huber (1984) cita ainda outros fatores que tornam a uréia menos disponível aos microrganismos do rúmen e ao animal hospedeiro, tais como, esqueleto de carbono necessário para a síntese máxima de proteína microbiana, enxofre e microminerais.

O consenso geral entre os nutricionistas é de que o amido parece ser a melhor fonte de energia para a conversão da amônia em proteína, pelos microrganismos do rúmen, entretanto, a eficiência do amido nessa função pode ser aumentada mediante cozimento dos grãos de cereais (Helmer, Bartley e Deyoe, 1970a; Bartley e Deyoe, 1975 e Theurer, 1986). O amido cozido torna-se mais susceptível à degradação

microbiana (~~Osman et al., 1966~~, citados por Helmer, Bartley e Deyoe, 1970a), conseqüentemente, a taxa de liberação de energia disponível proveniente do amido processado é condizente com a taxa de amônia liberada por compostos prontamente hidrolisáveis tais como a uréia, de maneira que os microrganismos do rúmen possam utilizar mais eficientemente a amônia.

2.3 Enxofre

De acordo com Huber (1984) e Alvarez Flores (1980), em dietas com altos níveis de uréia, torna-se necessária uma suplementação com enxofre, para atender às exigências deste nutrientes pelos microrganismos do rúmen. Da mesma forma, Velloso (1984) comenta que a suplementação com enxofre em dietas contendo uréia é sempre recomendável por facilitar a síntese de aminoácidos no rúmen.

Alguns benefícios têm sido observados em ruminantes através da adição tanto de enxofre orgânico quanto inorgânico, em rações com baixos níveis de enxofre ou suplementação protéica com uréia. Helmer e Bartley (1971) não observaram diferenças entre fontes e nível de enxofre.

Gall Thomas e Loosli (1951) encontraram uma baixa população bacteriana em carneiros alimentados com ração contendo uréia e sem enxofre, quando comparados aos que receberam enxofre. Thomas, Loosli e Willians (1951) mostraram que quando a uréia é a única fonte de nitrogênio na ração de ruminantes, a sua utilização depende de uma certa quantidade de enxofre na dieta, pois a deficiência desse mineral limita a utilização do NNP.

O enxofre é normalmente baixo em rações contendo níveis elevados de NNP, principalmente quando uma grande proporção da dieta é composta por grãos e/ou silagens de plantas produtoras de grãos. Respostas positivas no crescimento corporal pelo uso de enxofre suplementar foram obtidas em novilhas alimentadas com uréia e forragens de baixo nível de enxofre (Brown et al., 1960).

2.4 Efeito da extrusão sobre a uréia e fontes de amido

O grão integral de cereal, com um pericarpo intacto, é altamente resistente à digestão em ruminantes (McAllister, Rode e Major, 1990). Dessa forma, o grão é processado pela aplicação de várias combinações de calor, umidade, tempo e ação mecânica, com o objetivo de aumentar a digestibilidade do amido. A interação correta entre calor, pressão e umidade parece estar envolvida com as alterações que ocorrem nos grânulos de amido, aumentando a área de contato ao ataque enzimático (Theurer, 1986). De acordo com essa suposição Hale (1971) concluiu que certas formas de processamento aumentam a solubilidade da proteína, aumentando também a disponibilidade do amido. Os ruminantes realizam a redução do tamanho da partícula através da mastigação e, como resultado, ocorrem alterações na estrutura física que melhoram a hidrólise enzimática do amido (Branco, 1998).

Revisando a literatura, Theurer (1986) verificou que a magnitude do efeito do processamento sobre a utilização do amido é maior para os grãos de milho e sorgo do que para a cevada, sendo o efeito maior para o sorgo quando comparado ao milho. A resposta das diferentes fontes de amido ao processamento parece estar relacionada com a interação proteína-amido. Segundo Rooney e Pflugfelder (1986), a interação proteína-amido pode reduzir a susceptibilidade do amido processado ou não à hidrólise enzimática.

A extrusão de alimentos é uma tecnologia relativamente nova, definida como um processo contínuo no qual o trabalho mecânico é combinado com calor para gelatinizar amidos e desnaturar proteínas, plasticizando e reestruturando o material para criar novas texturas e formas. A extrusão melhora a digestibilidade do alimento, fatores antipalatáveis são destruídos e inibidores do crescimento e enzimas são inativadas durante o processo. Os ingredientes são uniformemente misturados ao produto, melhorando as características funcionais (Albuquerque, 1985).

Os complexos de liberação lenta de uréia, como a amirea, podem reduzir a toxicidade potencial e melhorar a aceitabilidade e utilização de concentrados à base de uréia (Owens et al., 1980). Como forma de viabilizar a utilização da uréia, pesquisas têm sido conduzidas no intuito de desenvolver produtos que possam ser melhor utilizados por ruminantes, como a starea (Stiles et al., 1970; Bartley e Deyoe, 1975), desenvolvida pela Universidade do Kansas através do processamento do grão, juntamente com uréia, por extrusão (Helmer et al., 1970a).

O produto decorrente do tratamento prévio da uréia com fontes de amido pelo processo de extrusão fornece energia disponível aos microrganismos do rúmen, ao mesmo tempo em que a uréia é hidrolisada em amônia, provendo, simultaneamente, os principais componentes para a síntese de proteína microbiana (Mhurer, Harris e Bloomfield, 1986; Helmer, Bartley e Deyoe, 1970b; Bartley e Deyoe, 1975). Neste processo o grão de amido é gelatinizado e a uréia, que originalmente está na forma cristalina, passa para a forma não cristalina. Após sofrer modificação na sua estrutura, a uréia está menos disponível ao ataque da urease bacteriana em relação à sua forma original e o amido gelatinizado resulta em um produto mais fermentável, o qual reduz o pH do rúmen. Consequentemente é mais lenta a absorção da amônia e menor sua concentração no sangue, reduzindo os riscos de toxidez (Bartley e Deyoe, 1975).

De acordo com Maia, Teixeira e Perez (1987) e Teixeira, Correia e Falco (1987b), a amirea poderia trazer benefícios na alimentação de ruminantes, possibilitando a sua inclusão na dieta em razão de seu baixo custo e do alto valor protéico. Seu valor nutricional já está comprovado na utilização em dietas concentradas, além da possibilidade de emprego através da mistura com sal mineral para animais em regime de pasto, visando melhorar a utilização do nitrogênio, como uréia pelos ruminantes. Além disso, este tipo de produto apresenta melhores características de manuseio, produzindo excelentes misturas ao serem incorporadas na ração, uma vez que, pelo processo de extrusão, ocorre redução no alto teor de higroscopicidade

produzida pela uréia (Bartley e Deyoe, 1975). Ainda segundo estes pesquisadores, em níveis tão altos quanto 100 mg/dL de amônia no rúmen, a produção de proteína microbiana aumentou devido à substituição do substrato uréia mais grãos de cereais por produtos como a amirea.

Outros estudos na Universidade do Estado do Kansas, nos Estados Unidos, têm mostrado que a amirea retardou a hidrólise da uréia no rúmen e aumentou a síntese da proteína microbiana; a uréia nela contida foi menos tóxica e mais palatável do que a que foi misturada com grãos (Helmer et al., 1970a).

Stiles et al. (1970) trabalharam com vacas suplementadas com grãos juntamente com farelo de soja ou amirea e em ambos os tratamentos o consumo de grãos e a produção de leite foram maiores em relação ao obtido nas vacas que consumiram a mesma dieta mas que suplementada somente com uréia.

Helmer, Bartley e Deyoe (1970a), trabalhando com vacas de leite e tendo a produção de leite, ingestão de grãos, mudança do peso corporal e a produção e concentração dos constituintes do leite como critérios de avaliação da amirea, observaram que vacas alimentadas com grãos, suplementados ou não com farelo de soja ou amirea (23% de proteína bruta), consumiram mais grãos e produziram mais leite com maior teor de proteína do que as vacas que consumiram a mesma dieta à base de grãos suplementada com uréia. A amirea foi praticamente igual ao farelo de soja como suplemento protéico para vacas em lactação.

Helmer, Bartley e Deyoe (1970b), trabalhando com a uréia contida na amirea *in vitro*, observaram que após quatro horas de fermentação a concentração de amônia ruminal foi menor com a amirea do que com milho não processado e uréia. Ainda segundo estes autores, esta menor quantidade de amônia ruminal resultou, em parte, da maior eficiência na utilização da amônia na sua conversão em proteína microbiana.

2.5 Técnica da degradabilidade *in situ*

Esta metodologia tem algumas limitações e vantagens. Com a técnica, mede-se o desaparecimento dos componentes dos alimentos após serem incubados no rúmen em sacos de poliéster, durante diferentes períodos, considerando este desaparecimento como sinônimo de degradação. Um problema adicional é que os alimentos não são submetidos à salivagem, mastigação e ruminação pelo animal (Nocek, 1988). Apesar de ser uma metodologia ser muito estudada, ainda existem variações entre os resultados de diferentes laboratórios por falta de uma padronização dos métodos.

Estudando as possíveis fontes de variação nas estimativas, Mehrez e Orskov (1977) encontraram maior variabilidade entre os animais, seguida de variação entre dias e por último, entre sacos, sendo que as maiores variações entre sacos e animais foram associadas a períodos curtos de incubação ruminal.

Os fatores mais importantes que podem interferir na técnica dos sacos suspensos no rúmen são: tamanho do poro do saco, tamanho da partícula alimentar, espécie animal, lavagem dos sacos e contaminação microbiana (Nocek, 1985). Este mesmo autor recomenda o uso do náilon com abertura de poro de 40 a 60 μ m; tamanho da partícula alimentar das amostras de 2mm, tanto para suplementos protéicos quanto energéticos, relação peso da amostra por área de saco de 10 a 20mg/cm², a incubação dos sacos no rúmen em diferentes horários e a retirada simultânea para diminuir o erro experimental.

A uniformidade na lavagem dos sacos é outro aspecto importante, o que levou alguns pesquisadores a elaborar uma máquina simples e de baixo custo, especialmente para a lavagem de sacos (Boer, Murphy e Kenelly, 1987). Os autores concluíram que o uso dessa máquina eliminou variações inerentes a lavagem manual associada a diferentes fatores como intensidade de lavagem, fadiga, diferença individual e outros.

3-MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e fatores climáticos

O experimento foi realizado no Laboratório de Animais do Setor de Bovinos Leiteiros do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras-MG

Localizada na região sul do Estado de Minas Gerais, Lavras é geograficamente definida por suas coordenadas de 21°14' de latitude sul e 45°00' de longitude a oeste de Greenwich, com altitude média de 910 metros (Castro Neto, Sedyama e Vilela, 1980). Possui duas estações definidas: seca de abril a setembro e chuvosa de outubro a março, com precipitação média anual de 1.493,2mm e temperaturas média máxima de 25,0°C, e média mínima de 14,6°C (Vilela e Ramalho, 1980).

3.2 Animais, manejo e arraçamento

Foram utilizadas três vacas não lactantes da raça nelore, com peso médio de 450 kg, fistuladas no rúmen. Os animais receberam 4,0kg de concentrado/cabeça/dia, divididos em duas porções iguais, de manhã e a tarde, contendo milho sob a forma de fubá, farelo de algodão, farelo de trigo, uréia, sal e premix (Tabela 1). Além do concentrado, as vacas receberam diariamente 25,0kg/cabeça/dia de silagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum).

TABELA 1: Composição percentual dos ingredientes usados na ração de manutenção, expressos na base da matéria natural – UFLA, 1998.

Ingredientes	Porcentagens (%)
Fubá de milho	77,0
Farelo de algodão	16,0
Farelo de trigo	5,0
Sal comum	1,0
Uréia ¹	0,5
Premix mineral e vitamínico ²	0,5
Total	100,00

1. Uréia petrofértil (45% de N)
2. Nutrian (Ca-16%; P-9%; Na-12%; Mg-0.2%; S-0.40%; Se-3 mg; Vit. A-30.000 UI; Vit. E-50 UI)

3.3 Obtenção dos tratamentos

Os grãos de sorgo escuro e milho foram obtidos em uma propriedade rural e o grão de milho comum foi obtido na Fábrica de Ração do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras. Os procedimentos para a obtenção das misturas alimentares foram idênticos para todos os grãos.

Análises laboratoriais da percentagem de matéria seca (MS) e teores de amido, amilose e amilopectina dos grãos de cereais foram realizadas e seus resultados encontram-se na Tabela 2.

TABELA 2: Percentagem de matéria seca (MS) e teores de amido, amilose e amilopectina dos grãos de cereais adicionados à composição dos tratamentos testados.

	MS %	Amido %	Amilose no amido %	Amilopectina no amido %
Milho	88,13	67,51	28,06	71,94
Milheto	90,15	48,22	35,54	64,46
Sorgo	88,74	60,27	12,44	87,56

Os grãos passaram por um moinho de martelo provido com peneira de 2mm. Após a moagem dos grãos, a uréia e o enxofre em pó foram homogeneizados por processo manual rapidamente devido à alta higroscopicidade da uréia. A amiréia 150-S foi produzida a partir de uma fonte de amido (milho, milheto ou sorgo), uréia e enxofre, com equivalente protéico de 150%, sendo que esta mistura foi processada por extrusor experimental de fabricação nacional de rosca única, da marca Miotto, instalado no Laboratório de Tecnologia de Grãos e Cereais, do Departamento de Ciência dos

Alimentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Após a extrusão, a mistura foi moída em moinho de martelo provido com peneira de 2mm. Os tratamentos testados foram:

- MIM: mistura de 47% de grão de milho moído, 50% de uréia pecuária e 3% de enxofre em pó;
- MIE: extrusão da mistura de 47% de grão de milho moído, 50% uréia pecuária e 3% enxofre em pó;
- MTM: mistura de 47% de grão de milho moído, 50% de uréia pecuária e 3% de enxofre em pó;
- MTE: extrusão da mistura de 47% de grão de milho moído, 50% uréia pecuária e 3% enxofre em pó;
- SOM: mistura de 47% de grão de sorgo moído, 50% de uréia pecuária e 3% de enxofre em pó;
- SOE: extrusão da mistura de 47% de grão de sorgo moído, 50% uréia pecuária e 3% enxofre em pó.

O extrusor consta de um painel de comando e controle de corrente contínua com variador de velocidade e conjunto de extrusão com alimentador, cilindro e cabeçote.

As misturas alimentares foram processadas por extrusão nas seguintes condições:

- | | |
|---------------------------------|----------|
| • temperatura | 150°C |
| • rotação da rosca | 50–60rpm |
| • alimentação | manual |
| • diâmetro da matriz | 0,60mm |
| • tamanho do canhão | 50cm |
| • tempo de passagem pelo canhão | 40s |

3.4 Experimento

Empregou-se a técnica da degradabilidade *in situ*, utilizando-se sacos de náilon incubados no rúmen, que mediam 9 x 20cm, com porosidade aproximada de 48 μ m, fechados à quente em máquina seladora.

Inicialmente os sacos de náilon foram pré secos em estufa de ventilação forçada a 60°C durante 48 horas, retirados e colocados em dessecador até seu resfriamento, sendo então pesados. Posteriormente, as amostras moídas de milho, milheto e sorgo misturados à uréia e enxofre (moagem e extrusão) foram colocadas nos sacos, na quantidade aproximada de 6g por saco, os quais foram lacrados e pré-secos em estufa de ventilação forçada a 60°C durante 48 horas e depositados em dessecador para resfriarem e serem pesados.

Os sacos foram então alojados em uma sacola de filó medindo 20 x 35cm, juntamente com um pequeno peso de chumbo de aproximadamente 100g. A sacola foi amarrada por fio de náilon, deixando um comprimento livre de 80cm e depositada na região do saco ventral do rúmen por 0, 3, 6, 12, 24, 36 e 48 horas, permanecendo a extremidade do fio de náilon amarrada à cânula. Este procedimento foi repetido para cada uma das três vacas fistuladas.

Foi depositada uma sacola por vez, contendo 18 saquinhos de náilon. Optou-se por inserir um tempo por vez para evitar possíveis problemas de intoxicação por uréia.

Foram confeccionados três sacos de náilon/tratamento/tempo/animal, perfazendo um total de 378 sacos.

Após o término de cada tempo de incubação, as sacolas de filó foram retiradas do rúmen, abertas e os sacos de náilon contendo as amostras foram imediatamente lavados em máquina apropriada e colocados em estufa de ventilação forçada a 65°C, durante 48 horas, resfriados em dessecador e pesados.

Os sacos incubados em cada uma das três vacas foram abertos e os resíduos formaram uma amostra composta, utilizada nas análises laboratoriais para determinação do amido, amilose e amilopectina.

Os sacos referentes ao tempo zero (utilizados para se determinar a fração prontamente solúvel) foram introduzidos na massa ruminal e imediatamente retirados e, posteriormente, receberam o mesmo tratamento dos demais sacos.

3.5 Procedimento experimental

Os dados obtidos sobre as degradabilidades da matéria seca, amido, amilose e amilopectina (variáveis dependentes) nos diferentes tempos de incubação (variável independente) foram ajustados para uma regressão não linear pelo método de Gauss-Newton (Neter, Wasserman e Kutner, 1985), utilizando o Sistema para Análise Estatística e Genética (SAEG) descrito por Euclides (1983), conforme a equação proposta por Orskov e McDonald (1979):

$$Y = a + b(1 - e^{-ct})$$

sendo,

- Y = degradabilidade acumulada do componente nutritivo analisado após um tempo t
- a = intercepto da curva de degradabilidade quando $t = 0$, correspondendo a fração solúvel do componente nutritivo analisado
- b = potencial de degradabilidade da fração insolúvel do componente nutritivo analisado
- a + b = degradabilidade potencial do componente nutritivo analisado quando o tempo t não é um fator limitante
- c = taxa de degradação por ação fermentativa, da fração b
- e = 2,718 (base dos logaritmos neperianos)

Uma vez estimados os coeficientes a, b e c, eles foram substituídos na equação proposta por Orskov e McDonald (1979):

$$P = a + \frac{b \times c}{c + k}$$

sendo:

P = degradabilidade ruminal efetiva do componente nutritivo analisado

k = taxa de passagem ruminal do alimento

Foram definidas taxas de passagem da digesta para o duodeno de 2% (k=0,02), 5% (k=0,05) e 8% (k=0,08) por hora (Orskov e McDonald, 1979) e obtidas então as degradabilidades efetivas ruminais expressas em termos de degradabilidade efetiva da matéria seca (DEMS), degradabilidade efetiva do amido (DEA), degradabilidade efetiva da amilose (DEAS) e degradabilidade efetiva da amilopectina (DEAP).

3.6 Análises laboratoriais

A matéria seca das amostras foi analisada segundo a Associação Oficial de Análises Químicas - AOAC (1970); o amido foi extraído por hidrólise ácida, também segundo técnica da AOAC (1970) e identificado pelo método de Somogy modificado por Nelson (1944); o teor de amilose foi determinado pelo método colorimétrico, segundo Willians, Kuzina e Ynka (1970). O teor de amilopectina foi obtido por:

$$\text{Teor de amilopectina} = \text{Teor de amido} - \text{teor de amilose}$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Cinética da degradação ruminal da matéria seca das diferentes misturas

A fração solúvel (FS), fração potencialmente degradável (FPD), taxa de degradação por ação fermentativa da fração insolúvel (TD) e fração indegradável (FI) da matéria seca estão expressas na Tabela 3.

TABELA 3: Valores para fração solúvel (FS), fração potencialmente degradável (FPD), taxa de degradação por ação fermentativa da fração insolúvel (TD) e fração indegradável (FI) da matéria seca.

Tratamentos	FS %	FPD %	TD %/h	FI %
MIM	70,4	12,3	0,12	58,1
MTM	55,7	12,5	0,22	43,2
SOM	65,9	11,8	0,11	57,2
MIE	71,9	16,2	0,49	55,7
MTE	69,4	12,2	0,25	57,2
SOE	74,6	10,4	0,35	64,2

Verificou-se que, entre os tratamentos à base de milho (MIM e MIE), não ocorreram grandes variações quanto à fração solúvel (FS). Os tratamentos MTE e SOE apresentaram resultados superiores quanto à fração solúvel comparados aos MTM e SOM, o que parece demonstrar que o processamento alterou a degradabilidade ruminal da MS nestas duas misturas. Esta diferença deve-se, provavelmente, à maior porosidade das partículas dos grãos extrudados que apresentam uma menor densidade. Dentre os nutrientes testados, o tratamento à base de milho obteve os melhores resultados, seguido pelo sorgo e milheto.

Embora os resultados não sejam muito diferentes entre as fontes, a fração potencialmente degradável (FPD) foi superior nos tratamentos processados por extrusão. A taxa de degradação (TD) também foi maior para o milho e o sorgo quando processados por extrusão comparados com os tratamentos processados apenas por moagem, exceto para o milheto que aparentemente não teve influência do processamento.

Os tratamentos produzidos à base de milheto e milho extrudados apresentaram frações indegradáveis inferiores aos moídos, o que não foi observado com o tratamento à base de sorgo extrudado. Esta diferença observada no tratamento SOE deve-se possivelmente às modificações estruturais dos componentes da mistura, decorrentes do processamento por extrusão que é realizado sob temperatura e pressão altas.

A degradabilidade estimada para cada tempo de incubação (DEMST) está expressa na Tabela 4 e Figura 1.

Verificou-se uma tendência de aumento da degradabilidade estimada da matéria seca com o aumento do tempo de incubação. Em todos os tratamentos observou-se que, após de 12 horas de incubação, a maior parte da mistura já havia sido solubilizada no ecossistema ruminal, havendo pouca diferença quando comparados os resultados obtidos em 24 e 36 horas. Entre os dois diferentes processamentos, a extrusão participou com os melhores resultados dentro de todos os tempos, e entre as fontes de amido, o tratamento utilizando o milho obteve os melhores resultados, seguido pelo sorgo escuro e, finalmente, pelo milheto.

A degradabilidade efetiva da matéria seca (DEMS) com diferentes taxas de passagem (2%, 5% e 8%) assim como a matéria seca potencialmente degradada (MSDP) estão expressas na Tabela 5.

TABELA 4: Degradabilidade estimada da matéria seca para cada tempo de incubação (DEMST)

Tratamentos	DEMST (%)					
	0	3	6	12	24	36
MIM	70,4	74,1	76,8	79,8	82,1	82,6
MTM	55,7	61,9	65,1	67,4	68,2	68,2
SOM	65,9	69,4	71,9	74,9	77,1	77,7
MIE	71,9	84,4	97,3	88,1	88,1	88,1
MTE	69,4	75,9	78,9	81,0	81,5	81,6
SOE	74,6	81,5	83,9	85,0	85,1	85,1

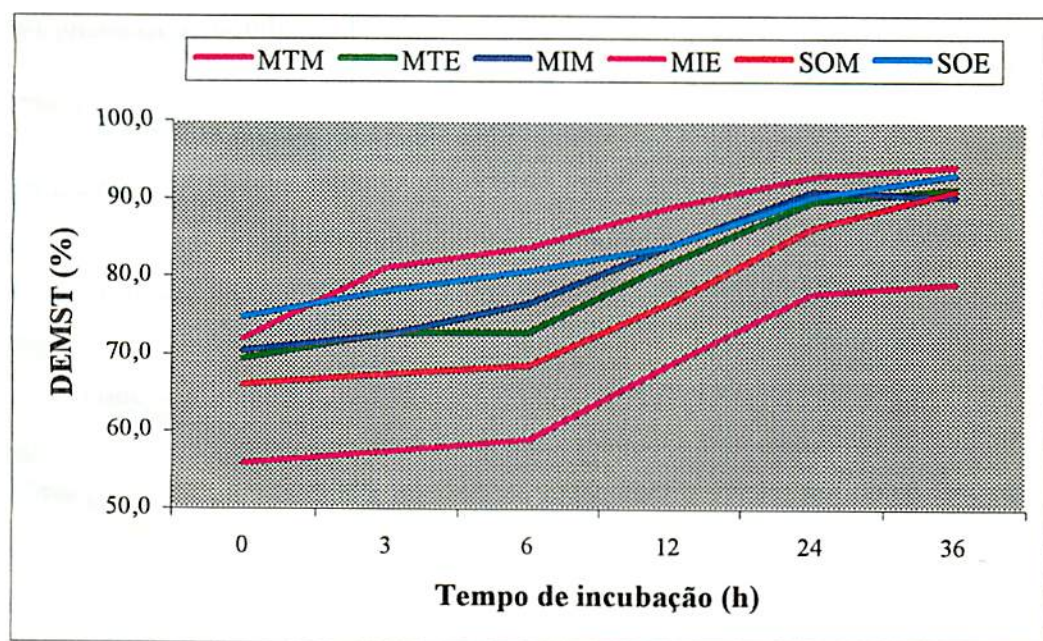


FIGURA 1: Degradabilidade estimada da matéria seca dos tratamentos para cada tempo de incubação.

TABELA 5: Degradabilidade efetiva da matéria seca (DEMS) com diferentes taxas de passagem (2%, 5% e 8%) e matéria seca potencialmente degradada (DP) nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	DEMS (%) / Taxa de passagem			MSDP
	2	5	8	%
MIM	81,0	79,1	77,8	82,7
MTM	67,2	66,0	65,0	68,2
SOM	76,1	74,3	73,0	77,8
MIE	87,4	86,6	85,8	88,0
MTE	80,7	79,6	78,6	81,5
SOE	84,6	83,8	83,2	85,1

A degradabilidade efetiva (DEMS) baseada na solubilidade dos nutrientes, taxa de degradação, máxima degradação e no tempo de retenção no rúmen é a estimativa da fração dietética que é realmente degradada no rúmen (Boer, Murphy e Kennely, 1987). As diferentes taxas de passagem; 2% ($k=0,02$), 5% ($k=0,05$) e 8% ($k=0,08$), aparentemente não afetaram a degradabilidade efetiva da matéria seca porque grandes variações entre estas taxas não foram observadas. O tratamento MIM obteve a maior degradação efetiva da MS seguido pelo SOM e, finalmente, MTM. A mesma tendência foi observada para as misturas extrusadas, que foram superiores na DEMS em relação às processadas por moagem.

A degradabilidade potencial (MSDP) acompanhou a tendência já observada nos parâmetros anteriores, com a superioridade dos tratamentos extrudados em relação aos moídos, tendo novamente o tratamento obtido com a inclusão do milho na mistura, contribuído com os melhores resultados, seguido pelo sorgo e milheto.

A amiréia produzida com os três tipos de grãos proporcionou uma maior degradação efetiva da MS no rúmen, tendo o milho contribuído com os melhores resultados. De acordo com Theurer (1986), isto é explicado pelo maior efeito do processamento sobre o grão de milho, ao contrário do grão de sorgo que possui uma

menor digestibilidade de sua proteína e de seu amido. O sorgo deve ser mais rigorosamente processado que o milho, cevada ou trigo para obter a digestibilidade ótima do grão (Rooney e Riggs, 1971). Riley (1986) revisou experimentos de pesquisa nos quais os valores nutricionais dos grãos foram comparados e concluiu que o sorgo processado possui de 93 a 96% do valor nutricional do milho. Além disto, o sorgo escuro possui uma digestibilidade menor e produz uma performance animal inferior aos outros tipos de sorgo (Hahn, Rooney e Earp, 1984), devido ao alto teor de tanino.

A amiréia produzida tendo o milho como fonte de carboidrato não estrutural apresentou os resultados inferiores aos demais quanto à degradação efetiva da MS, demonstrando menor degradabilidade de seus nutrientes pelos microrganismos ruminais.

4.2 Cinética de degradação ruminal do amido das diferentes misturas

A fração solúvel (FS), fração potencialmente degradável (FPD), taxa de degradação por ação fermentativa da fração insolúvel (TD) e fração indegradável (FI) do amido estão expressos na Tabela 6.

TABELA 6: Valores para fração solúvel (FS), fração potencialmente degradável (FPD), taxa de degradação por ação fermentativa da fração insolúvel (TD) e fração indegradável do amido (FI).

Tratamentos	FS %	FPD %	TD %	FI %
MIM	86,9	4,41	0,46	82,5
MTM	87,0	-4,5	0,11	91,5
SOM	57,6	36,2	0,15	21,4
MIE	98,4	-1,1	0,12	99,5
MTE	91,4	4,07	0,12	87,3
SOE	89,0	7,55	1,08	81,4

Entre os tratamentos testados observou-se que o amido presente no grão de sorgo sofreu grande variação quanto à fração solúvel quando comparados os diferentes processamentos, demonstrando que a extrusão influenciou positivamente a degradação do amido. A fração solúvel (FS) do tratamento MIE, comparado com MIM, também foi influenciada pela extrusão, porém com uma amplitude inferior à observada para SOE e SOM, estando de acordo com Theurer (1986) que observou que o sorgo deve ser rigorosamente processado quando comparado com o milho, cevada e trigo.

Os resultados quanto à fração potencialmente degradável (FPD) e à taxa de degradação (TD) demonstraram um comportamento diferente ao observado na matéria seca. Os tratamentos MIE e MTM obtiveram resultados negativos quanto à FPD, o que parece demonstrar uma total degradabilidade desta fração. A comparação da TD dos tratamentos MIM e MIE indica que a maior taxa de degradação por ação fermentativa da fração insolúvel foi obtida pelo tratamento MIM, embora a FPD tenha sido superior para o tratamento MIE. Resposta diferente foi observada nos tratamentos à base do amido presente no sorgo, em que a FPD do tratamento SOM é superior à do tratamento SOE, porém a TD da fração insolúvel de SOM é inferior à SOE, demonstrando que no tratamento composto por sorgo, o processamento por extrusão parece ter influenciado na resposta obtida. O processamento por extrusão também interferiu na fração indegradável (FI) dos tratamentos, principalmente naqueles compostos com o amido do grão de milho, em que a variação foi mais acentuada.

A degradabilidade estimada para cada tempo de incubação (DEAT) do amido está expressa na Tabela 7 e Figura 2.

TABELA 7: Degradabilidade estimada do amido para cada tempo de incubação (DEAT)

Tratamentos	DEAT (%)					
	0	3	6	12	24	36
MIM	86,9	90,2	91,0	91,3	91,3	91,3
MTM	87,0	85,7	84,8	83,6	82,8	82,6
SOM	56,7	71,4	79,9	88,5	93,1	93,8
MIE	98,4	98,1	97,8	97,5	97,3	97,3
TEM	91,4	92,7	93,6	94,6	95,3	95,5
SOE	89,0	96,3	96,6	96,6	96,6	96,6

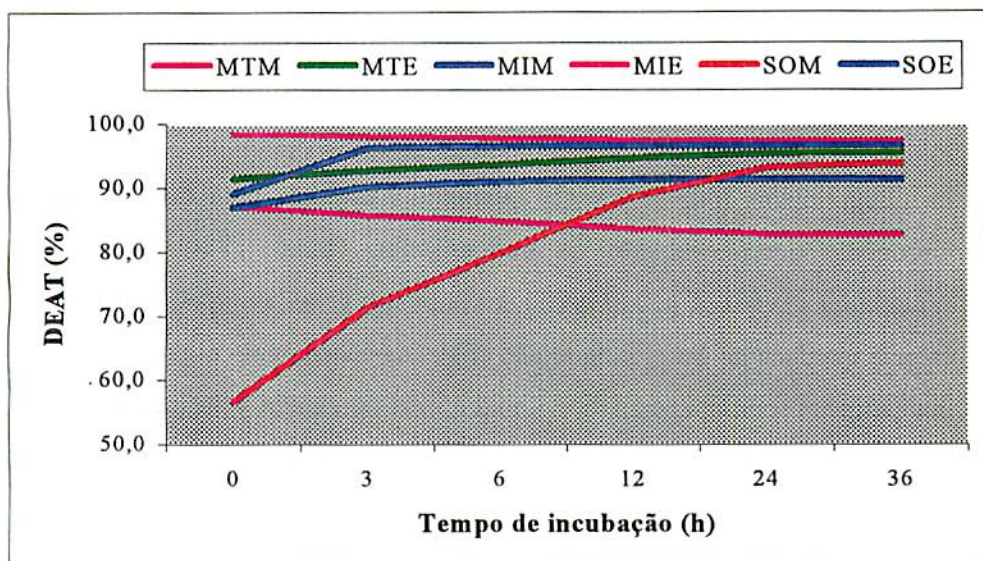


FIGURA 2: Degradabilidade estimada do amido dos tratamentos para cada tempo de incubação

Os resultados referentes à degradação estimada dentro de cada tempo de incubação, com exceção aos tratamentos MIE e MTM, seguiram a mesma tendência

observada para a matéria seca. A degradabilidade dentro de cada tempo do tratamento MIE mostrou tendência a diminuir com o aumento do tempo de incubação, tendo o mesmo sido constatado para o tratamento MTM, o que foi também evidenciado por Tonroy e Perry (1975) que observaram que o milho tostado a 168°C e o milho floculado sob pressão, após 48 horas de incubação *in vitro* apresentaram decréscimos na digestibilidade do amido quando comparados ao milho cru. Os autores concluíram que outros componentes do grão de milho foram prejudicados pelo processamento.

A degradabilidade estimada dentro do tempo de incubação para o tratamento SOE foi superior ao obtido no tratamento SOM, demonstrando que o processamento por extrusão influenciou na cinética ruminal da degradação do amido. O tratamento SOE apresentou maior degradação do amido em menor tempo de incubação quando comparado ao MIM e próximo ao MIE, o que significa que o processamento foi efetivo para o sorgo, favorecendo um maior ataque dos microrganismos aos grânulos de amido.

Os grânulos de amido, com a extrusão, perdem sua estrutura inicial irreversivelmente quando energia suficiente é aplicada para quebrar suas pontes de hidrogênio intermoleculares na área cristalina (Lund, 1984). Segundo Rooney e Pflugfelder (1986), a gelatinização inicia-se nas áreas amorfas, mas a penetração do calor e umidade no interior da região cristalina ocorre mais vagorosamente, sendo este um processo semi-cooperativo, no qual o estresse gerado pelo inchaço da área amorfa auxilia na quebra da região cristalina. Baseando-se nestes dados e nas diferenças entre o sorgo e o milho em relação ao tipo e à distribuição da proteína ao redor do grânulo de amido, presentes no endosperma periférico e no córcio dos grãos de cereais, supõe-se que o processamento tenha proporcionado maior disponibilidade do amido do tratamento SOE. Theurer (1986), estudando o efeito do processamento dos grãos sobre a utilização do amido pelos ruminantes, verificou que o processamento do grão de sorgo aumentou a disponibilidade do amido pela ruptura da proteína que envolve o grânulo. Utilizando microscópio eletrônico de varredura, Harbers (1975), citado por Theurer

(1986), concluiu que o processamento do grão de sorgo claramente alterou o amido tornando-o mais susceptível ao ataque amilolítico.

O tratamento MIE apresentou maior degradabilidade do amido quando comparado ao tratamento MIM, o que está de acordo com Cole, Johnson e Owens (1976) que obtiveram, em novilhos consumindo dieta ao nível de 1% do peso vivo, 71,7% e 91,6% de digestibilidade ruminal do amido, para milho amassado e milho floculado, respectivamente. Porém, o efeito do processamento foi menor do que a variação observada na degradabilidade estimada dos tratamentos SOE e SOM, principalmente nas 12 primeiras horas de incubação, o que está de acordo com Harbers (1975), citado por Theurer (1986), que constatou que o calor seco, calor úmido, floculação e a gelatinização aumentaram a utilização do amido presente nos grãos de sorgo. Além disto, Theurer (1986) observou que os grãos que recebem uma mais extensiva degradação ruminal parecem ter maior digestão total do amido. Como ocorre com o milho, o escape ruminal do grão de sorgo em bovinos alimentados com o grão processado decresce pela metade em comparação com o grão amassado ou moído.

Os tratamentos MTM e MTE seguiram a mesma tendência dos tratamentos SOM e SOE, ou seja, uma grande variação entre os valores obtidos para a degradabilidade estimada para cada tempo de incubação, demonstrando mais uma vez que o processamento por extrusão influenciou nos resultados obtidos. Hale (1973), citado por Theurer (1986), hipotetizou, através de estudos histológicos em grãos reconstituídos, que a quebra da matriz protéica em torno do amido pode ser essencial na melhora da digestão de grãos processados. McNeill, Potter e Riggs (1975) sugeriram que o efeito do processamento sobre a solubilidade (ou integridade) da matriz protéica que envolve o amido é o principal fator que afeta a eficiência de utilização do amido.

A degradabilidade efetiva do amido (DEA) com diferentes taxas de passagem e o amido potencialmente degradado (APD) estão expressos na Tabela 8.

TABELA 8: Degradabilidade efetiva do amido (DEA) com diferentes taxas de passagem (2%, 5% e 8%) e amido potencialmente degradado (APD) nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	DEA (%)/Taxa de passagem			APD %
	2	5	8	
MIM	91,1	90,8	90,6	91,3
MTM	83,2	83,9	84,4	82,5
SOM	89,8	85,2	81,7	93,9
MIE	97,4	97,6	97,7	97,3
MTE	95,0	94,4	93,9	95,5
SOE	96,4	96,3	96,1	96,9

A degradabilidade efetiva, levando-se em conta três taxas de passagem (2%, 5% e 8%), teve um comportamento semelhante ao observado para a matéria seca, com uma tendência à redução da degradabilidade efetiva com o aumento da taxa de passagem, principalmente para os tratamentos MIM, MIE, SOM e SOE.

O amido potencialmente degradável no rúmen de todas as misturas foi afetado pelo tipo de processamento. O processamento permitiu uma maior degradação do amido do grão de milho, seguido pelo sorgo e milheto, o que está de acordo com Waldo (1973), que relatou que o grão de sorgo resiste mais à degradação ruminal do que o milho.

Segundo Rooney e Pflugfelder (1986), um dos fatores que afeta a digestibilidade do amido dos grãos de cereais é o grau de interação da proteína e do amido. Esta interação é maior no grão de sorgo que no milho. Segundo McNeill, Potter e Riggs (1975), diferenças na digestão enzimática do amido dos grãos podem estar relacionadas à solubilidade da proteína ao redor dos grânulos de amido. O efeito do processamento sobre a solubilidade da proteína ao redor dos grânulos de amido parece ser o principal fator da maior eficiência de utilização do grão. Baseando-se nestes relatos e nas diferenças entre o sorgo, o milho e o milheto, com relação ao tipo e à

distribuição da proteína ao redor do grânulo de amido presentes no endosperma periférico e no córneo dos grãos de cereais, supõem-se que o processamento por extrusão tenha proporcionado maior disponibilidade do amido nos tratamentos SOE e MTE.

4.3 Cinética de degradação ruminal da amilose das diferentes misturas

A fração solúvel (FS), fração potencialmente degradável (FPD), taxa de degradação por ação fermentativa da fração insolúvel (TD) e fração indegradável (FI) da amilose estão expressos na Tabela 9. Os tratamentos processados por extrusão não participaram destas análises porque o processamento modifica a estrutura molécula da amilose, tornando-a uma substância amorfa.

TABELA 9: Valores para fração solúvel (FS), fração potencialmente degradável (FPD), taxa de degradação por ação fermentativa da fração insolúvel (TD) e fração indegradável (FI) da amilose.

Tratamentos	FS %	FPD %	TD %/h	FI %
MIM	96,04	-0,97	0,57	97,10
MTM	95,61	-0,23	0,35	95,84
SOM	87,37	1,63	0,24	85,74

A fração solúvel (FS) da amilose presente nas diferentes fontes de amido foi superior no grão de milho, seguido pelo milheto e sorgo. O mesmo foi observado na taxa de degradação, o que parece demonstrar que a amilose presente no grânulo de amido do tratamento MIM foi mais degradada pelos microrganismos ruminais. A fração indegradável (FI) da amilose foi menor no tratamento composto pelo grão de sorgo e maior para o milho.

A degradabilidade estimada da amilose para cada tempo de incubação (DEAST) está expressa na Tabela 10 e Figura 3.

TABELA 10: Degradabilidade estimada da amilose para cada tempo de incubação (DEAST).

Tratamentos	DEAST (%)					
	0	3	6	12	24	36
MIM	96,04	95,24	95,10	95,07	95,07	95,07
MTM	95,61	95,46	95,42	95,39	95,38	95,38
SOM	87,37	88,21	88,62	88,91	89,00	89,01

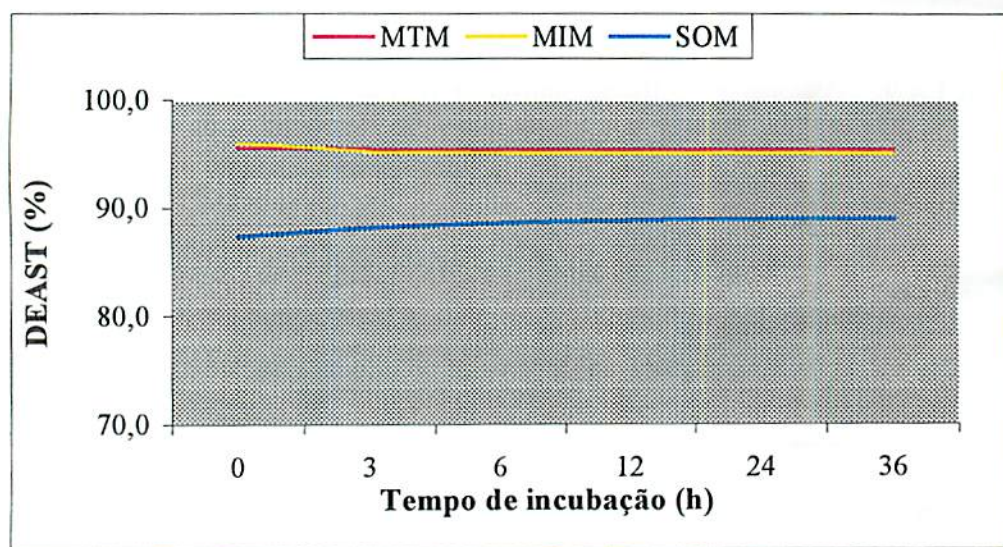


FIGURA 3: Degradabilidade estimada da amilose dos tratamentos para cada tempo de incubação

A degradabilidade estimada da amilose para cada tempo de incubação não sofreu grandes variações nos tempos de incubação testados, com tendência à

estabilização a partir de 12 horas de incubação, sugerindo que a molécula de amilose está disponível ao ataque dos microrganismos ruminais.

Os melhores resultados foram observados no tratamento MTM, embora sua FS seja inferior ao tratamento MIM. SOM contribuiu com resultados inferiores quanto à degradabilidade estimada da amilose para cada tempo de incubação (D_EAST).

A degradabilidade efetiva da amilose (DEAS) com diferentes taxas de passagem (2%, 5% e 8%), assim como amilose potencialmente degradada (ASPD) estão expressas na Tabela 11.

TABELA 11: Degradabilidade efetiva da amilose (DEAS) com diferentes taxas de passagem (2%, 5% e 8%) e amilose potencialmente degradada (ASPD) nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	DEAS (%)/Taxa de passagem			ASPD
	2	5	8	%
MIM	95,10	95,15	95,19	95,07
MTM	95,40	95,41	95,43	95,38
SOM	88,88	88,72	88,60	89,01

A degradabilidade efetiva (DEAS) não obteve grandes variações quanto às diferentes taxas de passagem; os piores resultados foram observados nos tratamentos à base de sorgo. A amilose potencialmente degradada (ASPD) foi superior no tratamento MTM, seguido por MIM e SOM. Este resultado pode estar relacionado com a solubilidade da matriz protéica em torno do grânulo; a redução na solubilidade pode produzir moléculas pouco solúveis, o que pode justificar os menores valores para a degradabilidade efetiva e potencial da amilose do grão de sorgo. A amilose presente no grânulo de amido do tratamento MTM apresentou o melhor resultado quanto à degradabilidade efetiva e potencial, o que é importante, pois este grão de cereal, entre os testados, é o que possui o maior teor de amilose na matéria seca (35,54%).

4.4 Cinética da degradação ruminal da amilopectina das diferentes misturas

A fração solúvel (FS), fração potencialmente degradável (FPD), taxa de degradação por ação fermentativa da fração insolúvel (TD) e fração indegradável (FI) da amilopectina estão expressos na Tabela 12. Os tratamentos processados por extrusão não participaram destas análises porque o processamento modifica a estrutura moléculas da amilopectina, tornando-a uma substância amorfa.

TABELA 12: Valores para fração solúvel (FS), fração potencialmente degradável (FPD), taxa de degradação por ação fermentativa da fração insolúvel (TD) e fração insolúvel (FI) da amilopectina.

Tratamentos	FS %	FPD %	TD %/h	FI %
MIM	79,91	12,99	0,45	66,92
MTM	82,33	-3,99	0,25	86,32
SOM	53,45	36,75	0,48	16,70

Os resultados para a fração solúvel (FS) da amilopectina variaram dependendo do tipo de grão de cereal testado, com os melhores resultados para o milho, seguido pelo milho e sorgo.

Embora os resultados quanto à FS da amilopectina dos tratamentos compostos por sorgo, uréia e enxofre tenham sido inferiores aos demais, sua fração potencialmente degradável e sua taxa de degradação foram superiores em relação aos demais tratamentos.

A fração indegradável (FI) observada parece demonstrar que a amilopectina presente nos grânulos de amido do milho está menos disponível ao ataque microbiano quando comparado com a amilopectina presente nos grãos de sorgo e milho.

A degradabilidade estimada da amilopectina para cada tempo de incubação (DEAPT) estão expressas na Tabela 13 e Figura 4.

TABELA 13: Degradabilidade estimada da amilopectina para cada tempo de incubação (DEAPT).

Tratamentos	DEAPT (%)					
	0	3	6	12	24	36
MIM	79,91	89,59	92,06	92,85	92,90	92,90
MTM	82,33	80,18	79,19	78,52	78,34	78,34
SOM	53,45	81,64	88,21	90,10	90,20	90,20

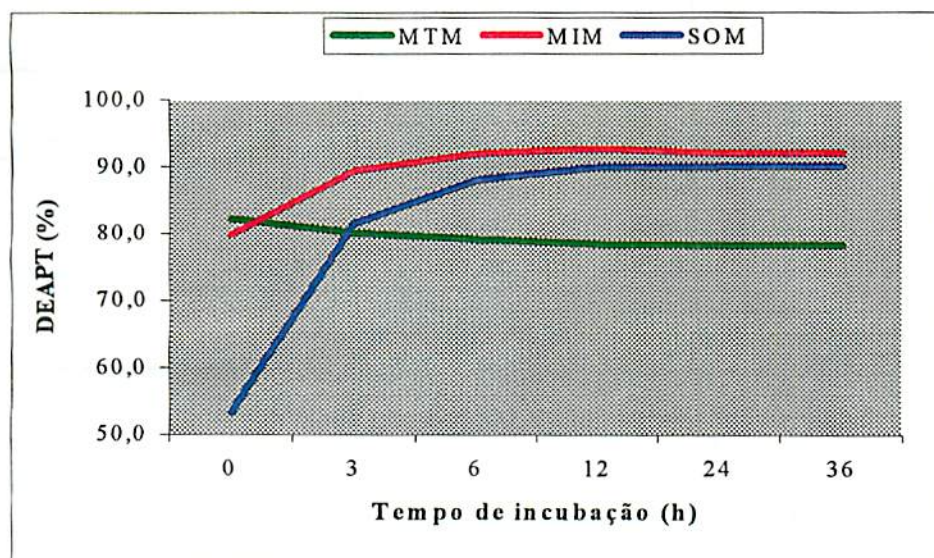


FIGURA 4: Degradabilidade estimada da amilopectina dos tratamentos para cada tempo de incubação

A amilopectina da mistura obtida com o milho tendeu à redução da degradabilidade estimada com o aumento do tempo de incubação, resultado diferente aos demais tratamentos. A amilopectina do sorgo foi a que apresentou as maiores variações em porcentagem de degradação estimada com o tempo de incubação, sendo

que o máximo de DEAPT foi obtido no tempo de 12 horas. A amilopectina do milho foi a que apresentou os melhores resultados quanto à sua DEAPT, seguida pelo sorgo e milho.

A degradabilidade efetiva com diferentes taxas de passagem (2%, 5% e 8%), e amilopectina potencialmente degradada (APPD) estão expressas na Tabela 14.

TABELA 14: Degradabilidade efetiva da amilopectina (DEAP) com diferentes taxas de passagem (2%, 5% e 8%) e amilopectina potencialmente degradada (APPD) nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	DEAP (%)/Taxa de passagem			APPD %
	2	5	8	
MIM	92,35	91,60	90,96	92,90
MTM	78,62	78,99	79,28	78,34
SOM	88,75	86,77	85,00	90,20

Observou-se uma ligeira tendência à redução da degradabilidade efetiva (DE) com o aumento da taxa de passagem em todos os tratamentos, exceto no tratamento MTM.

A degradabilidade efetiva (DEAP) e a degradabilidade potencial (APPD) foram superiores para o tratamento MIM, quando comparadas as diferentes fontes de amilopectina. A amilopectina contida no grânulo de amido do milho foi a que apresentou os piores resultados para a sua degradabilidade efetiva (DEAP) e da amilopectina potencialmente degradada. O tratamento SOM apresentou valores intermediários para DEAP, embora a porcentagem de amilopectina no amido do grão de sorgo seja superior à do milho e do milho.

5 - CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e nas condições deste trabalho, conclui-se que:

- As misturas compostas por milho em geral apresentaram maior degradabilidade de matéria seca, amido e amilopectina, seguidas pelo sorgo e milho.
- A extrusão proporcionou uma maior degradação da matéria seca e do amido em relação à moagem, principalmente para os grãos de sorgo e milho, tornando os nutrientes mais disponíveis ao ataque dos microrganismos ruminais. Devido a isto, as misturas compostas por milho, e principalmente pelo sorgo e milho, necessitam de processamento antes do fornecimento aos animais para maximizar sua utilização pelos microrganismos ruminais.
- Entre todos os tratamentos testados, o obtido com milho, uréia e enxofre processado por moagem, no geral, contribuiu com resultados inferiores em relação às demais misturas.
- A Amilose presente no grânulo de amido do tratamento composto por milho, uréia e enxofre processada por moagem apresentou os melhores desempenhos, sendo que este grão apresentou os maiores teores de amilose em comparação com os demais grãos testados.
- A Amilopectina presente no grânulo de amido do tratamento composto por milho, uréia e enxofre moídos apresentou os melhores resultados, seguida pelo sorgo e milho.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, C.A.N. **Desempenho de um extrusor nacional com base na caracterização física e físico-química de produtos extrudados de milho.** Lavras: ESAL, 1985, 131p. (Tese MS)
- ALLEN, M. **Ruminal starch fermentation management strategies for corn silage and high moisture corn.** Department of Animal Science - Michigan State University. Inference find in Internet - Misc. Educational Institution Sites, 1998.
- ALVAREZ FLORES, F.J. **Utilización de canã de açúcar como forrage para la producción de leche y carne bovina en el tropico.** Tegucigalpa, Honduras, 1980. **IN: Técnicas modernas de producción animal en el tropico,** Tegucigalpa, Honduras, Ministério de Recursos Naturales. Banco Central de Honduras, p. 19-34, 1980.
- BARTLEY, E.E.; DEYOE, C.W. **Starea as a protein replacer for ruminants.** *Feedstuffs*, Minneapolis, v. 47, n. 30, p. 42-44, 1975.
- BERCHIELLI, T.T.; ANDRADE, P. de; PINOTTI, R.F.; KRONKA, S.N. **do. Níveis de concentrado e uréia na alimentação de bovinos nelore com bagaço de cana-de-açúcar hidrolisado.** *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v. 18, n. 3, p. 204-210, 1989.
- BOER, G.; MURPHY, J.J.; KENNELY, J.J. **A modified method for determination of *in situ* rumen degradation of feedstuffs.** *Canadian Journal of Animal Science*, Ottawa, v.67, n. 3, p. 93-102, Mar. 1987.
- BRANCO, A.F. **Digestão de amido no intestino delgado e grosso em bovinos e os efeitos da disponibilidade abomasal de diferentes carboidratos sobre o fluxo portal-hepático de nutrientes em ovinos.** Jaboticabal, 1998, 131p. (tese DS)

- BROWN, L.D.; EMERY, R.S.; BENNE, E.J.; LASSITER, C.A. Effect of level and source of sulfur on the utilization of urea by dairy heifer. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 43, p. 89-90, 1960.
- BURTON, G.W. Photoperiodism in pearl millet, *Pennisetum typhoides*. **Crop Science**, Madison, v. 5, n. 4, p. 333-335, jul/aug, 1965.
- CASTRO NETO, P.; SEDIYAMA, G.C.; VILELA, E.A. de. Probabilidade de ocorrência de períodos secos em Lavras, Minas Gerais. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 4, n. 1, p. 55-65, jan./jun. 1980.
- CHALUPA, W. Problems in feeding urea to ruminantes. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 27, p. 207, 1968.
- COLE, N.A.; JOHNSON, R.R.; OWENS, F.N. Influence of roughage level and corn processing method on the site and extent of digestion by beef steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 43, n.2, p. 490-496, 1976.
- COON, E.E.; STUMPF, P.K. **Introdução à Bioquímica**. São Paulo: E. Blucher, 1980. 525p. 4 ed.
- CORREA, L. de F.A.; FALCO, J.E.; FIALHO, E.T., et al. Utilização da Amirea na alimentação de coelhos em crescimento da raça nova zelândia branca. II-desempenho, características de carcaça e biometria cecal. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 23, n. 4, p. 655-666, 1994.
- EUCLIDES, R.F. **Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para análises estatísticas)**, Viçosa: UFV, 1983.
- FERREIRA, J.J.; NETO, J.M., MIRANDA, C.S. de. Efeito do milho, sorgo e raspa de mandioca na ração sobre o desempenho de novilhos confinados. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 18, n.4, p. 306-313, 1989.
- GALL, L.S.; THOMAS, W.E.; LOOSLI, J.K. et al. The effect of purified diets upon the rumen flora. **Journal of Nutrition**, v.44, p. 113-122, 1951.

- GUILBOLT, A.; MERCIER, C. Starch. IN: BRANCO, A.F. **Digestão de amido no intestino delgado e grosso em bovinos e os efeitos da disponibilidade abomasal de diferentes carboidratos sobre o fluxo portal-hepático de nutrientes em ovinos.** Jaboticabal, 1998, 131p. (tese DS)
- HAHN, D.H.; ROONEY, L.W.; EARP, C.F. Tannins and phenols of sorghum. **Cereal Foods World**, Minnesota, v.29, n.12, p.776-779, Dec., 1984.
- HALE, W.H. Grain processing as it effects beef cattle, 1973. IN: THEURER, C.B. **Grain processing effects on starch utilization by ruminants.** *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 63, p. 1649-1662, 1986.
- HALE, W.H. Grain processing as it effects beef cattle. *Feedstuffs*, v. 43, n.14, p.19-22, 1971.
- HARBERS, L.H. Starch granule structural changes and amylolytic patterns in processed sorghum grain, 1975. IN: THEURER, C.B. **Grain processing effects on starch utilization by ruminants.** *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 63, p. 1649-1662, 1986.
- HELMER, L.G.; BARTLEY, E.E. Progress in the utilization of urea as a protein replacer for ruminants. A review. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 54, n. 1, p. 1-5, 1971.
- HELMER, L.G.; BARTLEY, E.E.; DEYOE, C.W. et al. Feed procesing. IV. Comparion of starea, rrea and soybean meal as a protein sources for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 53, n. 7, p. 883-887, 1970a.
- HELMER, L.G.; BARTLEY, E.E.; DEYOE, C.W. et al. Feed procesing. V. Effect of an expansion-processed mixture of grain and urea (Starea) on nitrogen utilization in vitro. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 53, n. 3, p. 330-335, 1970b.
- HIBBERD, C.A.; WAGNER, D.G.; SCHEMM, R.L.; MITCHELL JR, E.D.; HINTZ, R.L.; WEIBEL, D.E. Nutritive characteristics of different varieties of sorghum and corn grains. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 55, n. 3, p. 665-672, Sept. 1982.

- HUBER, J.T. Uréia ao nível do rúmen. IN: Simpósio sobre nutrição de bovinos: Uréia para ruminantes. 2, Piracicaba, S.P. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1984. Anais...Piracicaba: FEALQ, p. 6-24.
- LATIN American Tables of Feed Composition. s.1: v.54, University of Florida, 1974, 509 p.
- LUND, D. Influence of time, temperature, moisture, ingredients and processing conditions on starch gelatinization, 1984. IN: ROONEY, L.W.; PFLUGFELDER, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 63, n. 5, p. 1607-1623, 1986.
- MAIA, R.L.A.; TEIXEIRA, J.C.; PEREZ, J.R.O. et al. Utilização da Amirea 45-S (produto da extrusão amido-uréia) como suplemento proteico para coelhos em crescimento. Característica de carcaça. IN: Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, v. 24, 1987. Brasília, DF. Anais... Viçosa, MG, SBZ, pl 46, 1987.
- MANNERS, D.J. Some aspects of the structure of starch. *Cereal Foods World*, v. 7, n. 30, p. 461-467, 1985.
- McALLISTER, T.A.; RODE, L.M.; MAJOR, D.J. et al. Effect of ruminal microbial colonization on cereal grain digestion. *Canadian Journal of Animal Science*, Ottawa, v. 70, n. 2, p. 577-579, 1990.
- McNEILL, J.W.; POTTER, G.D.; RIGGS, J.K. et al. Chemical and physical properties of processed sorghum grain carbohydrates. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 40, n. 2, p. 335-341, 1975.
- MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen., 1977. IN: MORON, I.R. Cinética da digestão ruminal do amido dos grãos de milho e sorgo submetidos a diferentes formas de processamento. Lavras: ESAL, 1994. 58 p. (Tese MS)
- MENDOZA, M.G.; RICALDE, R.V.; ALANÍS, J.R. Digestión ruminal del almidón: factores estructurales y de origen microbial. *Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal*, v. 1, n.2, p. 99-110, 1993.

- MHURER, M.E.; HARRIS, D.W.; BLOOMFIELD, R.A. A reacted NPN-carbohydrate complex from urea. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 27, n. 6, p. 1770, 1986.
- MORON, I.R. **Cinética da digestão ruminal do amido dos grãos de milho e sorgo submetidos a diferentes formas de processamento**. Lavras: ESAL, 1994. 58 p. (Tese MS)
- NELSON, N.A. A photometric adaptation of Somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 153, p. 375-380, 1944.
- NETER, J.; WASSERMAN, W.; KUTNER, M.H. **Linear statistical models: regression, analysis of variance, and experimental designs**. 2. ed. USA: Richard D. Irwin, 1985. 1125 p.
- NOCEK, J.E. Evaluation of specific variables affectin *in situ* estimates of ruminal dry matter and protein digestion. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 60, n. 5, p. 1347-1358, May, 1985.
- NOCEK, J.E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: A review. **Journal of dairy Science**, Champaign, v. 71, n. 8, p. 2051-2069, Aug., 1988.
- ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation meal surementy wey he according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, New York, v. 92, n.1, p. 508, 1979.
- OWENS, F.N.; LUSBY, K.S.; MIZWICKI, K.; FORERO, O. Slow ammonia release from urea: rumen and metabolism studies. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 50, n. 3, p. 526-531, 1980.
- RILEY, J.G. Comparative feedlot performance of corn, wheat, milo and barley. IN: ROONEY, L.W.; PFLUGFELDER, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, n. 5, p. 1607-1623, 1986.

- ROONEY, L.W.; PFLUGFELDER, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, n. 5, p. 1607-1623, 1986.
- ROONEY, L.W.; RIGGS, J.K. Utilization of sorghum. IN: ROONEY, L.W.; PFLUGFELDER, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, n. 5, p. 1607-1623, 1986.
- RUSSEL, J.R.; YOUNG, A.W.; JORGENSEN, N.A. Effect of dietary corn starch intake on ruminal, small intestinal and large intestine starch digestion in cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 52, n. 5, p. 1170-1176, 1981a.
- SAIBRO, J.C. de; MARASCHIN, G.E.; BARRETO, I.L. Avaliação do comportamento produtivo de cultivares de sorgo, milho e milheto forrageiros no Rio Grande do sul. **Anuário Técnico do Instituto de Pesquisas Zootécnicas Francisco Osório**, Porto Alegre, RS, v. 3, p. 290-304, jul., 1976.
- SAMFORD, R.A.; RIGGS, J.K.; ROONEY, L.W.; COON, J.G. Ruminal digestibility of sorghum endosperm types, 1970. IN: ROONEY, L.W.; PFLUGFELDER, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, n. 5, p. 1607-1623, 1986.
- STILES, D.A.; BARTLEY, E.E.; MEYER, R.M. et al. Feed Processing VII. Effect of an expansion processed mixture of grown and urea (Starea) on rumen metabolism in cattle and urea toxicity. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 53, n. 10, p. 1436-1447, 1970.
- TEIXEIRA, J.C.; CORREA, L.F.A.; FALCO, J.E. et al. Utilização da amirea 45-S (produto da extrusão amido-uréia) na alimentação de coelhos em crescimento, como fonte de nitrogênio em substituição parcial ao farelo de soja. IN: **Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 25, 1988. Brasília, DF. Anais... Viçosa, MG, SBZ, p. 73, 1987b.
- THEURER, C.B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, p. 1649-1662, 1986.

- THOMAS, W.E.; LOOSLI, J.D.; WILLIAMS, H.H. et al. The utilization of inorganic sulfate and urea nitrogen by lambs. **Journal Nutrition**, v. 43, p. 515-523, 1951.
- TONROY, B.R.; PERRY, T.W. In vitro digestion of raw, roasted, and pressure-flaked corn. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 57, n. 12, p. 1508-1511, 1975.
- VELLOSO, L. Uréia em rações de engorda de bovinos. IN: Simpósio sobre nutrição de bovinos: Uréia para ruminantes. 2, Piracicaba, S.P. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1984. **Anais...Piracicaba: FEALQ**, p. 174-199, 1984.
- VILELA, E.A.; RAMALHO, M.A.P. Análise das temperaturas e precipitação pluviométrica de Lavras, Minas Gerais. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 4, n. 1, p. 46-55, jan/jun. 1980.
- WALDO, D.R. Extent and partition of cereal grain starch digestion in ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 37, n. 4, p. 1062-1074, 1973.
- WILLIAMS, P.C.; KUZINA, F.D.; YNKA, H.L. A rapid colorimetric procedure for estimativy the amylose content of starches and flours. **Cereal Chemistry**, v. 47, n. 4, p. 411-421, 1970.
- ZEOULA, M.L. Efeitos da fonte de amido, do processamento e da adição de uréia sobre a fermentação *in vitro*, e digestão parcial e total em bovídeos. Viçosa: UFV, 1990. 250 p. (Tese DS).

ANEXOS

Anexo A:	Determinação do teor de amilose pelo método colorimétrico	44
Anexo B:	Equações de regressão obtidas para degradabilidade ruminal do amido, amilose e amilopectina dos tratamentos testados	46



ANEXO A

Determinação do teor de amilose pelo método colorimétrico

A- Reagentes

1. álcool etílico;
2. solução de KOH 0,5N; dissolver 22,055g para um litro;
3. solução de HCL 0,5N; diluir 49mL de HCL concentrado em um litro;
4. solução estoque de iodo-iodeto; dissolver 20g de KI e 2,0g de iodo e diluir para 100mL em um balão volumétrico;
5. solução reagente de iodo-iodeto; diluir 10mL da solução estoque para 100mL;
6. solução de tartrato duplo de sódio e potássio 0,4%.

B. Procedimento

1. pesar 50mg da amostra de amido em becker de 100mL;
2. umidecer com 1,0mL de álcool etílico;
3. adicionar 10mL de hidróxido de potássio 0,5N e agitar vigorosamente;
4. aquecer em banho-maria por 3 minutos;
5. resfriar;
6. adicionar 10mL de ácido clorídrico 0,5N;
7. colocar em balão volumétrico de 100mL e aferir com água destilada;
8. transferir alíquota de 1,0mL para balão volumétrico de 50mL;
9. adicionar 20mL de tartrato duplo de sódio e potássio 0,4% e 0,5mL de solução iodo-iodeto, aferindo o balão com água destilada;
10. efetuar a leitura em espectrofotômetro a 680nm; os cálculos serão efetuados sobre uma curva padrão com amilose.

Construção da Curva padrão

1. pesar 15mg de amilose em becker de 100mL;
2. molhar com 1mL de álcool etílico;
3. adicionar 5mL de KOH 0,5N;
4. aquecer em banho-maria por 3 minutos;
5. resfriar;
6. adicionar 5mL de ácido clorídrico 0,5N;
7. transferir para balão volumétrico de 50mL e aferir com água destilada;
8. a partir da solução padrão de amilose preparada, efetuar diluições segundo o quadro abaixo;

mL de solução padrão	mg/mL de amostra	Tartarato 0,4% (mL)	Água (mL)	Solução iodo/iodeto (mL)
1,0	0,30	20,0	28,5	0,5
0,8	0,24	20,0	28,7	0,5
0,6	0,18	20,0	28,9	0,5
0,4	0,12	20,0	29,1	0,5
0,2	0,06	20,0	29,3	0,5
0,0	0,00	20,0	29,5	0,5

9. efetuar as leituras a 680nm para as diferentes diluições obtidas e encontrar a equação da reta para o cálculo de concentração de amilose no amido em questão, através de regressão.

WILLIAMS, P.C.; KUZINA, F.D. e YNKA, H.L. A rapid colorimetric procedure for estimativity the amylose content of starches and flours. **Cereal Chemistry**, v. 47, n. 4, p. 411-421, 1970.

ANEXO B

Equações de regressão obtidas para degradabilidade ruminal do amido, amilose e amilopectina dos tratamentos testados.

1. Amido

$$\text{MTM: } Y = 87,05 + (-4,52) (1 - e^{-11,43t})$$

$$\text{MTE: } Y = 91,49 + 4,07 (1 - e^{-12,33t})$$

$$\text{MIM: } Y = 86,90 + 4,41 (1 - e^{-46,49t})$$

$$\text{MIE: } Y = 98,44 + (-1,12) (1 - e^{-12,56t})$$

$$\text{SOM: } Y = 57,67 + 36,25 (1 - e^{-15,86t})$$

$$\text{SOE: } Y = 89,07 + 7,55 (1 - e^{-108,6t})$$

2. Amilose

$$\text{MTM: } Y = 95,61 + (-0,22) (1 - e^{-34,86t})$$

$$\text{MTE: } Y = 90,88 + 1,15 (1 - e^{-37,44t})$$

$$\text{MIM: } Y = 96,04 + (-0,96) (1 - e^{-57,67t})$$

3. Amilopectina

$$\text{MTM: } Y = 82,33 + (-3,99) (1 - e^{-25,71t})$$

$$\text{MTE: } Y = 67,27 + 24,37 (1 - e^{-32,99t})$$

$$\text{MIM: } Y = 79,91 + 12,99 (1 - e^{-45,57t})$$