

**EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO DO GRÃO DE MILHO PELO DE
MILHETO (*Pennisetum americanum*) NA DIETA DE VACAS EM
LACTAÇÃO**

CLÁUDIO VAZ DI MAMBRO RIBEIRO

Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. **ALEXANDRE VAZ PIRES**

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade
de São Paulo, para a obtenção do título de
Mestre em Agronomia, Área de
Concentração: Ciência Animal e Pastagens.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Novembro 1999

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Ribeiro, Cláudio Vaz Di Mambro

Efeito da substituição do grão de milho pelo de milheto (*Pennisetum americanum*)
na dieta de vacas em lactação / Cláudio Vaz Di Mambro Ribeiro. - - Piracicaba, 1999.
67 p.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1999.
Bibliografia.

1. Dieta animal 2. Grão de milho 3. Milheto 4. Nutrição animal 5. Vaca
holandesa 6. Vaca lactante I. Título

CDD 636.2085

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte - O Autor"

Aos meus grandes amigos e familiares, pessoas que me influenciaram e apoiaram no decorrer da vida.

OFEREÇO

A Deus,

Ao meu pai, Luzan,

À minha mãe, Ediléa,

À minha irmã, Adriana.

DEDICO

"... o homem vale por si mesmo e não por qualquer outra razão...."

(João Paulo II)

AGRADECIMENTOS

Seria muito difícil descrever todos os que, de alguma maneira, auxiliaram na elaboração, desenvolvimento e conclusão deste trabalho, porém desejo expressar o meu sincero agradecimento:

Ao professor e orientador, Dr. Alexandre Vaz Pires, a quem sou muito grato pela acolhida, cordialidade, pelos ensinamentos valiosos, pela amizade, confiança e apoio.

Ao Dr. José Manuel Corrêa de Simas, pela valiosa colaboração na execução deste trabalho, paciência pelas constantes dúvidas, sugestões e confiança.

Ao amigo Carlos César Alves, pela amizade, paciência, ensinamentos e convivência nas intermináveis análises laboratoriais.

Aos demais professores do Departamento de Zootecnia, pelos ensinamentos e amizade.

À Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (USP) e ao Departamento de Produção Animal pela oportunidade de realização deste curso.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão da bolsa de estudos e suporte financeiro ao projeto.

À ZOOFORT Suplementação Animal Indústria e Comércio Ltda. (Rondonópolis-MT), pela doação do milho utilizado neste trabalho.

Aos estagiários Elder José de Mello Bruno (Meloso) e Marina Villela Luyten (Tulipa) pela primorosa ajuda durante os períodos experimentais.

Aos funcionários e colegas do curso, pela amizade e convivência.

À Universidade Federal de Viçosa, pela minha formação.

Aos meus familiares pelo apoio, incentivo e confiança.

Aos meus pais Luzan e Ediléa, e a minha irmã Adriana, pelo grande estímulo para execução deste trabalho, apoio, amor, carinho e que, apesar dos longos períodos em que estivemos distantes, sempre participaram das grandes decisões.

A Deus, por me acompanhar em todos os momentos da minha vida.

OBRIGADO.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS	vi
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
RESUMO.....	ix
SUMMARY.....	xi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Amido.....	3
2.1.1 Caracterização.....	3
2.1.2 Digestão ruminal de amido.....	5
2.1.2.1 Fermentação Microbiana.....	5
2.1.2.2 Utilização de produtos da fermentação.....	7
2.1.2.3 Metabolismo de AGVs.....	9
2.1.3 Digestão intestinal de amido.....	10
2.1.4 Resposta da produção de leite à degradabilidade ruminal de amido.....	11
2.2 Milheto.....	12
2.2.1 Características agronômicas.....	12
2.2.2 Características nutricionais.....	13
2.2.3 O grão de milheto na alimentação de ruminantes.....	17
2.3 Características do amido do milho.....	19
3 OBJETIVOS.....	21
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
4.1 Animais e instalações experimentais.....	22
4.2 Período experimental.....	22
4.3 Tratamentos.....	23
4.4 Determinação da granulometria dos grãos de cereais.....	25
4.5 Análise da concentração de cromo.....	25
4.6 Coleta de dados referente ao consumo de matéria seca.....	26

4.7 Análises químico-bromatológicas das dietas e do recusado.....	26
4.8 Coleta do fluido ruminal para determinação de AGV, N-NH ₃ e pH ruminal...	26
4.9 Coleta de conteúdo duodenal para determinação da digestibilidade dos nutrientes e fluxo de proteína microbiana	27
4.10 Coleta de fezes para determinação da digestibilidade aparente do trato total	28
4.11 Coleta de sangue para determinação de glicose e N-Ureico plasmático.....	29
4.12 Avaliação da produção e composição do leite.....	29
4.13 Análise estatística.....	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5.1 Composição dos alimentos.....	32
5.2 Digestibilidade dos nutrientes.....	33
5.3 Consumo.....	33
5.3.1 Consumo de matéria seca e matéria orgânica.....	33
5.3.2 Consumo de amido, FDN, FDA, EE e PB.....	35
5.4 Produção e composição do leite.....	35
5.5 Parâmetros ruminais.....	38
5.5.1 pH.....	38
5.5.2 Concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH ₃) no rúmen.....	40
5.5.3 Concentração de ácidos graxos voláteis (AGV).....	43
5.5.3.1 Ácidos graxos voláteis totais.....	43
5.5.3.2 Ácido acético.....	45
5.5.3.3 Ácido propiônico.....	47
5.5.3.4 Ácido butírico.....	49
5.5.3.5 Relação acético/propiônico.....	50
5.6 Parâmetros sanguíneos.....	52
5.6.1 Glicose plasmática.....	52
5.6.2 N-Ureico plasmático.....	53
5.7 Hidrólise enzimática do amido.....	55
6 CONCLUSÕES.....	57
7 REVISÃO DE LITERATURA.....	58

LISTA DE QUADROS

	Página
1 Composição da dieta em percentagem da matéria seca.....	24
2 Quantidade de amido proveniente dos grãos de cereais.....	24
3 Tamanho médio de partículas do milho e milheto.....	25
4 Quadro esquemático da análise de variância para o ensaio de consumo e produção.	30
5 Quadro esquemático da análise de variância para o pH, N-NH ₃ e AGVs.....	30

LISTA DE TABELAS

	Página
1 Composição bromatológica das dietas em percentagem da MS.....	32
2 Efeito da inclusão de milho sobre o consumo de MS e nutrientes.....	34
3 Efeito da inclusão de milho sobre a eficiência alimentar, produção e composição do leite.....	36
4 Efeito da inclusão de milho sobre o pH ruminal.....	38
5 Efeito da inclusão de milho sobre a concentração de N-NH ₃ ruminal (mg/dl).....	41
6 Efeito da inclusão de milho sobre a concentração de AGVs totais no fluido ruminal (mM).....	43
7 Efeito da inclusão de milho sobre a concentração de acetato no fluido ruminal (mM).....	45
8 Efeito da inclusão de milho sobre a concentração de propionato no fluido ruminal (mM).....	48
9 Efeito da inclusão de milho sobre a concentração de butirato no fluido ruminal (mM).....	49
10 Efeito da inclusão de milho sobre a relação acético/propiónico no fluido ruminal.	51
11 Efeito da inclusão de milho sobre a concentração de glicose no plasma (mg/dl)...	52
12 Efeito da inclusão de milho sobre a concentração de N-Ureico no plasma (mg/dl).....	54

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Variação no preço do saco do milho.....	19
2 Variação diurna do pH ruminal em relação a percentagem de inclusão do amido do milho.....	40
3 Variação diurna na concentração de N-NH ₃ no fluido ruminal em relação a percentagem de inclusão do amido do milho.....	42
4 Variação diurna da concentração de AGVs totais no fluido ruminal em relação a percentagem de inclusão do amido do milho.....	44
5 Variação diurna da concentração de acetato no fluido ruminal em relação a percentagem de inclusão do amido do milho.....	46
6 Variação diurna da concentração de propionato no fluido ruminal em relação a percentagem de inclusão do amido do milho.....	48
7 Variação diurna da concentração de butirato no fluido ruminal em relação a percentagem de inclusão do amido do milho.....	50
8 Variação diurna da relação acetato/propionato no fluido ruminal em relação a percentagem de inclusão do amido do milho.....	51
9 Variação diurna da concentração de glicose plasmática em relação a percentagem de inclusão do amido do milho.....	53
10 Variação diurna da concentração de N-Ureico plasmático em relação a percentagem de inclusão do amido do milho.....	55
11 Curva de hidrólise enzimática da fração amido dos grãos de milho e milho.....	56

EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO DO GRÃO DE MILHO PELO DE MILHETO (*Pennisetum americanum*) NA DIETA DE VACAS EM LACTAÇÃO

Autor: Cláudio Vaz Di Mambro Ribeiro

Orientador: Dr. Alexandre Vaz Pires

RESUMO

Avaliou-se o efeito da substituição do grão de milho pelo grão de milheto, com base no teor de amido dos mesmos, sobre o desempenho, digestibilidade de nutrientes, parâmetros ruminais e sanguíneos. Quatro vacas Holandesas, com média de 90 dias em lactação, foram utilizadas em um experimento com o delineamento em Quadrado Latino 5x4. Os animais foram alimentados com dietas contendo 50% de concentrado e 50% de volumoso (silagem de milho) na matéria seca. Os tratamentos tiveram as seguintes proporções de amido de milho e amido de milheto: 1) 100:0, 2) 75:25, 3) 50:50, 4) 25:75, 5) 0:100, respectivamente. Não foi encontrado diferença ($P>0,05$) no consumo de matéria seca e nutrientes entre os tratamentos. A produção de leite e de leite corrigido para 3,5% de gordura, o teor e quantidade de gordura e a quantidade de proteína do leite também não foram diferentes ($P>0,05$) entre os tratamentos, porém houve diferença ($P<0,05$) no teor de proteína do leite, diminuindo quando se aumentava a quantidade de milheto. A eficiência de conversão da proteína da dieta em proteína do leite foi aumentando com o aumento dos teores de milheto nas dietas ($P<0,05$). Não houve efeito

($P > 0,05$) nos parâmetros ruminais (pH, N-NH₃, AGV, acético, propiônico, butírico e relação acético/propiônico) entre os tratamentos. Também não foi encontrada diferença ($P > 0,05$) nas concentrações de glicose e N-Ureico no plasma dos animais.

EFFECT OF CORN GRAIN SUBSTITUTION BY MILLET GRAIN (*Pennisetum americanum*) ON DIET OF DAIRY LACTATION COWS

Author: Cláudio Vaz Di Mambro Ribeiro

Adviser: Dr. Alexandre Vaz Pires

SUMMARY

This study was conducted to evaluate corn substitution by pearl , based on starch content, on cow performance, nutrient digestibilities, and ruminal and blood parameters. Four lactating cannulated holstein cows were used in a 5X4 Latin Square Design. The cows were fed a 50% corn silage diet on a dry matter basis. Treatments were substitution of corn starch by pearl millet starch: 1) 100:0, 2) 75:25, 3) 50:50, 4) 25:75, 5) 0:100, respectively. All grain substitutions were on a starch content basis. There was no effect ($P>0.05$) of grain source on dry matter intake, milk yield and milk fat content. The milk protein content was decreased by pearl millet grain. There was no treatment effect ($P>0.05$) on ruminal pH and concentration of acetate, propionate, butyrate and VFAs. The ruminal N-NH₃ concentration tended to be higher for the corn grain based diets. Plasma glucose and N-Urea concentration were not affected by pearl millet content.

1 INTRODUÇÃO

A principal fonte de energia na alimentação animal são os grãos de cereais como o milho, sorgo, cevada, aveia e trigo, sendo o amido o principal componente energético desses grãos, representando 70 a 80% da matéria seca. Dentre os grãos de cereais, o milho é o mais utilizado nas rações convencionais para ruminantes como fonte de energia, pelo seu alto valor energético e pela tradição de seu cultivo em nosso país. A substituição do milho por outros grãos vem sendo objeto de várias pesquisas em nutrição animal devido à sua ampla participação na alimentação humana e de outros animais, elevando seu preço e, conseqüentemente, o custo do concentrado para bovinos.

Pesquisas visando a substituição parcial ou total do milho por outras fontes poderiam viabilizar o uso de dietas menos onerosas sem prejudicar o desempenho animal, ou ainda avaliar a utilização de outros grãos energéticos, comparando-os com o milho e estabelecendo sua utilização na alimentação de ruminantes.

O estudo do consumo de matéria seca, composição do leite e fluxo de nutrientes para o intestino de vacas de leite alimentadas com um possível substituto do milho fornecerá dados importantes para o conhecimento de limitações e uso do mesmo.

O milheto, *Pennisetum americanum*, é uma forrageira de ciclo anual que vem ocupando espaço na alimentação de gado de corte, seja em pastejo ou sob a forma de grãos como fonte alternativa de energia, constituindo-se um importante cereal na Índia, África, Arábia e Paquistão (Fancher et al. 1987; Landry & Delhaye, 1995). Estima-se que vinte e seis milhões de hectares são plantados na África e Ásia, regiões semi-áridas onde essa espécie está adaptada (Andrews & Kumar, 1992).

O grão de milheto pode ter grande valor como fonte de proteína em dietas contendo outros grãos de cereais com teores mais baixos de proteína bruta e de baixa qualidade (Hill & Hanna, 1990). No Brasil, a região Centro-Oeste se destaca na

utilização desse grão, uma vez que suas características agronômicas e nutritivas o qualificam como um possível substituto energético na alimentação animal.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da substituição gradativa do milho pelo milheto, no consumo de matéria seca, produção e composição do leite, na digestibilidade de nutrientes, fluxo de proteína para o duodeno, nos parâmetros ruminais e sanguíneos em vacas leiteiras Holandesas, alimentadas com dietas contendo silagem de milho como volumoso.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Amido

2.1.1 Caracterização

O amido é o polissacarídeo de reserva da maioria das gramíneas e representa 70% da matéria seca na maioria dos cereais como milho, sorgo, cevada, trigo e aveia (Rooney & Pflugfelder, 1986). A sua utilização é fundamental para se maximizar a produção animal (Theurer, 1986; Theurer, 1992), podendo constituir em torno de 35% da matéria seca nas dietas de vacas leiteiras de elevado potencial genético, pois as mesmas requerem uma dieta mais densa em energia. Uma vez que a importância do amido na alimentação de ruminantes já está determinada, várias pesquisas ainda necessitam ser conduzidas visando o estudo desse componente de diferentes fontes e processamentos.

Segundo Kotarski et al. (1992), a distribuição do amido nos grãos de cereais varia com a espécie e cultivar, mas de uma maneira geral esses grãos contêm uma camada protetora denominada pericarpo, o gérmen e o endosperma. Os dois primeiros regulam a entrada de água para o interior do grão maduro, contêm pouco amido e representam uma pequena fração do grão. A maior parte do amido está contida no endosperma, o qual pode ser dividido em camada de aleurona, mais superficial, endosperma periférico, o endosperma córneo e o endosperma farináceo. As células da camada de aleurona não contêm grânulos de amido, porém possuem enzimas, inibidores de amilases e proteases e corpos esféricos protéicos e lipídicos. Os grânulos de amido dos endospermas periférico e córneo são envolvidos por corpos protéicos e embebidos em uma matriz protéica impermeável à entrada de água e enzimas hidrolíticas, porém o

endosperma farináceo possui alta densidade de amido, os quais são mais acessíveis à hidrólise enzimática.

A amilose e a amilopectina são os dois tipos de polímeros encontrados no amido, que é um polissacarídeo heterogêneo (Kotarski et al., 1992; Rooney & Pflugfelder, 1986; Van Soest, 1994). A amilose é um polímero linear de unidades de D-glicose unidas por ligações tipo α -1,4, sendo que a proporção de amilose no grânulo de amido pode variar de 14 a 34% (Kotarski et al., 1992), e a sua variação em proporção dependerá da espécie do grão de cereal e das variações genéticas dentro das espécies. A amilopectina é um polímero ramificado, consistindo de uma cadeia linear de resíduos de glicose (α -1,4), com pontos de ramificações α -1,6 a cada 20 a 25 unidades, bem maior que a amilose, correspondendo a cerca de 70 a 80% da maioria do amido contido nos grãos de milho e sorgo. Mesmo dentro de espécies de cereais podem haver variações nos teores entre esses polímeros de glicose.

Segundo Rooney & Pflugfelder (1986), o amido existe na forma de grânulos altamente organizados, nos quais a amilose e amilopectina estão ligadas por pontes de hidrogênio. Os grânulos de amido são pseudocristais que possuem regiões organizadas (cristalina) e não organizadas (amorfa). A região cristalina ou micelar é primariamente composta de amilopectina, resistente à entrada de água, ao ataque enzimático e responsável pela birrefringência do grânulo de amido. A região amorfa do amido é rica em amilose e menos densa que a cristalina, permitindo um movimento livre de água.

O ataque das amilases aos grãos de amido é iniciado na região amorfa, enquanto que a hidrólise da região cristalina ocorre mais vagorosamente (Rooney & Pflugfelder, 1986). A relação amilose : amilopectina influencia a degradabilidade do amido. Guibot & Mercier (1985) demonstraram que o amido "seroso", de baixa amilose, é mais degradável que o amido de milho comum. A orientação das moléculas de amilose em direção ao interior dos cristais de amilopectina ocasiona um aumento nas ligações de hidrogênio, o que limitaria o "inchaço" e a hidrólise enzimática, diminuindo a digestibilidade das variedades de alta amilose. Outra teoria que explica a menor

digestibilidade da amilose reside no fato de que a mesma está localizada principalmente na região amorfa onde é complexada com lipídeos (Rooney & Pflugfelder, 1986).

A eficiência de utilização do amido pelas bactérias ruminais não é a mesma para um mesmo teor de amido de diferentes grãos. O ataque de enzimas pode ser dificultado pela presença de corpos protéicos, diminuindo a utilização do amido, ou ainda pela variação na proporção dos endospermas periféricos, farináceos e córneos. Segundo Kotarski et al. (1992), um dos principais fatores que afetam a utilização do amido pelos animais é a presença de uma matriz protéica ao redor do grânulo, a qual dificulta a ação das enzimas digestivas. A presença dessa matriz protéica é mais significativa nos grãos de sorgo e milho que nos demais cereais (Sniffen, 1980).

O processamento físico auxilia a digestão dos grãos. O grão inteiro, com o pericarpo intacto, é altamente resistente à digestão pelos ruminantes por não permitir adesão de bactérias (Beauchemin et al. 1994; McAllister et al. 1994). A granulometria dos cereais na dieta pode influenciar o desempenho dos animais. Segundo Nocek & Tamminga (1991), o processamento físico dos grãos através da ação mecânica consiste na quebra, moagem, trituração ou peletização de grãos secos facilitando a adesão de microorganismos aos grãos de amido. Estas alterações na estrutura aumentam a digestão amilolítica por parte das enzimas de microorganismos, como também das enzimas pancreáticas e intestinais.

2.1.2 Digestão ruminal de amido

2.1.2.1 Fermentação microbiana

A quantidade de energia extraída dos grãos de amido é dependente principalmente da taxa e grau de digestão no rúmen (Thurerer, 1992). Os microorganismos ruminais obtêm grande parte de sua energia através dos carboidratos e o metabolismo microbiano contribui como fonte de proteína através da síntese de proteína microbiana.

A tarefa de identificar os microorganismos do rúmen não é simples. Em estudos com ruminantes verificou-se que após uma mudança abrupta de uma dieta rica em forragem para uma rica em grãos, ocorrendo uma acidose aguda, o número de *Streptococcus sp.* aumentou dentro de algumas horas pós-alimentação, os protozoários foram eliminados e os lactobacilus predominantes (Kotarski et al., 1992). A digestão bacteriana das fontes de amido é um processo sequencial e a colonização é substrato-específica e depende de um pericarpo fendido (McAllister et al. 1990;1994). Kotarski et al. (1992) identificaram 15 cepas de bactérias amilolíticas e caracterizaram oito enzimas produzidas por esses microorganismos. Algumas dessas bactérias aderem e colonizam partículas dos grãos no rúmen e produzem enzimas que atuam dentro ou fora das células bacterianas para hidrolisar as ligações α -1,4 e α -1,6 da amilose e amilopectina. As amilases rapidamente reduzem o tamanho da molécula de amido, convertendo-o em dextrinas e oligossacarídeos, enquanto a maltase os converte a glicose (French, 1973). Segundo Bergman (1990), amidos e dextranas são degradados por amilases a maltose e maltotrioses, e pela maltase e isomaltase a glicose, sendo rapidamente utilizada pelas bactérias na glicólise, formando piruvato que pode ser oxidado a acetato, propionato, butirato ou lactato, esse último constituindo-se um produto intermediário da fermentação e o principal responsável pela diminuição do pH ruminal, o que favorece o crescimento de lactobacilos. Os protozoários também participam do processo fermentativo de carboidratos. A taxa e extensão da degradação ruminal de amido foi maior quando os protozoários foram eliminados do rúmen de ovelhas alimentadas com milho de alta umidade e sorgo (Mendoza et al., 1993).

No processo de fermentação ruminal, os polímeros de açúcares liberados pelas enzimas das bactérias amilolíticas são substrato para outras espécies, produzindo ácidos graxos voláteis e CO₂ (Huntington, 1994). Quanto maior a quantidade de carboidratos fermentados no rúmen, maior é a produção de AGVs. Esses ácidos orgânicos produzidos pela fermentação ruminal são quase totalmente absorvidos pela parede do rúmen, indo para o sistema porta e drenados pelo fígado e, segundo Bergman (1990), representam aproximadamente 75% da energia contida dos carboidratos. Assume-se que não existe limitação do rúmen em digerir o amido, porém quase todas as adversidades associadas

com dietas de alto grão, como timpanismo, acidose e abscesso do fígado, são resultados de uma rápida fermentação do amido a ácidos orgânicos. Por esse motivo alguns aditivos são fornecidos para evitar os problemas causados pela queda do pH ruminal, dentre eles os tamponantes (Huntington, 1994) e ionóforos.

2.1.2.2 Utilização de produtos da fermentação

Os ácidos graxos voláteis são um grupo que contém de 1 a 7 átomos de carbono e existem como componentes de forma linear ou ramificada, incluindo o ácido fórmico, acético, propiônico, butírico, isobutírico, valérico, isovalérico, 2-metilbutírico, hexanóico e o ácido heptanóico (Bergman, 1990), porém apenas os ácidos acético, propiônico e butírico têm interesse quantitativo, constituindo a maioria dos AGVs e a principal fonte de energia dos ruminantes. Sua concentração pode variar de 60 a 150 mM e o tipo de dieta pode alterar o padrão de fermentação ruminal, isto é, a proporção entre os AGV pode ser modificada, bem como a concentração de amônia ruminal, oriunda da deaminação de aminoácidos dietéticos. Segundo Bergman (1990), a relação acetato, propionato e butirato pode variar de 75:15:10 até 40:40:20, e a máxima concentração de AGV ocorre 2 a 4 horas após a alimentação.

O aumento da proporção do propionato em relação ao acetato ocorre em dietas ricas em amido, resultado de uma rápida fermentação, levando a uma redução no pH, o que aumentaria o número de microorganismos produtores de propionato. A absorção de glicose do trato intestinal de ruminantes é insignificante, sendo o propionato o mais importante precursor de glicose nestes animais. Kronfeld et al. (1968) calcularam que a glândula mamária de uma vaca produzindo 30 kg/d (1,5 kg de lactose) necessita cerca de 2,2 kg/d de glicose. O aumento da produção de propionato é de grande importância nutricional, especialmente para as vacas de alta produção que têm altos requerimentos energéticos.

Além dos AGVs, ocorre a produção de amônia no rúmen em função da deaminação de aminoácidos. A proteína ingerida pode passar para o omaso sem sofrer

ação dos microorganismos ou ser degradada no rúmen, onde as ligações peptídicas são hidrolisadas (proteólise) e os peptídeos e aminoácidos liberados são utilizados para a síntese de proteína microbiana ou deaminados, produzindo amônia e ácidos orgânicos de cadeia curta, os quais podem ser utilizados pelos microorganismos (NRC, 1985). Algumas bactérias necessitam de amônia como sua principal fonte de nitrogênio, porém outras podem utilizar os aminoácidos provenientes da dieta.

A quantidade de nitrogênio amoniacal requerido para o crescimento microbiano é discutível. Mehrez et al. (1977) sugeriram que uma concentração de amônia de 20 a 22 mg de N-NH₃/100ml de fluido ruminal seria necessária para maximizar a taxa de fermentação da matéria seca de cevada, porém valores inferiores (2 a 3 mg/100ml) foram preconizados por Satter e Slyter (1974), baseando-se em dados *in vitro* com dietas fibrosas. A amônia produzida no rúmen que não for utilizada pelas bactérias será absorvida pelo epitélio ruminal, caindo na circulação sanguínea, transformada em uréia no fígado, podendo retornar via saliva, parede do rúmen, ceco ou ser excretada na urina.

A quantidade de amônia presente no rúmen é dependente da disponibilidade de energia no momento da deaminação, permitindo às bactérias utilizarem a energia para síntese de proteína. A sincronização de amido e fontes de nitrogênio no rúmen reduziu a absorção de amônia e aumentou a retenção de nitrogênio em novilhos (Taniguchi et al. 1995). A sincronização do amido fermentável no rúmen e proteína aumentou a retenção de nitrogênio em ovelhas em crescimento como percentagem do consumo de nitrogênio (Matras et al. 1991). A energia prontamente disponível da fermentação de amido aumenta o fluxo de proteína microbiana em resposta ao aumento da digestibilidade do amido no rúmen (Spicer et al. 1986; Zinn 1988; Zinn 1990a; Zinn 1999b; Streeter et al. 1989; Poore et al. 1993). Estudos com vacas leiteiras (Herrera-Saldana & Huber, 1989; Herrera-Saldana et al. 1990; Aldrich et al. 1993) confirmaram que a sincronização da fermentabilidade do amido no rúmen e a fonte de proteína aumentam o fluxo de proteína microbiana para o intestino. Stokes et al. (1991), em um estudo *in vitro*, demonstraram um aumento linear na produção de proteína microbiana na medida em que a quantidade de carboidratos não estruturais aumentou na dieta (de 25 a 54%). A produção de AGVs

aumentou e a concentração de amônia diminuiu com o aumento de carboidratos não estruturais, indicando uma maior atividade dos microorganismos ruminais.

Uma melhor utilização da amônia produzida no rúmen pode aumentar a síntese de proteína microbiana, melhorando o perfil de aminoácidos que chega ao duodeno. O aumento da digestibilidade ruminal do amido, através da floculação, pode aumentar a reciclagem de uréia pelo trato gastrintestinal e diminuir a absorção líquida de amônia, o que aumentaria a transferência do nitrogênio (contido na uréia) para o trato digestivo, diminuindo a perda do nitrogênio dietético (já que a uréia pode ser usada como fonte de nitrogênio para os microorganismos ruminais), aumentando a síntese de proteína microbiana. Aldrich et al. (1993) reportaram que o fluxo de proteína microbiana para o duodeno aumentou em vacas alimentadas com milho reconstituído (maior digestibilidade ruminal de amido) e fontes de proteína de alta degradabilidade (farelo de soja e canola) comparado com milho grão e fontes de proteína “by pass” (farinha de sangue).

2.1.2.3 Metabolismo dos AGVs

Bergman (1990) fez uma extensa revisão sobre a contribuição energética dos AGVs em várias espécies e encontrou nos ruminantes as maiores concentrações desses compostos, ficando claro sua importância nutricional. Em torno de 88% dos AGVs ruminais são absorvidos diretamente pelo rúmen, e o restante passa para o abomaso, sendo que grande quantidade de AGVs é metabolizada no epitélio ruminal durante o processo de transporte e absorção. Somente uma pequena quantidade do acetato absorvido é utilizada pelo fígado, sendo muito usado como fonte de energia pelos tecidos muscular esquelético e adiposo (Bergman, 1990). O acetato pode ser oxidado no Ciclo de Krebs, fornecendo 12 ATPs ou pode servir como precursor na síntese de ácidos graxos no tecido adiposo ou glândula mamária.

O butirato é responsável por mais de 80% dos corpos cetônicos produzidos no organismo. Grande parte do butirato é metabolizada no epitélio ruminal, podendo ser

convertido a corpos cetônicos, acetato ou ácidos graxos de cadeia longa. Quase todos os tecidos são capazes de utilizar butirato como na síntese de ácidos graxos na glândula mamária e tecido adiposo.

O ácido propiônico é pouco metabolizado pela parede do rúmen, constituindo-se o principal precursor de glicose. Biotina e a vitamina B₁₂ são essenciais nesse processo (Bergman, 1990). Esse mesmo autor ainda cita que o ácido propiônico é o único dos AGVs de importância na gliconeogênese, pois valerato e heptanoato também são metabolizados até glicose, porém sua produção na fermentação ruminal é pouco expressiva. De acordo com Armentano (1992), acima de 95% do propionato atingindo a veia mesentérica é convertido a glicose no fígado. Como quase todo carboidrato é fermentado no rúmen e grande parte do absorvido pelos enterócitos é utilizado pelas vísceras, existe pouca absorção de glicose no intestino, aumentando a importância da gliconeogênese a partir de propionato. Lactato, glicerol e aminoácidos também contribuem para síntese de glicose, porém são menos expressivos quantitativamente que o ácido propiônico em animais bem arraçados.

2.1.3 Digestão intestinal de amido

Muitas pesquisas foram conduzidas para tentar estabelecer um consenso entre um melhor local de digestão do amido. Segundo Owens et al. (1986), a mudança do local de digestão do amido do rúmen para o intestino resulta em maior absorção de glicose e aumento na economia de energia pelo ruminante. Os mesmos autores ainda citam que a digestão de amido no intestino delgado é 42% mais eficiente que a digestão no rúmen. Contudo, Orskov (1986) concluiu que, devido à limitada capacidade de digestão de amido no intestino delgado, um aumento na digestão intestinal de amido pelos ruminantes não seria benéfico. O critério mais importante não é a quantidade de amido digerida no rúmen ou no intestino, mas a quantidade de glicose e energia disponível para produção de carne e leite. Muitos trabalhos mostraram que a extensão de digestão de amido no rúmen foi incompleta. Orskov (1986) sugeriu que o intestino delgado possui

limitada capacidade de digerir o amido, porém a capacidade enzimática não parece limitar a digestão intestinal de amido (Owens et al., 1986), embora limites à digestão e absorção possam ser demonstrados pela infusão de amido e glicose no duodeno (Owens et al., 1986; Orskov, 1986). Com a infusão intestinal de amido, menos de um terço do desaparecimento intestinal do mesmo pode ser devido à absorção líquida de glicose (Huntington & Reynolds, 1986; Kriekemeier et al. 1987). Segundo Reynolds et al. (1988), a absorção líquida de glicose, em vacas leiteiras e bovinos de corte, é geralmente zero ou negativa, indicando uma considerável utilização de glicose pelos tecidos viscerais.

Estudos com grãos processados sugerem que o aumento da digestibilidade de amido no trato total é possivelmente relacionada com a maior fermentação ruminal do mesmo. Conclui-se que pouco da glicose absorvida no intestino delgado, através da digestão do amido, alcança os tecidos periféricos e a glândula mamária, atribuindo-se ao fígado a incumbência de sintetizar quase toda a glicose necessária à exigência animal, seja para propósito de manutenção (energia) e/ou produção.

2.1.4 Resposta da produção de leite à degradabilidade ruminal de amido

O efeito do local da digestão de amido na produção de leite é o maior indicador da utilidade de se manipular onde o amido deve ser preferencialmente digerido. Segundo Theurer (1992), a influência do local de digestão de amido na produção de leite ainda não está bem estabelecida. Poore et al. (1993) compararam sorgo floculado com sorgo moído e mostraram que a floculação aumentou a digestibilidade total do amido, a produção de leite e proteína, mas diminuiu o teor de gordura sem diminuir a sua produção. Oliveira et al. (1993) obtiveram aumento na proteína e produção de leite com dietas de maior digestibilidade de amido. Theurer et al. (1991) também demonstraram que o aumento da digestibilidade do amido aumentou a produção de leite e proteína do leite, sendo que o maior benefício foi observado em dietas com o mais alto nível de concentrado. Em outro estudo, Chen et al. (1994) substituíram uma mistura comercial de

grãos (milho laminado, cevada, farelo de trigo e polpa de beterraba) por sorgo floculado. A produção de leite e da proteína do leite, e a percentagem da proteína do leite aumentaram linearmente com o aumento do sorgo de 15 a 45% da MS. Dados de estudos *in vitro* indicam que a digestão de matéria seca por microorganismos ruminais pode ser mais eficiente se o grão for devidamente processado (Hale, 1973), ou seja, possuindo uma maior porcentagem de amido fermentável no rúmen.

A utilização de cereais com uma maior degradabilidade ruminal de amido poderia favorecer o desempenho de ruminantes pelo aumento da proteína microbiana atingindo o duodeno e pela maior concentração de glicose disponível aos tecidos periféricos e glândula mamária. Nocek & Tamminga (1991) também resumiram diversos experimentos de produção de vacas alimentadas com amido de diferentes degradabilidades e concluíram que a produção máxima de leite estava associada com o maior consumo de amido degradável no rúmen e intestino, e que o aumento da digestão do amido pós-ruminal pode aumentar ligeiramente a disponibilidade de glicose, mas não aumenta a produção de leite ou de proteína do leite.

2.2 Milheto

2.2.1 Características agronômicas

O termo milheto é muito utilizado em países com Ásia e Índia, para designar sementes de tamanho reduzido. Existem muitas espécies e variedades, fazendo-se necessário identificá-los. O mais utilizado e estudado no Brasil é o *Pennisetum glaucum* (L.) Br., também classificado como *P. americanum* (L.) Leeke ou ainda *P. typhoides* Stapf e Hubb. Possui nomes comuns como "pearl millet", "cattail", "bulrush", "bajra", "cumbo" e "sajja", diferenciando-se de outras espécies também muito pesquisadas como o "proso millet" (*P. miliaceum*) e o "foxtail millet" (*P. italica*).

O milheto é cultivado em muitas regiões semi-áridas do globo onde outras culturas não se desenvolveriam satisfatoriamente devido às condições desfavoráveis de solo e clima. Segundo Awadalla & Slump (1974), o milheto foi escolhido no Egito pela

possibilidade de seu cultivo em terras arenosas e pobres em nutrientes, locais que impossibilitam o plantio de outros cereais. O milho possui um ciclo de crescimento relativamente pequeno, podendo ser plantado após a colheita do trigo no oeste dos Estados Unidos (Adeola et al., 1994), crescendo em regiões muito quentes e secas para outros cereais, em solos de baixa fertilidade e com rápido crescimento em resposta a períodos curtos de condições favoráveis (Burton et al., 1972; Fancher, 1987; Andrews & Kumar, 1992).

Paulino & Martins (1981) e Lupatini et al. (1996) conduziram ensaios para avaliar a cultura do milho e, segundo os autores, é um cereal com boa capacidade produtiva sob condições de baixa precipitação ou durante estações úmidas curtas. Possui rápido crescimento e facilidade em produzir sementes, vegetando bem em terras pobres e secas com boa resposta à adubação nitrogenada.

2.2.2 Características nutricionais

As características dos grãos de cereais indicam seu valor nutritivo. Uma maior ou menor susceptibilidade à fermentação ruminal e a quantidade de energia disponível ao animal são fatores relacionados com o teor de amido e a quantidade de amido fermentável.

O grão de milho tem cerca de um terço do tamanho do grão de sorgo (Andrews & Kumar, 1992; Badi et al., 1976a), possuindo formato oval. Não possui grânulos de amido no mesocarpo, diferindo-se do sorgo, e os grãos de amido no endosperma são menores que o do sorgo e milho (Badi et al., 1976b). Segundo Andrews & Kumar (1992) e Rooney (1978), a proporção do germe do grão de milho é duas vezes maior que do sorgo, um fator que contribui para o seu alto valor nutritivo.

A composição do grão é outro fator relevante na indicação de sua utilização na alimentação animal. O grão de milho possui quantidades de extrato etéreo e proteína maiores que os do milho e sorgo, com melhor perfil de aminoácidos, porém seu teor de lisina é relativamente baixo, fato este comum aos cereais.

O teor de proteína do grão de milho é muito variável devido aos diferentes híbridos e ao manejo da cultura. A percentagem de proteína do grão aumenta significativamente com o aumento do nível de fertilizantes (Bailey et al., 1980). Segundo Burton et al. (1972), o genótipo e o ambiente no qual a cultura se desenvolve influenciam a composição química e o valor nutritivo de qualquer grão de cereal. Esse mesmo autor avaliou a quantidade de proteína de diferentes variedades e obteve como resultado teores de 8,8 a 20,9% de proteína bruta, com o valor médio igual a 16%. Em outro experimento, Fancher et al. (1987) mostraram uma variação de 14,8 a 15,6% de proteína bruta. A percentagem de proteína do grão de milho é 25 a 45% maior que a do grão de milho, sendo a concentração de lisina, metionina e triptofano também mais elevada (Adeola et al., 1994; Landry & Delhaye, 1995). O grão de milho contém mais aminoácidos essenciais e com maiores valores para lisina e metionina e menores para leucina quando comparado ao sorgo (Badi et al., 1976a), contudo, o milho, sorgo e milho são classificados como grãos deficientes em lisina (Burton et al., 1972).

A energia bruta dos grãos não difere muito entre si, exceto pelos teores de cinza, e, principalmente, óleo. O grão de milho possui em torno de 5% de lipídeos (Pruthi & Bathia, 1970). Adeola et al. (1994) encontraram uma variação de 4 a 7% de extrato etéreo para o milho, valores maiores que o do milho. A média percentual de óleo é de 5,5% para o milho, 4,5% e 3,5% para o milho e sorgo, respectivamente (Rooney, 1978). Hill & Hanna (1990) determinaram a energia bruta do milho grão (4,6 kcal/g MS) como superior à do milho (4,4 kcal/g MS) e do sorgo (4,5 kcal/g MS), enquanto Haydon & Hobbs (1991) encontraram 4,53 kcal/g MS de energia bruta para o milho, 4,38 kcal/g MS para o trigo e 4,47 kcal/g MS para o triticale.

Além do conteúdo de óleo, o perfil de lipídeos assume importância em relação à saturação. O grau de saturação dos lipídeos e quais ácidos graxos estão presentes em maior percentagem são fatores que interferem na fermentação ruminal e na proporção de ácidos graxos do leite, respectivamente.

Os lipídeos dos grãos de cereais são predominantemente não-polares (triglicerídeos). Pruthi & Bathia (1970) avaliaram a composição do óleo do grão de milho e encontrou um teor de aproximadamente 85% de triglicerídeos do total de

lipídeos apolares e a lecitina como o principal lipídeo polar. Jellum & Powell (1971) compararam o conteúdo do extrato etéreo de algumas variedades de milho, encontrando 4,32% em média, tendo em maior quantidade os ácidos graxos linoleico, oleico e palmítico, em ordem decrescente, dados confirmados por Rooney (1978), Van Soest (1994) e Osagie & Kates (1984). O milho contém maior teor de ácidos graxos insaturados que o milho quando expresso em percentagem do total de lipídeos, todavia o milho possui percentagens mais elevadas de extrato etéreo. Deste modo, quando comparados em teores absolutos, o milho tem uma menor quantidade desses compostos. Esse maior teor de lipídios do milho pode ser responsável pela sua modificação na qualidade quando armazenado após moagem.

Segundo Dahiya & Kapoor (1983), o milho moído finamente possui sabor desagradável após alguns dias e o elevado teor de óleo é a principal causa dessa característica indesejável, sendo o cheiro desagradável devido a rancidez. Esses mesmos autores avaliaram as modificações em duas variedades de milho após o armazenamento durante 10 e 20 dias a uma temperatura de 20-27 °C e umidade relativa de 60-70%, observando uma diminuição gradativa dos teores de aminoácidos, principalmente lisina, que reagiu com os produtos da oxidação dos ácidos graxos, dados também observados por Boora & Kapoor (1985).

A quantidade de cinzas no grão de milho é elevada, com média em torno de 3,5 unidades percentuais maior que a do sorgo, trigo e podendo ser até duas vezes maior que a do milho. (Hill & Hanna, 1990). O conteúdo de macrominerais é semelhante ao sorgo, exceto em relação ao potássio que se encontra em menor proporção (Nwokolo, 1987).

A principal fonte de energia dos grãos de cereais são os carboidratos, nos quais o amido tem maior importância, porém não apenas a quantidade de carboidratos ou de amido deve ser considerada, mas sim a percentagem desse amido que é disponível na digestão. O sorgo e o milho possuem aproximadamente os mesmos teores de amido no grão, contudo, a utilização e, conseqüentemente, o desempenho animal, são melhores com o uso do grão de milho. A disponibilidade do amido do milho em vacas em lactação não é bem conhecida, fazendo-se necessário maiores pesquisas a respeito.

Os teores de carboidratos não estruturais do milho, sorgo e milheto são 64,6%, 71,6% e 60,5%, respectivamente (Hill & Hanna, 1990). Andrews & Kumar (1992) encontraram o valor de 69% de carboidratos para o grão de milheto, enquanto Freeman (dados não publicados), citado por Burton et al. (1972), acharam valores de amido para os grãos de milho, sorgo e milheto como sendo 72%, 73,8% e 61,5%. O teor de amido do grão de milheto aumentou de 54,5% para 66,4% devido ao aumento crescente de fertilizantes, sendo que a proporção de amido e proteína variou linearmente com um coeficiente angular negativo ($y = -ax+b$), mostrando que o conteúdo de amido do grão de milheto é inversamente proporcional ao conteúdo de proteína (Bailey et al., 1980). Segundo Beleia & Varriano-Marston (1981), o amido do milheto é menos susceptível ao ataque enzimático, do que o do trigo, após um período de 32 horas de exposição à α -amilase. Ao final desse intervalo, 30% do amido do grão de trigo hidrolisou, contra 19% do grão de milheto. A digestibilidade dos carboidratos dos grãos de milheto é um pouco menor que a dos carboidratos do grão de milho (Dahlin & Lorenz, 1993).

O teor de ácido fítico de alguns grãos pode ser prejudicial na atividade de enzimas proteolíticas, diminuindo a digestibilidade da proteína e, conseqüentemente, do amido. Segundo Kumar & Chauhan (1993), grãos de milheto não processados contêm uma considerável quantidade de ácido fítico (825,7 mg/100g), o qual indica que esse fator antinutricional tem influência significativa no valor nutritivo do grão. Chauhan et al. (1986), citado por Kumar & Chauhan (1993) encontraram uma grande variedade de ácido fítico no milheto e a digestibilidade da proteína e do amido nessas variedades foram relativamente baixa. Na avaliação da relação do teor de ácido fítico do grão de milheto e sua digestibilidade da fração protéica, Kumar & Chauhan (1993) encontraram uma correlação negativa, que segundo os autores é devido à combinação entre o ácido fítico com resíduos básicos protonados da fração protéica, formando um complexo binário proteína-fitado em pH ácido, enquanto em pH alcalino e na presença de cátions, forma-se complexos proteína-mineral-fitado que inibem a degradação enzimática da proteína.

2.2.3 O grão de milho na alimentação de ruminantes

O amido é uma fonte primária de energia nas dietas fornecidas para vacas de alta produção de leite. A otimização de seu uso é fundamental para uma melhoria na eficiência da produção. O aumento da degradabilidade do amido no rúmen tem se mostrado útil, não só no sentido de se maximizar a capacidade fermentativa do rúmen, aumentando a síntese de proteína microbiana e produção de AGVs, como também promove uma economia no metabolismo energético e protéico do hospedeiro. O conhecimento específico da utilização do milho como fonte de energia em dietas para vacas de alta produção pode ajudar na viabilização de sua adoção como fonte de energia em sistemas intensivos que utilizam animais de alto potencial genético para produção de leite. O estudo dos parâmetros de fermentação ruminal do grão de milho é importante para ajudar na determinação das limitações e benefícios da utilização dessa fonte de amido nesses sistemas.

Poucas são as pesquisas utilizando o milho na dieta de ruminantes. Hill & Hanna (1990) conduziram trabalhos com gado de corte e encontraram um menor valor de pH e uma menor relação acetato:propionato para a ração com grão de milho em relação à de milho e sorgo, indicando que o amido do grão de milho possui uma fermentação ruminal mais rápida que a dos outros dois grãos. Segundo Brethour (1982, 1983), um pequeno aumento no ganho de peso médio diário dos animais de corte é observado quando o grão de sorgo é substituído pelo de milho. A energia líquida do milho é 4% maior que a do sorgo, proporcionando um maior ganho de peso em novilhos de corte (Christensen et al., 1984).

Devido ao maior teor protéico e perfil de aminoácidos, o milho grão é utilizado como fonte de proteína em dietas para animais de corte, diminuindo as quantidades do concentrado protéico na ração. O milho pode ter grande valor como fonte de proteína em dietas contendo outros grãos de cereais com baixos valores qualitativos e quantitativos de proteína (Hill & Hanna, 1990). Ruminantes alimentados com milho e milho misturado com milho têm desempenho similar às dietas tradicionais de milho e sorgo com uma fonte de proteína suplementar.

Gelaye et al. (1997) trabalharam com cabras e avaliaram os efeitos da substituição de 50% e 100% do milho por milheto em relação à dieta controle (100% milho), não observando diferenças estatísticas na produção de leite, eficiência de produção e composição química do mesmo ($P>0,25$), concluindo que o milheto seria aceitável como substituto do milho para cabras em lactação, porém, para animais em crescimento, observou-se uma diminuição na eficiência alimentar e média de ganho de peso na dieta com 100% de milheto. Os autores relacionaram a falta de adaptação à dieta de milheto com uma diminuição da palatabilidade dos animais em crescimento. Terrill et al. (1998) avaliaram a digestibilidade de dietas com milheto substituído pelo milho em cabras e encontraram uma menor digestibilidade da dieta com milheto em relação ao milho, porém ocorreu um maior consumo de matéria seca (28%) e energia metabolizável (7%) na dieta com milheto.

Pesquisas referentes aos padrões de fermentação do amido do grão de milheto são escassas, principalmente relacionadas com vacas de leite. Terrill et al. (1998) não encontraram diferenças nas concentrações individuais de AGVs e no pH do fluido ruminal de cabras alimentadas com dietas à base de milho e milheto. Gelaye et al. (1997) observaram um aumento na concentração de acetato e uma diminuição na de propionato quando 50 ou 100% do milho foi substituído por milheto, ocasionando um aumento na relação acético/propiónico de 33% sem alterar o pH ou a concentração total de AGV do fluido ruminal, e concentrações de amônia ruminal e uréia plasmática diminuíram com a substituição do milho por milheto.

O milheto como fonte energética em substituição ao milho e suas consequências metabólicas são informações importantes para um arrazoamento alternativo onde o clima e/ou solo não colaboram para a cultura de outros cereais. Ainda são poucas as pesquisas com essa fonte de amido para ruminantes, especialmente em se tratando de vacas de leite. Esse conhecimento pode ser valioso na adoção de uma estratégia de substituição de fontes de amido mais caras por milheto, principalmente em regiões de baixa pluviosidade.

2.3 Características do amido do milho

Os grãos de cereais são a principal fonte de energia em dietas de ruminantes e monogástricos, sendo o milho o mais utilizado nas rações convencionais para ruminantes como fonte de energia, pelo alto valor energético e pela tradição de seu cultivo em nosso país. A substituição do milho por outros grãos vem sendo objeto de várias pesquisas em nutrição animal devido a sua ampla participação na alimentação humana e de outros animais, elevando seu preço (Figura 1) e, conseqüentemente, o custo do concentrado para bovinos.

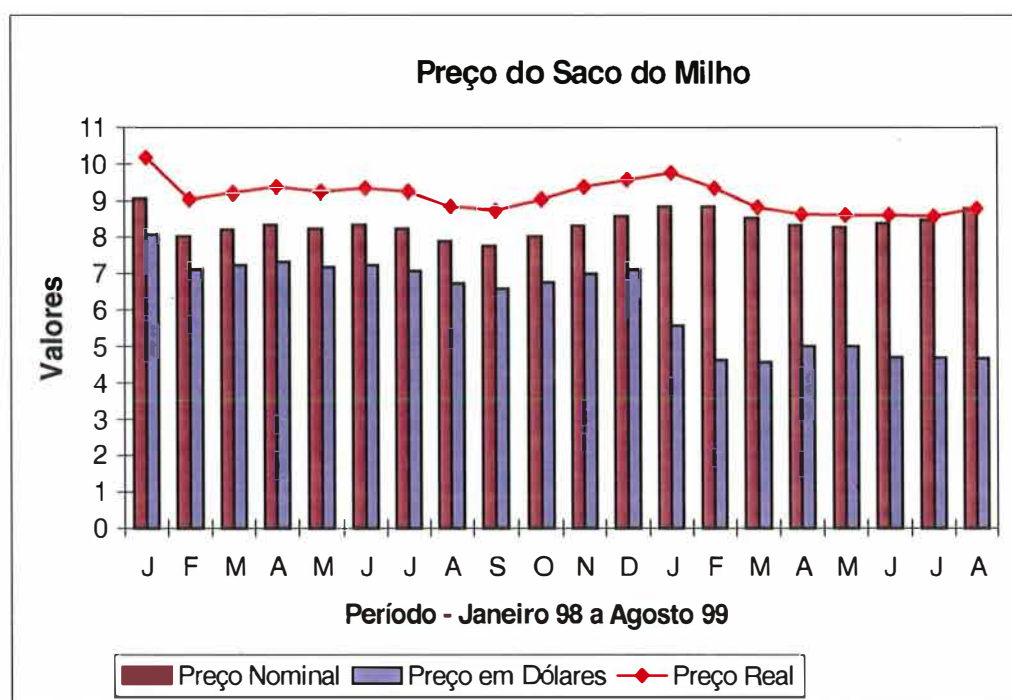


Figura 1. Variação no preço do saco do milho

O milho é um alimento utilizado principalmente pela energia proveniente do amido. O grão inteiro com o pericarpo intacto é altamente resistente à digestão por ruminantes por não permitir adesão de bactérias (McAllister et al., 1994; Beauchemin et

al., 1994). O processamento físico aumenta a digestão amilolítica por enzimas de microorganismos e intestinais. A estrutura dos grãos reflete a sua função biológica, que é a proteção e o transporte do embrião, complementada com a fonte de energia que ajuda na germinação e início de crescimento. A relação amilose:amilopectina influencia a degradabilidade do amido. Guibot & Mercier (1985) demonstraram que amido de milho “seroso”, de baixa amilose, é mais degradável que amido de milho comum. Outros fatores que afetam a utilização de amido pelos animais são as matrizes de proteína e os corpos protéicos. Estudos em microscopia eletrônica revelam a presença de corpos protéicos no endosperma dos grãos (Rooney & Pflugfelder, 1986). Os corpos protéicos do milho são de baixa degradabilidade, retardando a hidrólise enzimática do amido devido a uma associação muito forte entre os grãos de amido e os corpos protéicos (Delfino, 1986). A digestibilidade das matrizes protéicas do milho e do sorgo são menores do que as do trigo, cevada e aveia (Sniffen, 1980), indicando a importância da digestibilidade da proteína no valor nutricional do milho. Segundo Waldo (1973), o milho moído é 74% fermentado no rúmen, possuindo uma quantidade de amido que escapa à fermentação ruminal, maior do que da cevada.

3 OBJETIVOS

Através da substituição gradativa do amido do grão de milho pelo amido do grão de milheto, nas dietas das vacas Holandesas alimentadas com silagem de milho como fonte de volumoso, avaliou-se:

- Digestibilidade dos nutrientes das dietas no rúmen, intestino e trato digestivo total;
- Síntese de proteína microbiana no rúmen ;
- Concentração e proporção de ácidos graxos voláteis no rúmen;
- pH e concentração de amônia no rúmen;
- Composição do leite;
- Concentração de glicose e uréia plasmática;
- Taxa de fermentação do amido do grão de milho e milheto;
- Produção de leite.

4..MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Animais e instalações experimentais

Foram utilizadas quatro (4) vacas da raça Holandesa Preta e Branca, múltíparas (segunda e terceira lactação), em média com 90 dias pós-parto, consumindo em tomo de 19 kg de MS e produzindo de 25 kg de leite. Os animais foram submetidos a intervenções cirúrgicas para implantação de duas cânulas, sendo uma localizada no rúmen e outra na parte proximal do duodeno.

Os animais foram everminados e receberam doses de vitaminas A, D e E antes de se iniciar os trabalhos. Todos os períodos experimentais foram conduzidos nas instalações de Pesquisa em Nutrição Animal do Departamento de Produção Animal, setor de Ruminantes ESALQ/USP, onde os animais foram alojados em galpão parcialmente aberto equipado com ventiladores, mantidos em baias (2,5x1,10m) tipo "tie stall", providas de comedouros individuais e bebedouros automáticos a cada duas baias. No piso foi colocado um tapete de borracha e os animais eram soltos 1 hora por dia, para se exercitarem, em um piquete ao lado do galpão.

4.2 Período experimental

A fase experimental teve duração de 70 dias, divididos em 5 períodos de 14 dias cada. Os primeiros 10 dias de cada período foram utilizados para adaptação dos animais aos tratamentos e os quatro dias restantes para as coletas de conteúdo duodenal, fluido ruminal, plasma sanguíneo, leite e amostras do alimento oferecido e recusado e das fezes.

4.3 Tratamentos

Foi utilizado um delineamento em Quadrado Latino 5x4 (cinco períodos x quatro animais). Os tratamentos foram constituídos de silagem de milho como volumoso (50% da MS), sendo isoenergéticos e isoprotéicos. Avaliou-se a substituição do grão de milho pelo grão de milho, sendo que a porcentagem de substituição foi relacionada com o teor de amido desses grãos (Quadros 1 e 2). Os tratamentos utilizados foram: 1) 100% de amido do milho, 2) 75% de amido do milho e 25% de milho, 3) 50% de amido de milho e 50% de milho, 4) 25% de amido de milho e 75% de milho, 5) 100% de amido de milho. A quantidade de nutrientes das dietas (Quadro 3) foram praticamente iguais, tendo apenas como diferença a fonte de amido. Na dieta com 50% de inclusão de amido de milho, por exemplo, a quantidade de amido proveniente do milho foi igual a quantidade de amido proveniente do milho, e como o milho possui um maior teor desse nutriente (74% vs 63% do milho), sua quantidade, em gramas, é menor (Quadro 1).

O alimento concentrado foi misturado previamente para cada período em misturador horizontal (marca Lucato, capacidade 500 kg). Por ocasião do fornecimento da alimentação, as quantidades de volumoso e concentrado foram pesadas separadamente para posterior mistura no cocho, visando à obtenção da ração completa de cada animal. O fornecimento da ração foi realizado duas vezes ao dia (6 e 18 horas) "ad libitum", simultaneamente ao horário de ordenha, permitindo uma sobra de 5 a 10% para evitar limitação de consumo por parte dos animais. As amostras de alimento oferecido e recusado foram coletadas diariamente durante o período de coleta (4 dias) para posteriores análises laboratoriais.

Óxido crômico foi utilizado como marcador de indigestibilidade para o cálculo de digestibilidade dos nutrientes. Misturou-se 400 g desse composto em 35 kg de farelo de soja (veículo), para depois ser misturado em 200 kg de concentrado. Todos os concentrados continham 0,2% de óxido crômico, perfazendo um total de 0,1% na MS total (50:50 de volumoso:concentrado).

Quadro 1. Composição das dietas em percentagem da matéria seca.

Ingredientes	Tratamentos				
	% de inclusão de milho ¹				
	0%	25%	50%	75%	100%
Silagem de milho	48,60	48,60	48,60	48,60	48,60
F. de soja	19,07	17,93	16,20	14,69	12,76
Milho	29,01	21,74	14,58	7,35	-
Milheto	-	8,37	17,28	26,01	35,22
Uréia	0,81	0,82	0,81	0,82	0,83
Premix ²	1,90	1,93	1,92	1,94	2,00
Bic. De Sódio	0,81	0,80	0,80	0,80	0,80
Nutrientes					
Matéria orgânica (MO)	93,55	93,51	93,46	93,61	93,83
Proteína bruta (PB)	18,64	18,43	18,02	17,93	17,39
Amido	35,45	35,43	35,72	35,88	35,45
Extrato etéreo (EE)	3,12	3,29	3,35	3,26	3,42
FDN ³	29,35	29,33	29,69	29,80	30,21
FDA ⁴	15,52	15,37	15,50	15,51	15,57
EL ⁵ , Mcal/kg	1,58	1,58	1,58	1,59	1,58

¹ Inclusão em relação ao teor de amido dos grãos de cereais.

² Suplemento Mineral.

³ Fibra em detergente neutro.

⁴ Fibra em detergente ácido.

⁵ Energia líquida de lactação.

Quadro 2. Quantidade de amido proveniente dos grãos de cereais

Fontes amido	Tratamentos				
	% de inclusão de milho ¹				
	0%	25%	50%	75%	100%
Amido ² , %	20,8	21,25	21,18	21,4	21,84
Milheto, %	-	5,19	10,72	16,13	21,84
Milho, %	20,8	16,06	10,46	5,27	-

¹ Porcentagem de inclusão do amido do milho em relação ao amido do milho

² Amido proveniente dos grãos de cereais

4.4 Determinação da granulometria dos grãos de cereais.

Para determinação do tamanho médio de partículas das formas físicas do milho moído fino e do milho, utilizou-se a técnica de peneiras descrita por YU et al.(1998), conforme Quadro 3.

Quadro 3. Tamanho médio das partículas do milho e milho.

Grãos ¹	Tamanho dos Furos da Peneira (mm)							P.R.P ²	M.T. P ³
	4,00	2,00	1,00	0,84	0,59	0,42	0,25		
% retido na peneira									
Milho	0,29	3,62	32,64	10,71	17,07	12,41	11,36	11,90	0,99
Milho	0,00	0,00	4,77	9,50	24,03	18,92	17,72	25,06	0,52

¹ MMF = milho moído fino; ML = milho

² P.R.P = % partículas retidas no fundo do prato.

³ M.T.P = média do tamanho de partículas. Assumiu-se que os grãos retidos na peneira de 4,00 mm têm o tamanho de partículas médio de 6 mm, o qual foi multiplicado pela percentagem retida na peneira 4,00 mm. Para as outras peneiras, calculou-se o valor médio das partículas através da média entre as peneiras maiores e menores, vezes o percentual retido na peneira menor (ex: $MMG \ 4mm + 2 \text{ mm} \div 2 = 3$, que multiplicado por $0,538 = 1,59$ e, assim sucessivamente). As partículas que passaram pela peneira de crivo 0,25 mm, foram consideradas como tendo 0,12 mm.

4.5 Análise da concentração de cromo

As concentrações de cromo nas amostras do conteúdo duodenal, fezes, oferecido e recusado foram determinadas de acordo com o método de Fenton & Fenton (1979) e analisadas em espectrofotômetro de absorção atômica PERKIN ELMER AAnalyst 100. Inexplicavelmente, os valores de concentração de cromo obtidos nas análises não possibilitaram a avaliação da digestibilidade no rúmen, pós-rúmen, trato digestivo total nem a determinação do fluxo de proteína microbiana para o duodeno.

4.6 Coleta de dados referente ao consumo de matéria seca

Os dados de consumo de matéria seca (MS) por animal/dia foram obtidos através da diferença entre quantidade de MS fornecida e a sobra. Durante os quatro dias de coleta de cada período, as sobras do alimento e o alimento a ser fornecido a cada animal foram amostrados e pesados. As sobras foram retiradas dos cochos e posteriormente pesadas. Uma alíquota de aproximadamente 250 g foi retirada e composta até o final do período, perfazendo um total de aproximadamente 2 kg de sobra por vaca por período. As amostras foram conservadas e congeladas a -10 °C e, posteriormente, descongeladas e secas em estufas de ventilação forçada (55-60 °C) por 72 horas para determinação de matéria seca, de acordo com A.O.A.C. (1990).

4.7 Análises químico-bromatológicas das dietas e do recusado

As dietas fornecidas e as sobras foram amostradas diariamente durante os 4 dias de coleta de cada período e compostas por vaca e período. Depois de secas, as mesmas foram moídas em moinho tipo Willye, provido de peneira de 1 mm, e analisadas para matéria seca (105 °C durante 15 h), matéria orgânica (MO) e proteína bruta (PB) de acordo com o A.O.A.C (1990), amido de acordo com Poore et al. (1989), e fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de acordo com Van Soest (1991), utilizando-se o aparelho ANKOM²⁰⁰ da Ankom Technology Corporation. Para as fontes energéticas, milho e milheto, foram feitas as respectivas taxas de hidrólise *in vitro* do amido de acordo com Poore et al. (1990).

4.8 Coleta do fluido ruminal para determinação de AGV, N-NH₃ e pH ruminal

As amostras do fluido ruminal foram coletadas no primeiro dia de coleta de cada período, com intervalos de 2 horas entre as coletas. Os tempos de coleta foram

representados pelos tempos zero, antes do primeiro fornecimento das dietas pela manhã, e assim, sucessivamente, até antes do fornecimento da tarde (12 horas).

As amostras de conteúdo ruminal foram coletadas de quatro pontos distintos do rúmen, filtradas em quatro camadas de tecido de algodão (fraldas) obtendo-se, desta forma, aproximadamente 300 ml de filtrado (fluido ruminal).

O pH ruminal foi medido imediatamente através de leitura direta em um medidor digital de pH da Digimed, modelo DM-20. Duas alíquotas de 50 ml foram acondicionadas em frascos plásticos e congeladas a -10°C para posterior análise de concentração de nitrogênio na forma de amônia (N-NH_3) e ácidos graxos voláteis (AGVs). Para a determinação do N-NH_3 , estas amostras foram descongeladas e centrifugadas a 11.000 g a 4°C , durante 20 minutos e uma alíquota de 4 ml foi transferida para um tubo de vidro para posterior análise de acordo com o método colorimétrico descrito por Chaney e Marbach (1962) e adaptado para ser usado em placas de microtítulo e posterior leitura em aparelho do tipo Elisa Reader (absorbância de 550 nanômetros). Para determinação de AGVs, as amostras foram descongeladas e centrifugadas conforme descrito acima e analisadas de acordo com Palmquist e Conrad, (1971) utilizando um cromatógrafo líquido-gasoso (CLG) Hewlett Packard 5890, Series II (Hewlett-Packard Company, Avondale, PA) equipado com HP Integrador (Hewlett-Packard Company, Avondale, PA). Como padrão interno utilizou-se o ácido 2-etilbutírico, adicionando-se 100 μl do padrão para 800 μl da mistura fluido ruminal e 200 μl de ácido metafosfórico nos tubos HP 5890 para leitura em cromatógrafo. O nitrogênio foi utilizado como o gás de arraste e a temperatura do injetor, detector e coluna foram 150, 190 e 115°C , respectivamente.

4.9 Coleta de conteúdo duodenal para determinação da digestibilidade de nutrientes e fluxo de proteína microbiana

Durante os quatro dias de coleta de cada período, as amostras de conteúdo duodenal foram coletadas a cada 4 horas (500 ml), sendo o horário de coleta adiantado 1

hora por dia, de modo a simular amostras obtidas a cada hora de um período de 24 horas. As coletas de conteúdo duodenal para obtenção do "pellet" de bactérias ruminais para determinação do fluxo de proteína microbiana foram realizadas em apenas 1 dia, compostas por vaca dentro de cada período, sendo coletados 500 ml a cada 4 horas, batidas em liquidificador e, posteriormente, coadas em fraldas de algodão descartáveis e centrifugados a baixa rotação (2.000 g por 15 minutos), recuperando-se o sobrenadante, o qual foi centrifugado em alta rotação (18.000 g por 15 minutos), sendo o "pellet" formado congelado a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ para análise de purina pelo método de Zinn e Owens (1986). O fluxo de proteína microbiana não foi possível de ser determinado pois os dois marcadores utilizados para se estimar a digestibilidade ruminal da matéria seca (cromo e lignina) não apresentaram valores consistentes, sendo alguns até negativos.

4.10 Coleta de fezes para determinação da digestibilidade aparente do trato total

Durante os 4 dias do período de coleta, amostras de fezes foram coletadas em intervalos de 8 horas, adiantando-se 2 horas por dia, de modo a simular amostras obtidas a cada 2 horas num período de 24 horas. As amostras foram compostas por vaca dentro de cada período e congeladas a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ para posterior análise de nutrientes, lignina e cromo (usados como marcadores). Vale ressaltar que o óxido crômico e a lignina produziram valores inconsistentes de digestibilidade. A digestibilidade aparente da matéria seca e demais nutrientes foram calculadas da seguinte forma:

Digestibilidade do nutriente(%)

$$\text{CD} = 100 - \left(100 \times \frac{\% \text{ do marcador no alimento}}{\% \text{ do marcador nas fezes}} \times \frac{\% \text{ do nutriente nas fezes}}{\% \text{ do nutriente no alimento}} \right)$$

4.11 Coleta de sangue para determinação de glicose e N-Ureico plasmático

Amostras de sangue foram coletadas da veia ou artéria coccígea, em tubos de ensaio a vácuo (10 ml), contendo oxalato de potássio como anticoagulante e fluoreto de sódio como antiglicolítico. As amostras foram centrifugadas a 1100 g por aproximadamente 15 minutos à temperatura de 4 °C para separação do plasma sanguíneo que, logo após a coleta, foi congelado a -10 °C para posterior análise. Estas coletas foram realizadas no segundo dia de cada período para determinação dos níveis de nitrogênio plasmático na forma de uréia (N-Ureico), de acordo com Chaney e Marbach (1962), utilizando-se Elisa Reader BIO RAD (absorbância de 550 nanômetros) como aparelho de leitura, e glicose plasmática pela leitura direta utilizando o Biochemistry Analyzer YSI 2700 (Yellow Spring - OH). Os tempos de coleta foram: tempo zero (antes da alimentação matutina), três, seis e nove horas após alimentação matutina.

4.12 Avaliação da produção e composição do leite

As vacas foram ordenhadas duas vezes ao dia e a produção de leite registrada diariamente. Amostras de leite também foram coletadas duas vezes ao dia (manhã e tarde) durante os quatro dias de coleta de cada período, compostas por dia e preservadas em 2-bromo-2-nitropropano-1-3-diol sob refrigeração (6 °C) por um dia, para posterior análise de proteína e gordura utilizando o Infrared Analyser do Laboratório de Análises de Leite/ Departamento de Produção Animal.

4.13 Análise estatística

O experimento foi conduzido em um Delineamento em Quadrado Latino 5x4 (cinco períodos x quatro animais), adotando-se para análise estatística o procedimento

GLM do programa estatístico SAS (1991). O quadro de análise de variância é mostrado no Quadro 4.

Quadro 4. Quadro esquemático de análise de variância para o ensaio de consumo e produção

Causas de Variação	Graus de liberdade
Animal	3
Período	4
Tratamentos	4
Resíduo	8
TOTAL	19

Quadro 5. Quadro esquemático de análise de variância para pH, N-NH₃ e AGVs.

Causas de variação	Graus de liberdade
Animal	3
Período	4
Tratamento	4
Resíduo A	8
Parcelas	19
Tempo	5
Tempo X tratamento	20
Resíduo B	75
Subparcelas	119

Os parâmetros ruminais e sanguíneos foram analisados estatisticamente como parcelas subdivididas no tempo pelo PROC MIXED, que define as variáveis fixas e

aleatórias para execução da análise. Os efeitos de tratamento, animal e período foram testados com relação às parcelas. A interação horário de coleta (tempo) x tratamento e o tempo foram testados com relação às sub-parcelas. O quadro de análise de variância para os parâmetros ruminais é mostrado no Quadro 5.

Foi considerado 5% ($P < 0,05$) como nível de significância e até 20% como tendência ($P < 0,20$) para a probabilidade do teste F na análise de variância. Para as variáveis que obtiveram respostas significativas, utilizou-se o comando LSMEANS para verificar as diferenças entre os tratamentos para as diversas variáveis. As médias das tabelas foram obtidas pelo comando LSMEANS para as parcelas e sub-parcelas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Composição dos alimentos

Os valores da composição bromatológica das dietas encontram-se na Tabela 1 e estão de acordo com os valores do NRC (1988).

Tabela 1. Composição bromatológica das dietas em percentagem da MS.

Nutrientes (% na MS)	Tratamentos				
	% de inclusão de milho ¹				
	0%	25%	50%	75%	100%
MO	93,6	93,5	93,5	93,6	93,8
PB	18,6	18,4	18,0	17,9	17,4
Amido	35,5	35,4	35,7	35,9	35,5
EE	3,1	3,3	3,4	3,3	3,4
FDN	29,4	29,3	29,7	29,8	30,2
FDA	15,5	15,4	15,5	15,5	15,6
EL _L ²	1,58	1,58	1,58	1,59	1,58

¹ Percentagem de inclusão do amido do milho em relação ao amido do milho

² Energia líquida de lactação

Os níveis de PB e EL_L dos tratamentos foram próximos ao planejado, constituindo-se dietas isoprotéicas e isoenergéticas. O tratamento com 100% de milho foi o que teve a menor concentração de PB.

O principal objetivo do trabalho foi comparar duas fontes energéticas, milho e milho, fazendo-se necessário que todos os constituintes estivessem nas mesmas

proporções, inclusive os teores de amido. A susceptibilidade à digestão do amido de cada fonte foi avaliada neste trabalho.

O milho utilizado obteve uma menor concentração de amido em relação ao milho (63 vs 74%) e uma maior proporção de proteína (15,8) e extrato etéreo (5,4). Os teores dos nutrientes encontrados para o milho estão de acordo com valores de Freeman (dados não publicados), citado por Burton et al. (1972), e o teor de amido do grão de milho está próximo de 72%, citado por Huntington (1997) e Joy et al. (1997). As dietas com concentrações maiores de milho continham uma menor quantidade de farelo de soja para que a proteína, entre os tratamentos, não fosse alterada.

Os valores mínimos de FDN e FDA, em dietas de vacas leiteiras, são respectivamente, 25% e 19% (NRC, 1988). Todos os tratamentos encontraram-se acima dos valores mínimos recomendados para FDN, porém abaixo do recomendado para FDA.

5.2 Digestibilidade dos nutrientes

O cálculo da digestibilidade dos nutrientes no rúmen e trato total, através do uso de óxido crômico como marcador, não foi possível devido à inconsistência dos valores adquiridos, havendo casos de digestibilidade negativa. A utilização da lignina como marcador interno para o cálculo de digestibilidade também não se mostrou consistente.

5.3 Consumo

5.3.1 Consumo de Matéria Seca e Matéria Orgânica

Não houve efeito ($P>0,05$) da fonte de amido sobre o consumo de matéria seca (CMS) e matéria orgânica (MO), indicando que a aceitabilidade do milho foi igual a do milho (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito da inclusão de milho sobre o consumo de MS e nutrientes

Consumo	Tratamentos					EPM ²	Pr>F
	% de inclusão do milho ¹						
	0%	25%	50%	75%	100%		
MS, kg	19,37	19,56	18,93	18,84	18,47	0,630	0,755
MO, kg	18,14	18,30	17,10	17,68	17,28	0,597	0,767
N ³ , kg	0,57	0,58	0,55	0,54	0,51	0,019	0,218
Amido, kg	4,60	4,61	4,47	4,67	4,30	0,315	0,919
EE, kg	0,64	0,64	0,65	0,64	0,65	0,032	0,995
FDN, kg	5,43	5,48	5,33	5,26	5,24	0,208	0,894
FDA, kg	2,83	2,51	2,75	2,68	2,67	0,108	0,680

¹ Porcentagem de inclusão do amido do milho em relação ao amido do milho

² Erro Padrão da Média

³ Nitrogênio.

Em um experimento com cabras, Gelaye et al. (1997) observaram que dietas com grãos de milho não foram bem aceitas pelas cabras em crescimento, provavelmente devido a uma diminuição na palatabilidade da dieta, necessitando-se uma melhor adaptação aos animais a esse grão. Terrill et al. (1998) obtiveram um aumento no consumo de MS em dietas de cabras (40% de grão) quando o milho foi totalmente substituído por milho, mas segundo os autores, esse aumento de 28% na ingestão foi para que os animais atingissem seus requerimentos energéticos. Contudo, em vacas produzindo 25 kg de leite, o processo digestivo dos grãos, tanto no rúmen quanto no intestino, parece fornecer quantidades semelhantes de energia para os animais.

Quando se utiliza uma fonte de amido com menor degradabilidade ruminal, ocorre uma tendência de aumento no consumo de matéria seca. Yu et al. (1998) observaram que as vacas que se alimentaram com milho laminado a vapor consumiram 5% mais matéria seca que vacas alimentadas com milho floculado. Aldrich et al. (1993) observaram um maior consumo de matéria seca para os tratamentos onde a fonte de amido era de baixa degradabilidade ruminal (milho grão) quando comparado com uma fonte de alta degradabilidade ruminal (milho grão de alta umidade). Santos (1997) e Santos et al. (1997) também reportaram que o consumo de matéria seca para o tratamento sorgo laminado a seco foi 15% superior à média dos tratamentos que

continham sorgo floculado. Contudo, Oliveira et al. (1995), Simas (1997) e Joy et al. (1997) não encontraram efeito significativo no CMS quando utilizaram grãos floculados em relação ao laminado. Lycos et al. (1997) também não encontraram efeito significativo entre três fontes de amido com diferentes taxas de degradação ruminal sobre o consumo voluntário de matéria seca e matéria orgânica .

Chen et al. (1995) já reportavam um efeito linear no consumo de matéria seca com o aumento na taxa (0% até 45%) de inclusão de milho floculado 360 g/l. Nussio (1997) também encontrou valores de consumo de matéria seca menores para os tratamentos com sorgo laminado a seco.

Os dados sugerem que não há diferença em palatabilidade ou distúrbios pós-ingestivos que pudessem causar uma diminuição no CMS de vacas de leite consumindo 19 kg de MS, proporcionando igual aceitação do grão de milheto pelos animais.

5.3.2 Consumo de amido, FDN, FDA, EE e PB

Também não foram encontradas diferenças ($P>0,05$) no consumo destes nutrientes entre os tratamentos (Tabela 2), provavelmente devido às dietas serem isoenergéticas e isoprotéicas, tendo percentagens muito próximas dos nutrientes e proporcionando um padrão de consumo dos mesmos similar ao CMS (não significativo).

5.4 Produção e composição do leite

Os resultados de eficiência alimentar, produção e composição do leite estão ilustrados na Tabela 3. A produção de leite e leite corrigido para gordura não foram significativamente afetados ($P>0,05$) pela fonte de amido. Também não houve diferença ($P>0,05$) para a quantidade de proteína no leite e percentagem e quantidade de gordura entre os tratamentos, porém os teores de proteína no leite foram significativamente ($P<0,05$) diferentes entre as inclusões de milheto avaliadas.

Tabela 3. Efeito da inclusão de milho sobre a eficiência alimentar, produção e composição do leite

Item	Tratamentos					EPM ²	Pr>F
	% de inclusão de milho ¹						
	0%	25%	50%	75%	100%		
Produção, kg	24,4	24,25	25,09	25,02	24,34	0,800	0,906
Gordura, kg/d	0,82	0,80	0,85	0,82	0,77	0,231	0,273
Produção 3,5%, kg/d	23,88	23,50	24,60	24,20	23,03	0,660	0,544
Gordura, %	3,41	3,38	3,53	3,34	3,21	0,093	0,294
Proteína, kg/d	0,73	0,74	0,74	0,76	0,72	0,240	0,822
Proteína, %	3,00 ^b	3,08 ^a	3,02 ^b	3,04 ^{ab}	2,96 ^c	0,018	0,014 [*]
Gord/Prot ³	1,14	1,10	1,16	1,10	1,09	0,330	0,530
N leite/N cons ⁴	0,202 ^b	0,204 ^b	0,218 ^{ab}	0,228 ^a	0,223 ^a	0,005	0,031 [*]

¹ Porcentagem de inclusão do amido do milho em relação ao amido do milho

² Erro Padrão da Média

³ Relação gordura/proteína.

⁴ Eficiência - Relação nitrogênio no leite/ nitrogênio consumido.

^{abc} Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem ($P>0,05$) entre si.

Em experimento com cabras, Gelaye et al. (1997) não encontraram diferença ($P<0,25$) na produção de leite e nos componentes do leite quando o milho foi substituído parcialmente (50%) ou integralmente pelo milho. Porém, o nível de significância adotado pelos autores foi maior do que o utilizado nesse experimento.

O teor de gordura no leite reflete o padrão de fermentação ruminal. Uma maior digestibilidade ruminal de amido poderia diminuir o pH ruminal, prejudicando a fermentação da fibra pelas bactérias celulolíticas, diminuindo a relação acetato/propionato. Essas alterações poderiam estar associadas com uma diminuição na síntese de gordura do leite. Como a substituição do amido do milho pelo amido do milho não alterou o teor nem a quantidade de gordura na glândula mamária, supõe-se que a taxa de digestão ruminal do amido foi semelhante entre os grãos, dados suportados pelos valores de pH ruminal e concentração de ácido acético e propiônico.

Os tratamentos com 25% e 75% de amido de milho proporcionaram um maior teor de proteína no leite, sendo o tratamento com 100% de milho o que apresentou uma menor percentagem de proteína. O teor de proteína no leite é dependente do perfil

de aminoácidos atingindo o duodeno e disponível para a glândula mamária. A dieta com 100% de milho foi a que possuiu um menor teor de proteína proveniente do farelo de soja, considerado uma fonte proteica de boa qualidade em relação ao perfil de aminoácidos quando comparada com a proteína do leite. Segundo Schwab (1994), para se maximizar a síntese de proteína no leite, os teores de lisina e metionina atingindo o duodeno deveriam ser ao redor de 15 e 5% dos aminoácidos essenciais, respectivamente. Fontes de proteína que passam pelo rúmen sem serem degradadas e que possuem baixos teores de lisina e metionina podem diminuir ou não afetar a produção e o teor de proteína do leite (Schwab, 1994; Santos & Huber, 1996). O perfil de aminoácidos entre os cereais é bastante semelhante. A proteína da soja é de excelente qualidade, adequada em lisina mas deficiente em metionina (Schwab et al. 1976), enquanto o milho possui maiores teores de metionina e é deficiente em lisina. Quando se fez a substituição total do grão de milho pelo grão de milho (100%), o teor de lisina da dieta diminuiu, sendo o milho e o milho classificados como grãos deficientes em lisina (Burton et al., 1972).

A síntese de proteína microbiana também influi no teor de proteína do leite. O perfil de aminoácidos dos microorganismos ruminais é de excelente qualidade. Dietas que aumentem a síntese de proteína microbiana, como uma fonte de amido mais digestível no rúmen, favoreceriam o aumento da concentração de proteína no leite. A sincronização da degradação ruminal de proteína e energia em vacas de alta produção é de extrema importância, objetivando-se maximizar a síntese de proteína microbiana e o fluxo de aminoácidos essenciais para o intestino (Santos & Huber, 1996). Na dieta com 25% de amido do grão de milho, provavelmente a quantidade e a relação de 3:1 entre lisina e metionina atingindo o duodeno deve ter sido mais favorável à síntese de proteína do leite, porém nada se pode dizer quanto ao fluxo de proteína microbiana atingindo o duodeno.

Houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre a eficiência de conversão do nitrogênio da dieta para o nitrogênio do leite. À medida que aumentou o teor de milho na dieta, aumentou-se a eficiência. A quantidade de proteína no leite não variou entre os tratamentos, nem o consumo de nitrogênio (Tabela 2), porém os valores de consumo de nitrogênio foram menores à medida que se aumentou o teor de milho na dieta.

Também foi observado uma tendência ($P=0,1611$) de diminuição na concentração de $N-NH_3$ (Tabela 4) à medida que se aumentava o teor de milho na dieta, o que pode ter contribuído para uma menor perda de nitrogênio no rúmen. Essa queda mais do que proporcional no consumo de nitrogênio (Tabela 2) em relação à quantidade de proteína no leite (Tabela 3) pode ter sido determinante para a diferença significativa na relação N leite/N consumido.

5.5 Parâmetros ruminiais

5.5.1 pH

O efeito da substituição do milho por milho sobre o pH ruminal está representado na Tabela 4.

Tabela 4. Efeito da inclusão de milho sobre o pH ruminal.

Tempos ²	Tratamentos					Subparcelas ³
	% de inclusão de milho ¹					
	0%	25%	50%	75%	100%	P<0,05
0	6,61	6,56	6,58	6,57	6,51	6,56 ^A
2	6,46	6,38	6,43	6,32	6,37	6,39 ^B
4	6,31	6,26	6,26	6,41	6,38	6,32 ^{BC}
6	6,25	6,33	6,34	6,36	6,32	6,32 ^{BC}
8	6,32	6,29	6,24	6,33	6,19	6,27 ^C
10	6,41	6,40	6,39	6,45	6,26	6,38 ^B
Parcelas ⁴	6,39	6,37	6,37	6,40	6,34	

¹ Porcentagem de inclusão do amido do milho em relação ao amido do milho.

² Tempo após o fornecimento da ração da manhã.

³ Média das subparcelas (tempo).

⁴ Média das parcelas (tratamentos).

^{ABC} Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem ($P>0,05$) entre si.

Não houve diferença ($P>0,05$) no pH entre os valores médios diários de cada tratamento (parcelas) nem na interação tratamento x tempo, porém houve diferença ($P<0,05$) ao longo do dia (subparcelas), o que caracteriza a curva do padrão de fermentação ruminal (Figura 2). Esses dados estão de acordo com Terril et al. (1998),

que não encontraram diferenças significativas no pH ruminal de bodes castrados alimentadas com milho, milheto ou uma mistura de ambos (50:50). Hill & Hanna (1990) não encontraram diferença no pH ruminal de novilhos quando avaliaram a substituição do milho por milheto. Gelaye et al. (1997) também não encontraram diferença no pH ruminal de cabras em lactação recebendo dietas com substituição do milho pelo milheto (0, 50 e 100% de substituição), porém Hill et al. (1996) observaram diferenças no pH ruminal de novilhos alimentados com dietas à base de milho e milheto, concluindo que as dietas com milho (menor pH) foram fermentadas mais extensivamente do que as dietas com milheto.

Segundo Owens & Goetsch (1986), o intervalo de tempo compreendido entre meia e quatro horas após a alimentação é caracterizado por uma diminuição do pH, refletindo o balanço entre a taxa de produção de ácidos graxos voláteis, ação tamponante da saliva e/ou a liberação de bases presentes nos alimentos. A variação do pH no fluido ruminal ocorre em função da composição da dieta, tamanho de partícula do alimento, velocidade de passagem da digesta e produção de saliva. Essas alterações, por sua vez, afetarão os produtos finais da fermentação, bem como a taxa de crescimento dos microrganismos e a espécie predominante (Church, 1988). O pH pode atingir valores de 5,5 a 6,2 em uma dieta rica em concentrado, enquanto que dietas constituídas por volumosos geralmente apresentam pH entre 6,5 a 7,0 e resultam em aumento de microrganismos celulolíticos (Owens & Goetsch, 1988). Os tratamentos continham 35% de amido na MS total, teor de FDA menor que o recomendado como mínimo pelo NRC (1988), porém em nenhum dos tratamentos foi observado pH menor do que 6, evidenciando um ambiente ruminal adequado às bactérias celulolíticas, provavelmente devido ao efeito tamponante do bicarbonato de sódio nas dietas (0,7% da MS total).

Os dados de pH sugerem que o milheto possui um padrão de fermentação ruminal adequado em dietas com 35% de amido na MS total, possuindo valores próximos aos do milho.

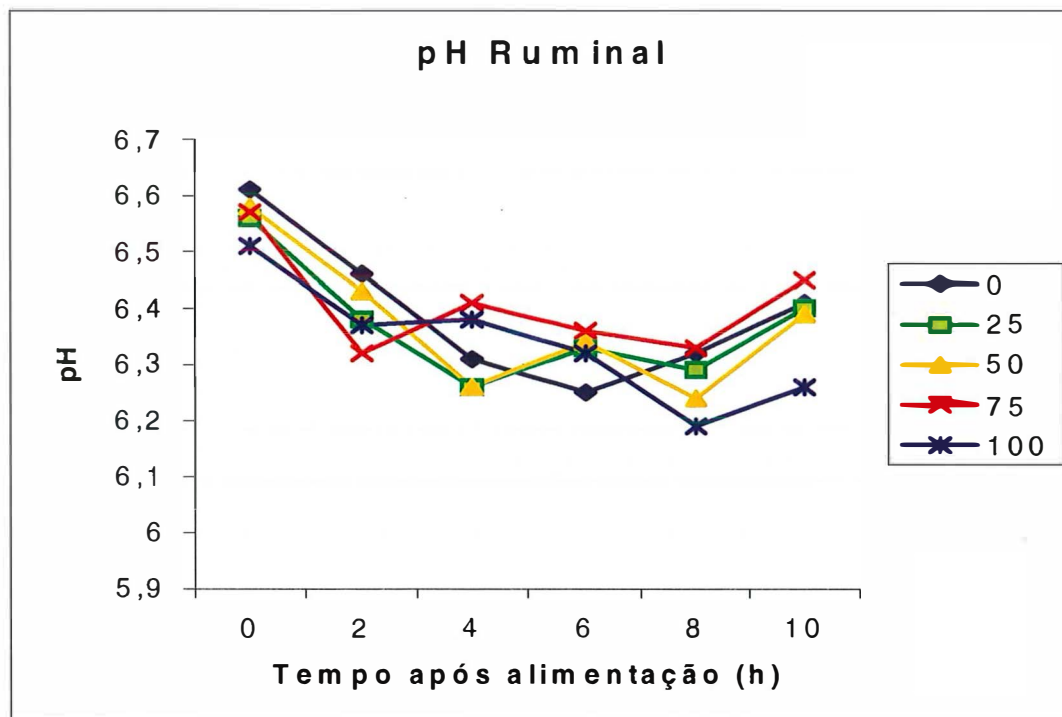


Figura 2. Variação diurna do pH ruminal em relação à percentagem de inclusão do amido do milho.

5.5.2 Concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) no rúmen

O efeito da substituição do milho por milho na concentração de N-NH₃ está representado na Tabela 5. A Figura 3 ilustra o comportamento da concentração de N no fluido ruminal, tendo seus valores máximos ao redor de 2 a 4 horas após a alimentação matutina.

Não foi encontrada diferença ($P > 0,05$) na concentração de N-NH₃ entre os valores médios diários de cada tratamento (parcelas) nem na interação tratamento x tempo, porém houve diferença ($P < 0,05$) ao longo do dia (subparcelas). Observou-se uma tendência ($P < 0,20$) de diminuição das concentrações de N-NH₃ para as médias diárias dos tratamentos com o aumento da inclusão de milho (parcelas). Gelaye et al. (1997).

observaram um declínio nos níveis de nitrogênio (N) no fluido ruminal de cabras em lactação recebendo dietas nas quais o milho foi substituído pelo milheto (0, 50 e 100% de substituição).

Tabela 5. Efeito da inclusão de milheto sobre a concentração de N-NH₃ ruminal (mg/dl)

Tempos ²	Tratamentos					Subparcelas ³
	% de inclusão de milheto ¹					
	0%	25%	50%	75%	100%	P<0,05
0	20,35	17,69	15,82	17,07	15,09	17,20 ^D
2	33,38	33,39	28,02	32,21	26,34	30,67 ^A
4	34,07	32,55	27,34	25,74	25,36	29,01 ^A
6	27,91	25,72	23,92	24,80	22,25	24,92 ^{BC}
8	27,13	24,17	26,06	22,70	26,24	25,26 ^B
10	23,94	20,49	22,73	25,93	16,39	21,89 ^C
Parcelas ⁴	27,80 ^a	25,67 ^a	23,98 ^b	24,74 ^b	21,95 ^b	

¹ Porcentagem de inclusão do amido do milheto em relação ao amido do milho.

² Tempo após o fornecimento da ração da manhã.

³ Média das subparcelas (tempo).

⁴ Média das parcelas (tratamentos).

^{ABC} Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem (P>0,05) entre si.

^{ab} Médias seguidas de letras iguais, na mesma linha, não diferem (P>0,20) entre si.

Os mecanismos fisiológicos básicos responsáveis pelo suprimento de N-NH₃ no rúmen consistem na degradação de proteínas, hidrólise do nitrogênio não protéico (NNP) dietético, hidrólise da uréia reciclada no rúmen e degradação das células microbianas (Owens et al., 1986). Entretanto, para que o processo da síntese de proteína microbiana ocorra de maneira eficiente, torna-se necessária à presença de uma fonte adequada de energia no meio, uma vez que a energia fermentável influencia o crescimento dos microorganismos ruminais e a quantidade de N-NH₃ a ser convertida em proteína microbiana (Shirley, 1986). Segundo Mehrez et al. (1977), a concentração ótima de N-NH₃ no fluido ruminal é aquela que resulta em máximas taxas de fermentação ou a que permita uma máxima produção de proteína microbiana por unidade de substrato fermentado, sendo em torno de 23,5 mg/dl de fluido ruminal.

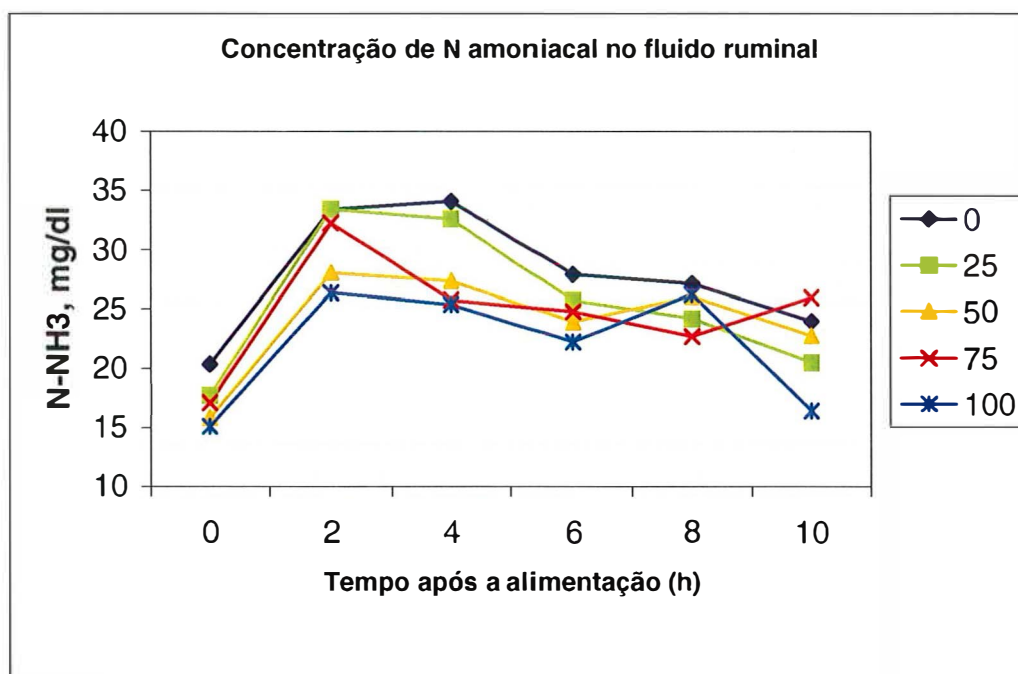


Figura 3. Variação diurna na concentração de N-NH₃ no fluido ruminal em relação à percentagem de inclusão do amido do milho.

Dahiya & Kapoor (1983) concluíram que o armazenamento do milho moído finamente por 10 dias reduziu o teor de aminoácido, o escore químico da proteína e os parâmetros biológicos da qualidade protéica, utilizando-se ratos para a avaliação. Estudos com milho indicam uma menor susceptibilidade do grão à ação proteolítica das enzimas bacterianas, seja por seus constituintes antinutricionais ou pela perda de qualidade no processo de armazenamento do grão moído. O teor de ácido fítico de alguns grãos pode ser prejudicial na atividade de enzimas proteolíticas, diminuindo a digestibilidade da proteína e, conseqüentemente, do amido. Grãos de milho não processados contêm uma considerável quantidade de ácido fítico, podendo alcançar valores de 825,7 mg/100g (Kumar & Chauhan, 1993) e inibir a degradação enzimática da proteína. Devido a essa menor digestibilidade da proteína do milho, a proteína da soja, contida em maiores proporções nas dietas com altos teores de milho,

proporcionaria uma maior concentração de N-NH₃ no rúmen, o que foi observado pela tendência de diminuição nas concentrações de N-NH₃ com o aumento do teor de milho.

5.5.3 Concentração de Ácidos Graxos Voláteis (AGV)

5.5.3.1 Ácidos Graxos Voláteis Totais

O efeito da substituição do milho por milho na concentração AGVs totais está representado na Tabela 6. A Figura 4 ilustra o comportamento da concentração de AGV no fluido ruminal, tendo seu valor máximo às 4 horas após a alimentação matutina.

Tabela 6. Efeito da inclusão de milho sobre a concentração de AGVs totais no fluido ruminal (mM)

Tempos ²	Tratamentos					Subparcelas ³ P<0,05
	% de inclusão de milho ¹					
	0%	25%	50%	75%	100%	
0	120,74	115,01	116,08	119,39	120,48	118,34 ^C
2	145,04	138,89	135,73	143,60	130,87	138,82 ^{AB}
4	152,14	144,74	141,34	159,70	139,36	147,46 ^A
6	140,576	141,39	136,27	133,12	140,19	138,31 ^{AB}
8	132,48	140,73	141,73	132,94	148,30	139,23 ^{AB}
10	136,22	125,14	129,99	129,78	134,99	131,22 ^B
Parcelas ⁴	137,86	134,31	133,52	136,42	135,70	

¹ Porcentagem de inclusão do amido do milho em relação ao amido do milho.

² Tempo após o fornecimento da ração da manhã.

³ Média das subparcelas (tempo).

⁴ Média das parcelas (tratamentos).

^{ABC} Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem (P>0,05) entre si.

Não houve diferença (P>0,05) na concentração de AGVs totais entre os valores médios diários de cada tratamento (parcelas) nem na interação tratamento x tempo,

porém houve diferença ($P < 0,05$) ao longo do dia (subparcelas). Gelaye et al. (1997) não encontraram diferença na concentração de AGVs totais no fluido ruminal de cabras em lactação alimentadas com dietas de milho e milheto. Hill & Hanna (1990) não observaram diferença na concentração total de AGVs às 3,5 horas após o fornecimento de ração para novilhos, porém ocorreu um aumento às 7 horas com a dieta de milheto em relação à dieta de milho. Terril et al. (1998), trabalhando com bodes castrados, e Hill et al. (1996), utilizando novilhos, observaram uma diminuição na concentração de AGVs totais no fluido ruminal quando substituíram o milho por milheto.

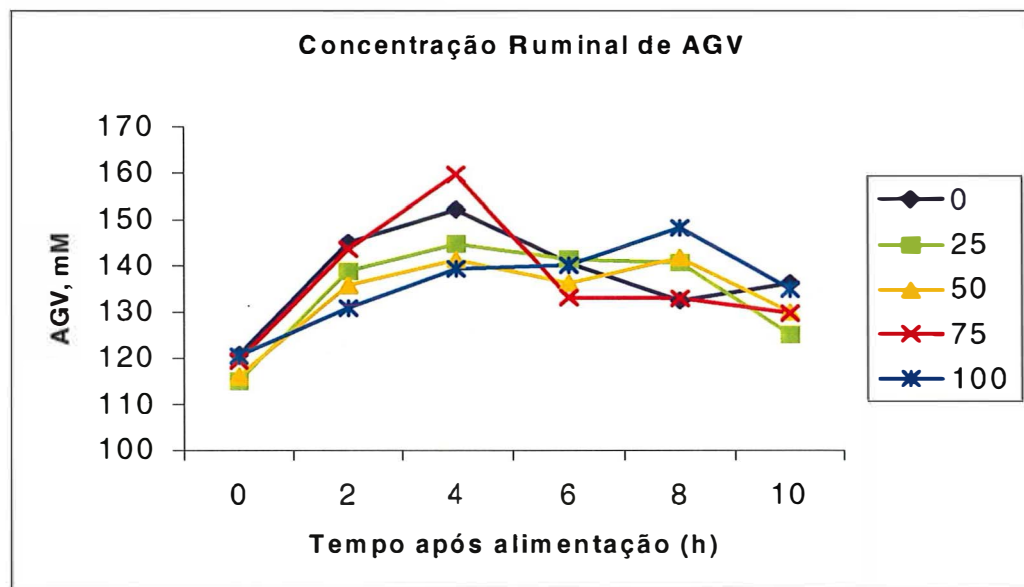


Figura 4. Variação diurna da concentração de AGVs totais no fluido ruminal em relação à porcentagem de inclusão do amido do milho.

A fermentação dos alimentos pelos microorganismos ruminais, além de liberar energia e compostos nitrogenados para seu próprio crescimento, produz também ácidos graxos voláteis (AGVs), os quais são a principal fonte de energia para o animal hospedeiro. Segundo Owens & Goetsch (1986), em uma dieta com forragem, 50 a 85% da energia metabolizável utilizada pelo hospedeiro é proveniente da fermentação

ruminal. A concentração máxima de AGV no rúmen é atingida 2 a 4 horas após a alimentação (Owens & Goetsch, 1988). A quantidade de AGVs no fluido ruminal é o reflexo da atividade microbiana e da taxa de absorção destes pela mucosa ruminal. A sua proporção varia com o tipo de substrato, nível de ingestão, frequência de alimentação, taxa de diluição e osmolaridade (Church, 1988).

Não ocorreu modificação na taxa de fermentação do amido pelas bactérias ruminais quando se substituiu o amido do milho pelo amido do milheto, sugerindo que ambos os grãos possuem uma taxa de fermentação semelhantes, não ocorrendo alterações no pH ruminal nem nas concentrações de AGVs. A diferença na granulometria dos grãos pode ter contribuído para uma maior velocidade de degradação ruminal do amido do milheto.

5.5.3.2 Ácido acético

Tabela 7. Efeito da inclusão de milheto sobre a concentração de acetato no fluido ruminal (mM)

Tempos ²	Tratamentos					Subparcelas ³
	% de inclusão de milheto ¹					
	0%	25%	50%	75%	100%	P<0,05
0	77,62	74,26	72,14	74,39	75,82	74,84 ^C
2	91,44	87,74	83,80	88,87	81,65	86,70 ^{AB}
4	96,58	91,90	86,78	99,14	86,19	92,12 ^A
6	89,84	89,80	84,05	83,22	87,18	86,82 ^{AB}
8	83,58	89,52	87,26	82,94	91,84	87,02 ^{AB}
10	85,52	79,42	78,86	80,24	82,63	81,34 ^{BC}
Parcelas ⁴	87,43	85,44	82,14	84,80	84,22	

¹ Porcentagem de inclusão do amido do milheto em relação ao amido do milho.

² Tempo após o fornecimento da ração da manhã.

³ Média das subparcelas (tempo).

⁴ Média das parcelas (tratamentos).

^{ABC} Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem (P>0,05) entre si.

O efeito da substituição do milho por milheto na concentração de acetato está representado na Tabela 7. A Figura 5 ilustra o comportamento da concentração de acetato no fluido ruminal, tendo seu valor máximo as 4 horas após a alimentação matutina.

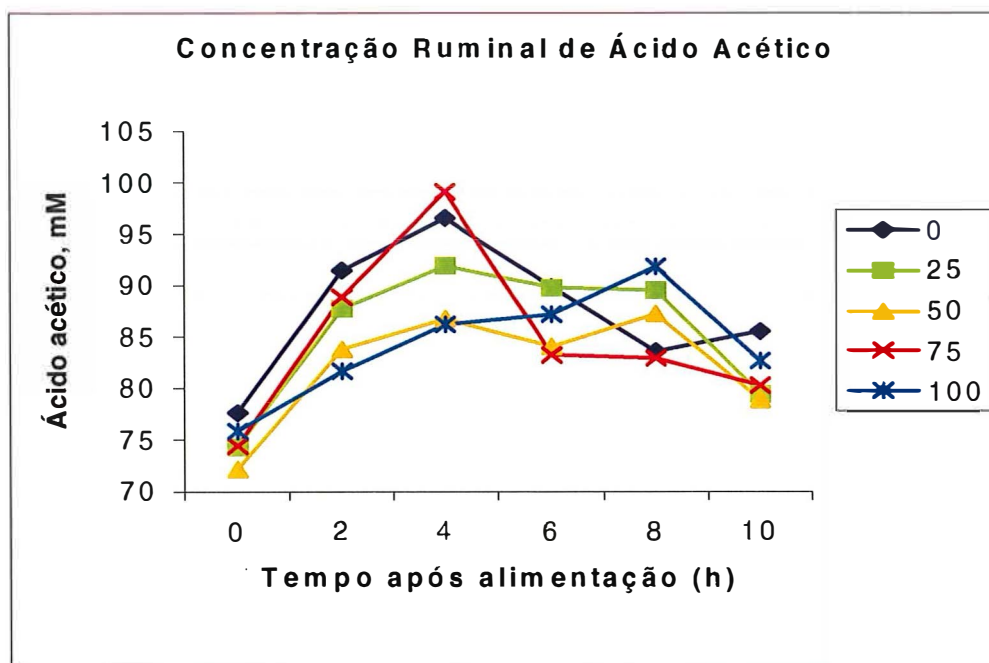


Figura 5. Variação diurna da concentração de acetato no fluido ruminal em relação à percentagem de inclusão do amido do milheto.

Não houve diferença ($P > 0,05$) na concentração de acetato entre os valores médios diários de cada tratamento (parcelas) nem na interação tratamento x tempo, porém houve diferença ($P < 0,05$) ao longo do dia (subparcelas). Hill et al. (1996), trabalhando com novilhos, e Terril et al. (1998), utilizando bodes castrados, também não encontraram diferenças na concentração de acetato com a substituição do milho por milheto. Entretanto, Gelaye et al. (1997) observaram um aumento na concentração deste parâmetro em cabras em lactação alimentadas com dietas mais ricas em milheto, porém esses tratamentos continham maiores teores de FDN, o principal responsável por um

padrão de fermentação em favor do ácido acético. Hill & Hanna (1990) observaram uma diminuição na concentração de acetato no fluido ruminal de novilhos alimentados com uma dieta contendo milheto, porém essa dieta continha 4 unidades percentuais a menos de FDN do que a dieta com milho.

A concentração de ácido acético no fluido ruminal é dependente da relação entre os carboidratos estruturais e não estruturais da dieta e a quantidade de carboidratos fermentáveis no rúmen. Como os tratamentos possuem composição de nutrientes bem próximas, a diferença na taxa e extensão de degradação do milho e milheto parece não afetar o padrão de fermentação do rúmen. Esses dados estão de acordo com os dados de percentagem de FDN das dietas e com a concentração do pH ruminal, ambos não diferindo estatisticamente entre os tratamentos.

5.5.3.3 Ácido propiônico

O efeito da substituição do milho por milheto na concentração de propionato está representado na Tabela 8. Não houve diferença ($P>0,05$) na concentração de propionato entre os valores médios diários de cada tratamento (parcelas) nem na interação tratamento x tempo, porém houve diferença ($P<0,05$) ao longo do dia (subparcelas, Figura 6). Hill et al. (1996), trabalhando com novilhos, e Terril et al. (1998), utilizando bodes castrados, também não encontraram diferenças na concentração de propionato com a substituição do milho por milheto. Entretanto, Gelaye et al. (1997) observaram uma diminuição na concentração de propionato de cabras em lactação alimentando-se de dietas mais ricas em milheto, porém esses tratamentos continham maiores teores de FDN, o principal responsável por um padrão de fermentação em favor do ácido acético.

Hill & Hanna (1990) observaram um aumento na concentração de propionato no fluido ruminal de novilhos alimentados com uma dieta contendo milheto, porém essa dieta continha 4 unidades percentuais a menos de FDN em relação à dieta com milho.

Tabela 8. Efeito da inclusão de milho sobre a concentração de propionato no fluido ruminal (mM)

Tempos ²	Tratamentos					Subparcelas ³
	% de inclusão de milho ¹					
	0%	25%	50%	75%	100%	P<0,05
0	24,17	21,98	25,42	26,01	25,01	24,48 ^C
2	31,22	28,86	30,69	32,35	28,26	30,28 ^A
4	32,70	29,79	32,18	36,14	31,63	32,49 ^A
6	29,89	29,38	31,82	28,89	30,80	30,16 ^A
8	28,46	29,35	32,85	29,26	33,73	30,73 ^{AB}
10	29,38	25,22	30,10	28,93	31,22	28,97 ^B
Parcelas ⁴	29,30	27,43	30,51	30,26	30,10	

¹ Porcentagem de inclusão do amido do milho em relação ao amido do milho.

² Tempo após o fornecimento da ração da manhã.

³ Média das subparcelas (tempo).

⁴ Média das parcelas (tratamentos).

^{ABC} Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem (P>0,05) entre si.

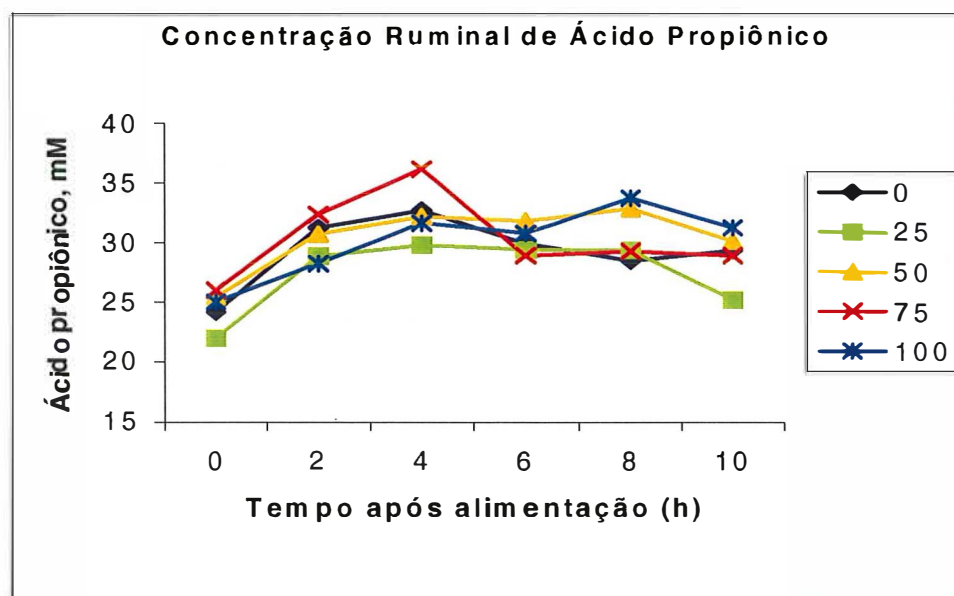


Figura 6. Variação diurna da concentração de propionato no fluido ruminal em relação à percentagem de inclusão do amido do milho.

5.5.3.4 Ácido butírico

O efeito da substituição do milho por milheto na concentração de butirato está representado na Tabela 9. Não houve diferença ($P>0,05$) na concentração de butirato entre os valores médios diários de cada tratamento (parcelas) nem na interação tratamento x tempo, porém houve diferença ($P<0,05$) ao longo do dia (subparcelas). Hill & Hanna (1990), trabalhando com novilhos, e Terril et al. (1998), utilizando bodes castrados, não encontraram diferenças na concentração de butirato, porém Gelaye et al. (1997), utilizando cabras em lactação, e Hill et al. (1996), trabalhando com novilhos, observaram uma diminuição na concentração de butirato com a substituição do milho por milheto.

Tabela 9. Efeito da inclusão de milheto sobre a concentração de butirato no fluido ruminal (mM)

Tempos ²	Tratamentos					Subparcelas ³ P<0,05
	% de inclusão de milheto ¹					
	0%	25%	50%	75%	100%	
0	13,06	13,12	13,33	13,46	14,14	13,42 ^C
2	15,40	15,46	14,88	15,82	14,66	15,25 ^{AB}
4	15,70	16,12	15,70	17,06	15,14	15,94 ^A
6	14,74	15,83	14,39	14,93	15,68	15,11 ^{AB}
8	14,42	15,73	15,37	14,81	16,17	15,30 ^{AB}
10	14,81	14,54	14,80	14,70	15,10	14,80 ^B
Parcelas ⁴	14,69	15,14	14,75	15,13	15,15	

¹ Porcentagem de inclusão do amido do milheto em relação ao amido do milho.

² Tempo após o fornecimento da ração da manhã.

³ Média das subparcelas (tempo).

⁴ Média das parcelas (tratamentos).

^{ABC} Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem ($P>0,05$) entre si.

A Figura 7 ilustra o comportamento da concentração de butirato no fluido ruminal, tendo seu valor máximo às 4 horas após a alimentação matutina.

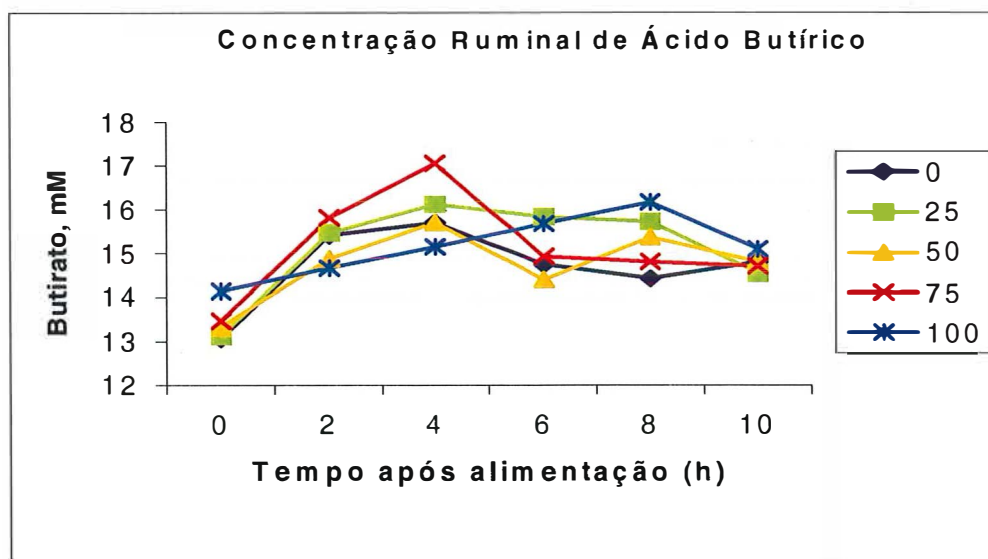


Figura 7. Variação diurna da concentração de butirato no fluido ruminal em relação à percentagem de inclusão do amido do milho.

5.5.3.5 Relação acético/propiónico

Não houve diferença ($P>0,05$) na relação acético/propiónico (Tabela 10 e Figura 8) entre os valores médios diários de cada tratamento (parcelas) nem na interação tratamento x tempo, porém houve diferença ($P<0,05$) ao longo do dia (subparcelas). Hill et al. (1996), trabalhando com novilhos, e Terril et al. (1998), utilizando bodes castrados, não encontraram diferenças na relação acético/propiónico, porém Gelaye et al. (1997) observaram um aumento na relação acético/propiónico com a substituição do milho por milho em dietas de cabras em lactação, dados contrários aos observados por Hill & Hanna (1990), que encontraram uma diminuição na relação acético/propiónico em novilhos quando passou-se de uma dieta de milho a uma de milho.

Tabela 10. Efeito da inclusão de milho sobre a relação acético/propiónico no fluido ruminal

Tempos ²	Tratamentos					Subparcelas ³ P<0,05
	% de inclusão de milho ¹					
	0%	25%	50%	75%	100%	
0	3,96	4,30	3,77	3,90	4,05	3,99 ^A
2	3,64	3,83	3,52	3,53	3,71	3,65 ^B
4	3,68	3,91	3,56	3,68	3,54	3,67 ^B
6	3,79	3,91	3,62	3,73	3,70	3,74 ^B
8	3,70	3,87	3,52	3,73	3,54	3,67 ^B
10	3,65	3,97	3,51	3,61	3,59	3,67 ^B
Parcelas ⁴	3,74	3,96	3,58	3,70	3,69	

¹ Porcentagem de inclusão do amido do milho em relação ao amido do milho.

² Tempo após o fornecimento da ração da manhã.

³ Média das subparcelas (tempo).

⁴ Média das parcelas (tratamentos).

^{ABC} Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem (P>0,05) entre si.

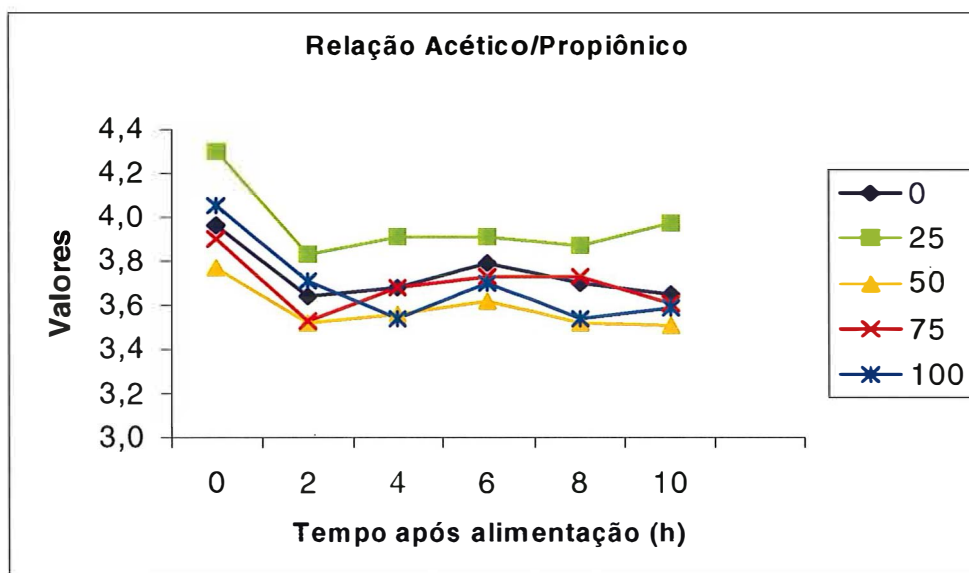


Figura 8. Variação diurna da relação acetato/propionato no fluido ruminal em relação à porcentagem de inclusão do amido do milho.

Como o padrão de fermentação ruminal não foi alterado, não era de se esperar uma diferença na relação acético/propiónico, o mesmo se verificando na porcentagem de gordura do leite, fator este associado com a fermentação ruminal. As concentrações de FDN, pH ruminal e ácido acético entre os tratamentos sugerem que o comportamento da fermentação do amido dos grãos é semelhante, levando-se em conta a diferença na granulometria dos mesmos.

5.6 Parâmetros Sanguíneos

5.6.1 Glicose plasmática

Não houve diferença ($P>0,05$) na concentração de glicose (Tabela 11 e Figura 9) entre os valores médios diários de cada tratamento (parcelas) nem na interação tratamento x tempo, porém houve uma tendência ($P<0,20$) ao longo do dia (subparcelas).

Tabela 11. Efeito da inclusão de milho sobre a concentração de glicose no plasma (mg/dl)

Tempos ²	Tratamentos					Subparcelas ³ P<0,20
	% de inclusão de milho ¹					
	0%	25%	50%	75%	100%	
0	55,32	55,03	55,90	53,42	53,42	54,62 ^a
3	52,05	46,55	54,12	52,74	50,32	51,16 ^b
6	50,12	54,73	55,10	53,19	52,85	53,20 ^b
9	55,64	51,00	54,57	54,46	50,72	53,28 ^b
Parcelas ⁴	53,28	51,83	54,92	53,45	51,83	

¹ Porcentagem de inclusão do amido do milho em relação ao amido do milho.

² Tempo após o fornecimento da ração da manhã.

³ Média das subparcelas (tempo).

⁴ Média das parcelas (tratamentos).

^{ab} Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem ($P>0,20$) entre.

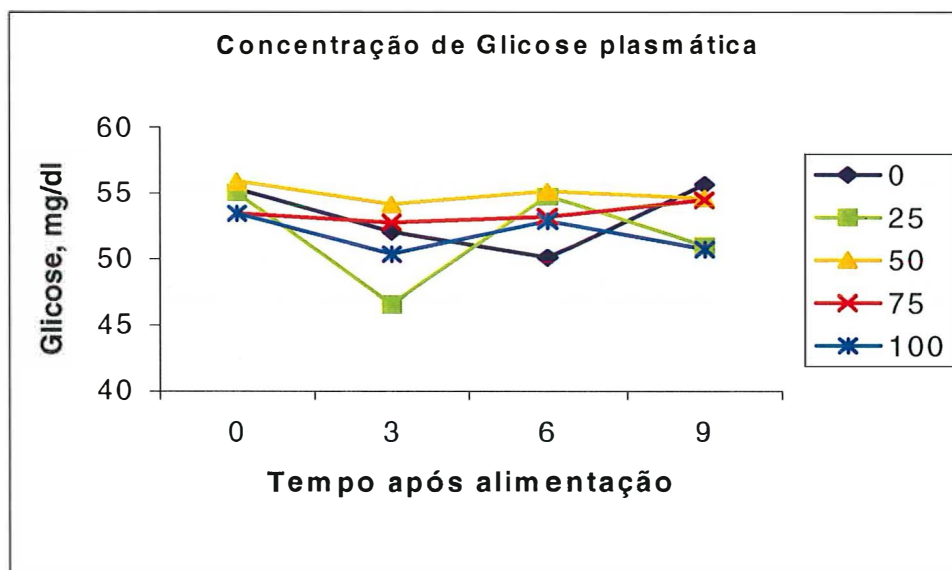


Figura 9. Variação diurna da concentração de glicose plasmática em relação à porcentagem de inclusão do amido do milho.

Lycos et al. (1997), trabalhando com diferentes níveis de amido degradável no rúmen, também não observaram diferenças entre os tratamentos. Segundo o mesmo autor, o aparecimento líquido de glicose fica na dependência do balanço entre a quantidade produzida e a utilizada pelos tecidos drenados pelo sistema porta (rúmen, intestinos, pâncreas, baço e gordura omental).

5.6.2 N-Ureico plasmático

Não houve diferença ($P > 0,05$) na concentração de N-Ureico (Tabela 12 e Figura 10) entre os valores médios diários de cada tratamento (parcelas) nem na interação tratamento x tempo, porém houve diferença ($P < 0,05$) ao longo do dia (subparcelas).

Tabela 12. Efeito da inclusão de milho sobre a concentração de N-Ureico no plasma (mg/dl)

Tempos ²	Tratamentos					Subparcelas ³
	% de inclusão de milho ¹					
	0%	25%	50%	75%	100%	P<0,05
0	22,41	23,29	20,38	20,18	21,59	21,57 ^B
3	25,08	23,85	23,88	25,11	21,41	23,87 ^A
6	21,71	26,80	24,53	24,36	22,76	24,04 ^A
9	24,46	24,80	23,28	23,86	20,96	23,48 ^A
Parcelas ⁴	23,42	24,69	23,02	23,38	21,68	

¹ Porcentagem de inclusão do amido do milho em relação ao amido do milho.

² Tempo após o fornecimento da ração da manhã.

³ Média das subparcelas (tempo).

⁴ Média das parcelas (tratamentos).

^{ABC} Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem (P>0,05) entre si.

Hill & Hanna (1990) e Hill et al. (1996) não encontraram diferença na concentração plasmática de N-Ureico quando substituíram o milho por milho em dietas de novilhos. Gelaye et al. (1997) observaram uma diminuição na concentração de N-Ureico quando substituíram o grão de milho pelo grão de milho em dietas de cabras, atribuindo o ocorrido aos fatores antinutricionais do grão de milho, o que acarretaria uma menor digestibilidade da proteína e dos carboidratos no rúmen.

A uréia é formada no fígado a partir da amônia (NH₃), a qual é produzida durante o catabolismo das proteínas ou absorvida pelo rúmen. O organismo gasta energia considerável para produzir uréia (4 ATP/mol) a fim de evitar a toxicidade por NH₃ (Swenson & Reece, 1996). O excesso de proteína no rúmen associado à deficiência de energia eleva a produção de NH₃, aumentando a uréia no sistema. Assim, a concentração de uréia no sangue, soro, plasma ou leite está relacionada com a ingestão de proteína bruta, digestibilidade ou não da proteína dietética ou com a disponibilidade de carboidratos fermentáveis no rúmen (Moore & Varga, 1996).

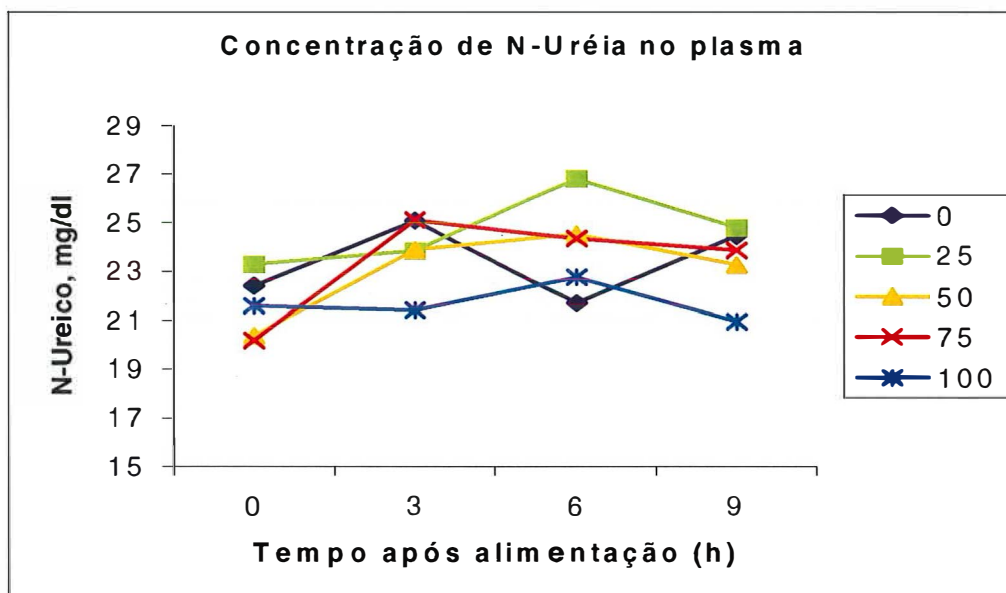


Figura 10. Variação diurna da concentração de N-Ureico plasmático em relação à percentagem de inclusão do amido do milho.

As concentrações de uréia sanguínea tem sido utilizada para monitorar o consumo de proteína dietética próximo às exigências do animal, uma vez que o consumo excessivo de proteína pode afetar o desempenho reprodutivo do animal, aumentar sua exigência em energia, ou ainda aumentar o custo da ração (Broderick & Clayton, 1997).

5.7 Hidrólise enzimática do amido

Os grãos de milho e milheto foram submetidos a uma hidrólise *in vitro* do amido durante 4 horas, obtendo-se uma taxa de digestão enzimática dessa fração para cada grão (Figura 11).

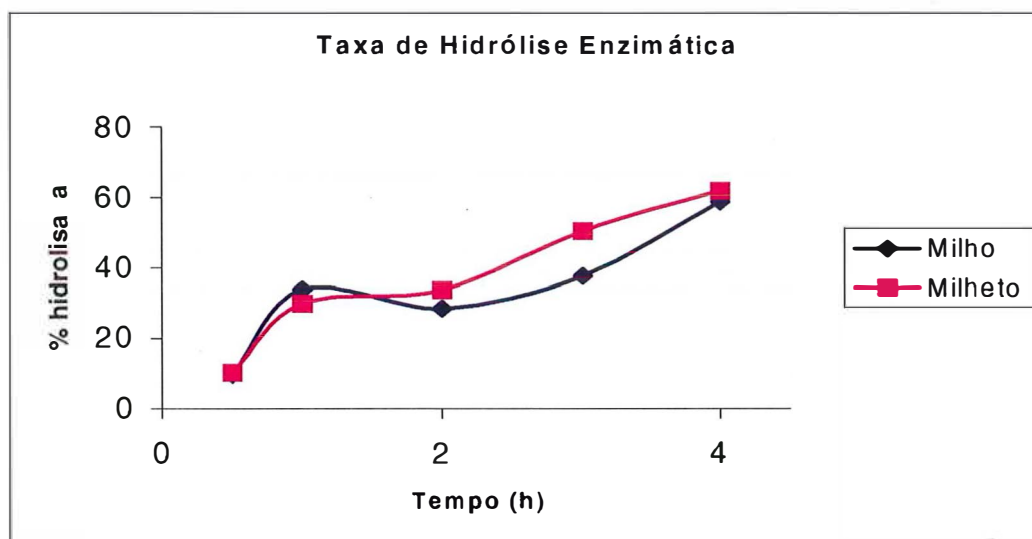


Figura 11. Curva da hidrólise enzimática da fração amido dos grãos de milho e milheto

O amido de ambos os grãos apresentaram valores muito próximos em termos de percentagem hidrolisada, porém a taxa de hidrólise do amido do milheto foi ligeiramente superior à do milho (13,45 vs 10,97, respectivamente). Esses dados estão de acordo com os de degradabilidade *in situ* dos grãos (Bruno et al., 1999), sugerindo uma pequena diferença na degradação do amido dos grãos de milho e milheto, porém não alterando as concentrações de AGVs totais, acético, propiônico, o consumo de MS, a relação acético/propiônico e os teores de glicose e N-Ureico plasmático nem a percentagem de gordura no leite.

6 CONCLUSÕES

Com a substituição do grão de milho pelo de milheto, em dietas contendo silagem de milho, de vacas Holandesas em lactação, conclui-se que:

_ O consumo de MS, produção de leite e teor de gordura no leite não foram alterados, porém a percentagem de proteína do leite foi diminuída.

_ Os parâmetros ruminais (pH, AGVs totais, acetato, propionato, butirato, relação acético/propiónico e N-NH₃) e sanguíneos (glicose e N-Ureico plasmático) também não diferiram entre os tratamentos. Porém ocorreu uma tendência de diminuição na concentração média diária de N-NH₃ ruminal com o aumento da inclusão de milheto nas dietas.

_ Baseado nos dados obtidos, o grão de milho pode ser substituído, total ou parcialmente, pelo de milheto, em dietas de vacas leiterias, sem afetar o desempenho produtivo.

A taxa de hidrólise *in vitro* do amido apresentou valores próximos para os grãos de milho e milheto.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 12. Ed., Washinton, D.C., 1990.

ADEOLA, O.; ROGLER, J.C.; SULLIVAN, T.W. Pearl millet in diets of White Pekins ducks. **Poultry Science**, v.73, p.425, 1994.

ALDRICH, J.M.; MULLER, L.D.; VARGA, G.A.; GRIEL, L.C. Nonstructural carbohydrate and protein effects on rumen fermentation, nutrient flow, and performance of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.1091, 1993.

ANDREWS, D.J.; KUMAR, K.A. Pearl millet for food, feed and forage. **Advance in Agronomy**, p.48, 1992.

ARMENTANO, L. E. Ruminant hepatic metabolism of volatile fatty acids, lactate and pyruvate. **Journal of Nutrition**, v.122, p.838, 1992.

AWADALLA, Z.; MOUNIR, R.; SLUMP, P. Native egyptian millet as supplement of wheat flour in bread. Nutritional studies. **Nutrition Reports Internationl**, v.9, n.1, p.59, Jan 1974.

BADI, S.M.; HOSENEY, R.C.; CASADY, A.J. Pearl millet. I. Characterization by SEM, amino acid analyses, lipid composition and prolamine solubility. **Cereal Chemistry**, v.53, p.478, 1976a.

BADI, S.M.; HOSENEY, R.L.; FINNEY, P.L. Pearl millet. II. Partial characterization of starch and use of millet flour in bread making. **Cereal Chemistry**, v.53, n.5, p.718, 1976b.

BAILEY, A.V.; PICCOLO, B.; SUMRELL, G.; BURTON, G.W. Some effects of nitrogen fertilizer on the chemical composition of pearl millet grain. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.28, p.866, 1980.

- BEAUCHEMIN, K.A.; McALLISTER T.A.; DONG, Y.; FARR B.I.; CHENG, K.J.;
Effects of mastication on digestion of whole cereal grains by cattle. **Journal of Animal Science**, v.72, p.236, 1994.
- BELEIA, A.; VARRIANO-MARSTON, E. Pearl millet amiloses. II. Activity toward intact and heated starch granules. **Cereal Chemistry**, v.58, n.5, p.437, 1981.
- BERGMAN, E.N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. **Physiological Reviews**, v.70, n.2, p.567, 1990.
- BOORA, P.; KAPOOR, A.C. Influence of storage on the protein quality of pearl millet flour. **Journal Science of Food and Agriculture**, v.36, p.59, 1985.
- BRETHOUR, J.R. Pearl millet for beef cattle. In:1983 Roudup. Progress Report 432. **Kansas Agric. Exp. Sta.**, Kansas State Univ., Manhattan.
- BRETHOUR, J.R. Rolled pearl millet for beef cattle. In: **1982 Roundup**. Progress Report 417, Kansas.
- BRODERICK, G.A.; CLAYTON, M.K. A statistical of animal and nutrition factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.2964, 1997.
- BRUNO, E.J. de M.; RIBEIRO, C.V.D.M.; SIMAS, J.M.C.de; PIRES, A.V.
Determinação da digestibilidade *in situ* de fontes de amido. In: 7^o SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, nov/dez., 1999. /No Prelo/
- BURTON, G.W.; WALLACE, A.T.; RACHIE, K.O. Chemical composition and nutritive value of pearl millet [*Pennisetum typhoides* (Burm.) Stapf and E.C. Hubbard] grain. **Crop Science**, v.12, p.187, 1972.
- CHANEY, A.L.; MARBACH, E P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, v.8, p.130, 1962.
- CHEN, K.H.; HUBER, J.T.; THEURER, C.B.; SWINGLE, R.S.; SIMAS, J.M.C.; CHAN, S.C.; WU, Z.; SULLIVAN, J.L. Effect of steam flaking of corn and sorghum grains on performance of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.1038, 1994.

CHEN, K.H.; HUBER, J.T.; THEURER, C.B.; SWINGLE, R.S.; SIMAS, J.M.C. et al. Effect of substituting steam-flaked sorghum for concentrate, on lactation and digestion in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.78, p.362, 1995.

CHRISTENSEN, N.B.; PALMER, J.C.; PRAEGER, H.A.JR.; STEGMEIER, W.D.; VANDERSLIP, R.L. Pearl millet – a potential crop for Kansas. Keeping with research 77, Contribution 84 – 413-S, **Kansas Agric. Exp. Sta.**, Manhattan. 1984.

CHURCH, D.C. **The ruminant animal: Digestive physiology and nutrition.** Englewood Cliffs:Simon & Schuster, 1988. 543p.

DAHIYA, S.; KAPOOR, A.C. Effect of storage conditions on the protein quality of pearl millet flour. **Nutrition Reports International**, v.28, p.1351, 1983.

DAHLIN, K.M.; LORENZ, K.J. Carbohydrate digestibility of laboratory-extruded cereal grains. **Cereal Chemistry**, v.70, p.329, 1993.

DELFINO, F.J. Identification and characterization of cereal grain tissues resistant to rumen microbial digestion using in situ, in vitro and scanning electron microscope techniques. Ph.D. dissertation. University of Arizona, Tucson. 1986.

FANCHER, B.I.; JENSEN, L.S.; SMITH, R.L.; HANNA. W.W. The metabolizable energy content of pearl millet [*Pennisetum americanum* (L.) Leeke]. **Poultry Science**, v.66, p.1693, 1987.

FENTON, T.W.; FENTON. Na improved procedure for determination of chromic oxide in feed and feces. **Canadian Journal Animal Science**, v.59, p. 631, 1979.

FRENCH, D. Chemical and physical properties of starch. **Journal of Animal Science**, v.37, p.1048, 1973.

GELAYE, S.; TERRILL, T.; AMOAH, E.A.; MILLER, S.; GATES, R.N.; HANNA, W.W. Nutritional value of pearl millet for lactating and growing goats. **Journal of Animal Science**, v.75, p.1409, 1997.

GUILBOT, A.; MERCIER, C. **Starch in the polysaccharides.** Orlando, FL, Academic Press, v.3, 1985.

HALE, W.H. Influence of processing on the utilization of grains (starch) by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.37, p.1075, 1973.

- HAYDON, K.D.; HOBBS, S.E. Nutrient digestibilities of soft winter wheat, improved triticale cultivars and pearl millet for finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.69, p.719, 1991.
- HERRERA-SALDANA, R.; GOMEZ-ALARCON, R.; TORABI, M.; HUBER, J.T. Influence of synchronizing protein and starch degradation in the rumen on nutrient utilization and microbial protein synthesis. **Journal of Dairy Science**, v.73, p.142, 1990.
- HERRERA-SALDANA, R.; HUBER, J.T. Influence of varying protein and starch degradabilities on performance of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.72, p.1477, 1989.
- HILL, G.M.; HANNA, W.W. Nutritive characteristics of pearl millet grain in beef cattle diets. **Journal of Animal Science**, v.68, p.2061, 1990.
- HILL, G.M.; NEWTON, G.L.; STREETER, M.N.; HANNA, W.W.; UTLEY, P.R.; MATHIS, M.J. Digestibility and utilization of pearl millet diets fed to finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.74, p.1728, 1996.
- HUNTINGTON, G.B. Ruminant starch utilization progress has been extensive. **Feedstuffs**, June 6, p.35, 1994.
- HUNTINGTON, G.B. Starch utilization by ruminants: From basics to the bunk. **Journal of Animal Science**, v.75, p.852, 1997.
- HUNTINGTON, G.B.; REYNOLDS, P.J. Net absorption of glucose, L- lactate, volatile fatty acids, and nitrogenous compounds by bovine given abomasal infusions of starch or glucose. **Journal of Dairy Science** . v. 69, p.2428, 1986.
- JELLUM, M.D.; POWELL, J.B. Fatty acid composition of oil from pearl millet seed. **Agronomy Journal**, v.63, 1971.
- JOY, M.T; DePETERS, J.; FADEL, J.G.; ZINN, R.A. Effects of corn processing on the site and extent of digestion in lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.2087, 1997.
- KOTARSKI, S.F.; WANISHA, R.D.; THURN, K.K. Starch hydrolysis by the ruminal microflora. **Journal of Nutrition**, v.122, p.178, 1992.

- KREIKEMEIER, K.K.; STOCK, R.A.; BRINK, D.R.; BRITTON, R.A. Feeding combinations of dry corn and wheat to finishing lambs and cattle. **Journal of Animal Science**, v.65, p.1647, 1987.
- KRONFELD, D.S.; RAGGI, F.; RAMBERG, C.F. Mammary blood flow and ketone metabolism in normal, fasted and ketotic cows. **Animal Journal Physiology**, p.215, 1968.
- KUMAR, A.; CHAUHAN, B.M. Effects of phytic acid on protein digestibility (in vitro) and HCl-extractability of minerals in pearl millet sprouts. **Cereal Chemistry**, v.70, p.504, 1993.
- LANDRY, J.; DELHAYE, S. The tryptophan content of pearl millet grains as a function of nitrogen content. **Phytochemistry**, v.38, p.5, 1995.
- LUPATINI, G.C.; MOOJEN, E.L.; RESTLE, J.; SILVA, J.H.S. Resposta do milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) sob pajeio à adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.31, n.10, p.715, 1996.
- LYCOS, T.; VARGA, G.A.; CASPER, D. Varying degradation rates of total nonstructural carbohydrates: Effects on ruminal fermentation, blood metabolites, and milk production and composition in high producing Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.3341, 1997.
- MATRAS, J.; BARTLE, S.J.; PRESTON, R.L. Nitrogen utilization in growing lambs: Effects of grain (starch) and protein sources with various rates of ruminal degradation. **Journal of Animal Science**, v.69, p.339, 1991.
- McALLISTER, T.A.; BAE, H.D.; JONES, G.A.; CHUNG, K.J. Microbial attachment and feed digestion in the rumen. **Journal of Animal Science**, v.72, p.3004, 1994.
- McAllister, T.A.; RODE, L.M.; MAJOR, D.J.; CHUNG, K.J.; BUCHANAN-SMITH, J.G. Effect of ruminal microbial colonization on cereal grain digestion. **Canadian Journal of Animal Science**, v.70, p.571, 1990.
- MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. **British Journal of Nutrition**, v.38, n.3, p.437, 1977.
- MENDOZA, G.D.; BRITTON, R.A.; STOCK, R.A. Influence of ruminal protozoa on site and extent of starch digestion and ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v.71, p.1572, 1993.

- MOORE, D.A.; VARGA, G. Bun and Mun: Urea nitrogen in dairy cattle. **The Compendium of Continuous Education**, v.18,n.6, p.712, 1996.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**, 6 ed., Washington, National Academy of Science, 1988. 158p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Ruminant Nitrogen Usage**, Washington , D.C., 1985. 138p.
- NOCEK, J. E.; TAMMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk and composition . **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3598, 1991.
- NUSSIO L.G. Effects of levels and ruminally degradable starch on performance, ruminal parameters and *in situ* degradation of nutrients in lactating dairy cows fed sorghum diets. Tucson, 1997. 139p. Dissertação (PhD)- University of Arizona.
- NWOKOLO, E.; Composition and availability of nutrients in some tropical grains and oilseeds. **Nutrition Reports International**, v.36, n.3, p.631, 1987.
- OLIVEIRA, J.S.; HUBER J.T.; SIMAS, J.M.; THEURER, C.B.; SWINGLE, R.S. Effect of sorghum grain processing on site and extent of digestion of starch in lactating dairy cows. **Journal. Dairy Science**, v.78, p.1318, 1995.
- OLIVEIRA, J.S.; HUBER, J.T.; BEN-GHEDALIA D.; SWINGLE R.S.; THEURER C.B.; PESSARAKLI, M. Influence of sorghum grain processing on performance of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.575, 1993.
- ORSKOV, E.R. Starch digestion and utilization in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.63, p.1624, 1986.
- OSAGIE, A.U.; KATES, M. Lipid composition of millet (*Pennisetum americanum*) seeds. **Lipids**, v.19, p.958, 1984.
- OWENS, F.N.; GOETSCH, A.L. Digesta passage and microbial protein synthesis. In: MILLIGAN, L.P.; GROVUM, W.L.; DOBSON, A. (Ed.) Control of Digestation and Metabolism in Ruminants. New Jersey: Prentice Hall, p.196, 1986.
- OWENS, F.N.; ZINN, R.A.; KIM, Y.K. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. **Journal of Dairy Science**, v.63, p.1634, 1986.

- OWENS, F.N; GOETSCH, A.L. Ruminal fermentation. In: CHURCH, D. C. **The ruminant animal: Digestive physiology and nutrition**. Englewood Cliffs:Simon & Schuster, cap.8, p.145, 1988.
- PALMQUIST,D.; CONRAD H. Origin of plasma fatty acids in lactating cows fed high fat diets. **Journal of Dairy Science**, v.54, p.1025, 1971.
- PAULINO, V.T.; MARTINS, L.O. O milheto (*Pennisetum americanum* (L.) K. Schum.) e o híbrido *P.americanum* x *P.purpureum*. **Zootecnia**. Nova Odessa, v.19, n.1, p.35, 1981.
- POORE, M.H.; ECK, T.P.; SWINGLE, R.S.; THEURER, C.B. Total starch and relative starch availability of feed grains. Abstract, n.35, **20th Biennial Conference on rumen function**. Chicago, 1989.
- POORE, M.H.; MOORE, J.A.; ECK, T.P.; SWINGLE, R.S.; THERER, C.B. Effect of fiber source and ruminal starch degradability on site and extent of digestion in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.2244, 1993.
- PRUTHI, T.D.; BHATIA, I.S. Lipids in cereals. 1. *Pennisetum thyphoideum*. **Journal of Science and Food Agriculture**, v.21, p.419, 1970.
- REYNOLDS, C.K.; HUNTINGTON, G.B.; TYRREL, H.F.; REYNOLDS, P.L. Net portal-drained visceral and hepatic metabolism of glucose , lactate, and nitrogenous compounds in lactating dairy Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.7, p.1803, 1988.
- ROONEY, L.W. Sorghum and pearl millet lipids. **Cereal Chemistry**, v.55, p.584, 1978.
- ROONEY, L.W.; PFLUGFELDER, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, v.63, p.1607, 1986.
- SANTOS F.P.; HUBER J.P. Quality of bypass proteins fed to high-producing cows is important. **Feedstuffs**, v. 68, n.34, p.12, 1996.
- SANTOS, F.A.P. Effect of sorghum grain processing and protein source on performance and nutrient utilization by lactating dairy cows. Tucson, 1997. 140p. Dissertação (PhD)- University of Arizona.

- SANTOS, F.A.P.; HUBER, J.T.; THEURER, C.B. et al. Response of lactating dairy cows to various densities of sorghum grain. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.1681, 1997.
- SAS Users Guide: Statistics, Version 5 Edition. 1991. SAS Inst., Inc., Cary, NC.
- SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. **British Journal of Nutrition**, v.32, p.199, 1974.
- SCHWAB C.G.; SATTER L.D.; CLAY A.B. Response of lactating cows to abomasal infusion of amino acids. **Journal of Dairy Science**, v.59, p.1254, 1976.
- SCHWAB, C.G. Optimizing amino acid nutrition for optimum yields of milk and milk protein. Proc. Southwest Nutr. Manage. Conf. Univ. Arizona, Tucson, p.114, 1994.
- SHIRLEY, R.L. Nonprotein nitrogen utilization.. In: SHIRLEY, R. L. **Nitrogen and energy nutrition of ruminants**. Orlando: Academic Press, cap.7, p.149, 1986.
- SIMAS, J.M. Processamento de grãos para rações de vacas leiteiras . In: 9º SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL. **Anais**. p.7, Piracicaba, FEALQ, 1997.
- SNIFFEN, C.J. The use of by-pass protein in ration formulation. In: Proc. 40th American Feed Manufact. Assoc. Nut. Council, p.40, 1980.
- SPICER, L.A.; THEURER, C.B.; SOWE, J.; NOON, T.H. Ruminal and post-ruminal utilization of nitrogen and starch from sorghum grain, corn, and barley based diets by beef steers. **Journal of Animal Science**, v.62, p.521, 1986.
- STOKES, S.R.; HOOVER, W.R.; MILLER, T.K.; MANSKI, R.P. Ruminal digestion and microbial utilization of diets varying in type of carbohydrate and protein. **Journal of Dairy Science**, v.74, p. 871, 1991.
- STREETER, M.N.; WAGNER, D.G.; OWENS, F.N.; HIBBERD, C.A. Combinations of high-moisture harvested sorghum grain and dry-rolled corn: Effects on site and extent of digestion in beef heifers. **Journal of Animal Science**, v.67, p.1623, 1989.
- SWENSON, M.J.; REECE, W.O. **Dukes Fisiologia dos Animais Domésticos**, Rio de Janeiro:Guanabara Koogan, 1996. 856 p.

- TANIGUCHI, K.; HUNTINGTON, G.B.; GLENN, B.P. Net nutrient flux by visceral tissues of beef steers given abomasal and ruminal infusion of casein and starch. **Journal of Animal Science**, v.73, p.236, 1995.
- TERRIL, T.H.; GELAYE, S.; AMOAH, E.A.; MILLER, S.; KOUAKOU, B.; GATES, R.N.; HANNA, W.W. Protein and energy value of pearl millet grain for mature goats. **Journal of Animal Science**, v.76, p.1964, 1998.
- THEURER, C.B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 63, p.1649, 1986.
- THEURER, C.B. Steam-flaked grain for high producing dairy cows. Page 64 in Proc. Southwest Nutr. Manage Conf., Dep. Animal Science, Univ. Arizona, Tucson, 1992.
- THEURER, C.B.; OLIVEIRA, J.S.; WU, Z.; HUBER, J.T.; SWINGLE, R.S. et al. Steam-flaking with two dietary grain levels improves digestible starch intake and performance by lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.246, 1991. Supplement, 1.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON J. B.; LEWIS B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583, 1991.
- VAN SOEST, P.J. **Nutrition ecology of the ruminants**. Ithaca, New York: Cornell University Press , 1994. 476 p.
- WALDO, D.R. Extent and partition of cereal grain starch digestion in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.37, p.1062, 1973.
- YU, P.; HUBER, J.Y.; Theurer, C.B. et al. Effects of steam-flaked or steam-rolled corn with or without *Aspergillus oryzae* in the diet on performance of dairy cows fed during hot weather. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.3293, 1998.
- ZINN, R. A.; Owens, F. N. A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal protein synthesis. **Canadian Journal Animal Science**, v.66, p.157, 1986.
- ZINN, R.A. Influence of flake density on the comparative feeding value of steam-flaked corn for feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v.68, p.767, 1990b.

ZINN, R.A. Influence of tempering on the comparative feeding value of rolled and steam-flaked corn for feedlot steers. **Proc Western Section Am. Science Animal**, v.39, p.286, 1988.

ZINN, R.A. Optimizing the value of steam-flaked corn in diets for feedlot cattle. **Proc. 1990 Southwest Nutrition Management, Conf.:**36, 1990a.