

Pat.

CAPÍTULO 14

O MILHO NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE

*Luiz Gustavo Ribeiro Pereira¹, Roberto Camargos Antunes²,
Lúcio Carlos Gonçalves³, Wellyngton Tadeu Vilela Carvalho⁴*

RESUMO

Este capítulo tem como objetivo descrever a importância do milho na alimentação de bovinos leiteiros. Serão descritas a estrutura e as propriedades físicas do milho, a classificação quanto ao tipo de grãos, bem como a composição bromatológica em lipídios, carboidratos e proteínas. Será também abordado o milho na alimentação de rebanhos leiteiros com detalhes quanto aos efeitos do local de digestão do amido e o metabolismo de vacas leiteiras. Serão descritos, ainda, os principais coprodutos do processamento do milho. O capítulo abordará também a silagem de milho como alimento para gado de leite detalhando as características que influenciam o valor nutritivo da silagem, como a digestibilidade da fibra, a textura dos grãos e o conteúdo de óleo. Por fim, será discutida a silagem de milho úmido para bovinos leiteiros.

INTRODUÇÃO

A produção de milho no Brasil, juntamente com a soja, contribui com aproximadamente 80% da produção nacional de grãos, estimada ao todo em 137,6 milhões de toneladas para a safra 2008/2009, segundo o Acompanhamento da Safra Brasileira (Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, 2009). A área plantada com milho foi estimada em 14,2 milhões de hectares e em 21,6 milhões de hectares com a soja, com produções de 51,9 milhões de toneladas de milho e 58,1 milhões de toneladas de soja. Os dados estimados para a safra 2006/2007 apresentados pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos indicam o Brasil como o terceiro maior produtor de milho do mundo (produção de 46 milhões de toneladas), atrás dos Estados Unidos (268 milhões de toneladas) e da China (143 milhões de toneladas). Em termos da exportação, o Brasil encontra-se na terceira colocação, logo após os Estados Unidos e a Argentina (United States Department of Agriculture - USDA, 2007).

¹ Médico Veterinário, DSc., Embrapa Gado de Leite, Rua Eugênio do Nascimento, 610 Dom Bosco, CEP 36038-330, Juiz de Fora, MG. luiz.gustavo@cnpq.embrapa.br

² Médico Veterinário, DSc., Coordenador do Programa de Pesquisa em Agropecuária e Agronegócio, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, SEPN 509, Bloco A, Ed. Nazir I, Sala 301, Asa Norte, Brasília, DF, CEP: 70750-501. camargos@cnpq.br

³ Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

⁴ Médico Veterinário, MSc, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais - Campus Barbacena. wellyngton.vilela@ifsudestemg.edu.br

O aumento no preço do milho no mercado internacional ocasionado pela maior demanda do cereal, principalmente para a produção de etanol nos Estados Unidos, tem influência direta na cadeia de produção de proteínas de origem animal no Brasil, já que a demanda de milho para rações é superior a 25 milhões de toneladas, correspondendo a mais de 50% do volume produzido. A avicultura demanda 60,5%, e a suinocultura 28,5% deste total, restando 11,0% a serem utilizados na alimentação de ruminantes e outras espécies (Lima, 2001).

Na alimentação de bovinos leiteiros, o milho é utilizado como fonte de amido, geralmente o principal componente energético dos concentrados. O amido apresenta disponibilidade energética superior à dos carboidratos estruturais presentes nas dietas de ruminantes. A presença de amido é fundamental na exploração de animais de alta produção, que exigem níveis elevados de energia na dieta. O milho como fonte de amido, quando utilizado de forma correta, pode ser usado para melhorar as características de fermentação ruminal, principalmente pela maior eficiência da utilização de fontes de nitrogênio não proteico, possibilitando uma melhor utilização dos carboidratos estruturais e o maior fluxo de proteína microbiana para o intestino. Já quando utilizado em excesso, sem a devida adaptação do ambiente ruminal, o milho pode acarretar problemas metabólicos como a acidose, quando o pH ruminal pode cair para níveis críticos abaixo de 5,5 devido ao acúmulo indesejável de ácidos graxos voláteis (AGVs) e lactato no rúmen (Hall, 1998; Owens et al., 1998), com consequências negativas sobre o desempenho animal.

A agroindústria apresenta grande diversidade de utilização do milho na alimentação humana e animal, podendo ser listados mais de 500 derivados, muitos dos quais são coprodutos e podem ser utilizados como alimentos estratégicos para bovinos leiteiros. Estes podem ser fontes de fibra de boa qualidade (farelo de milho), energia (amido e óleo do milho) e proteína (protenose). A produção de etanol a partir do milho gerará uma grande quantidade de coprodutos (1/3 do total processado), dentre os quais os mais conhecidos são os resíduos úmidos e secos de destilaria que podem ser fonte de fibra, energia e proteína.

O Brasil se destaca na produção de leite a pasto, sendo esta a forma de exploração mais econômica e a base da produção nacional. Neste sistema de produção, a utilização de concentrados, quando usados de forma racional, pode garantir a maximização da produção, a melhoria dos índices reprodutivos e, consequentemente, pode ter impactos positivos na lucratividade da atividade. O milho é considerado a base energética padrão nos concentrados comerciais, e o conhecimento da melhor forma de sua utilização é importante para o sucesso na suplementação.

O objetivo deste capítulo é discutir a utilização racional do milho na alimentação dos rebanhos leiteiros, com ênfase na caracterização do amido, na descrição das principais características químicas e físicas do grão do milho e na discussão dos principais coprodutos do milho utilizados nas dietas.

1. ESTRUTURA E PROPRIEDADES FÍSICAS DO GRÃO DE MILHO

O peso individual do grão varia, em média, de 250 a 300mg. Conhecido botanicamente como uma cariopse, o grão de milho é formado por quatro principais estruturas físicas: endosperma, gérmen, pericarpo (casca) e ponta, as quais diferem em composição química e também na organização dentro do grão. Na Tabela 1, encontram-se as porcentagens dos constituintes do grão de milho e respectivas composições.

Tabela 1. Porcentagens e composições dos constituintes do grão de milho.

Fração	% grão	Amido	Lipídios	Proteínas	Minerais	Açúcares	Fibras
Endosperma	82,0	98,0	15,4	74,0	17,9	28,9	-
Gémen	11,0	1,3	82,6	26,0	78,4	69,3	12,0
Pericarpo	5,0	0,6	1,3	2,6	2,9	1,2	54,0
Ponta	2,0	0,1	0,8	0,9	1,0	0,8	7,0

Fonte: Paes (2006).

Nutricionalmente o endosperma amiláceo é o componente mais importante do grão. É o principal tecido de estocagem do grão (National Corn Growers Association - NCGA, 2007), composto por amido, proteínas de estocagem e, em menor proporção, por enzimas, vitaminas e minerais. O amido tem a função de fornecer ao embrião energia e esqueletos de carbono até que este seja fotossinteticamente competente, enquanto as proteínas de estocagem são fontes de energia, nitrogênio e enxofre durante a germinação (Lopes e Larkins, 1993). Com base na distribuição dos grânulos de amido e da matriz de proteína, o endosperma é classificado como vítreo (ou córneo) ou farináceo (ou opaco). O endosperma vítreo apresenta matriz proteica densa, com corpos proteicos estruturados, que circundam os grânulos de amido de formato poligonal, não permitindo espaços entre estas estruturas. Na porção farinácea, os grânulos de amido são arredondados e estão dispersos, não havendo matriz proteica circundando esta estrutura (Paes, 2006). O amido da zona vítrea é menos disponível para a digestão devido à barreira física que a matriz proteica e os corpos proteicos formam sobre ele (Sullins e Rooney, 1974). Já a zona farinácea ou opaca do endosperma é caracterizada pela presença de células frouxamente empacotadas. Pequenos espaços de ar estão presentes entre grânulos de amido, que são esféricos, maiores e menos densos que os encontrados no endosperma córneo. Os corpos proteicos estão presentes, mas em menor concentração que no endosperma córneo. A diferença ultraestrutural mais importante entre os endospermas vítreo e farináceo é a menor concentração de matriz proteica no endosperma farináceo, o que confere melhor acessibilidade às enzimas e maior digestibilidade (Hoseney et al., 1974).

O gérmen representa aproximadamente 11,0% do grão de milho e concentra quase a totalidade (83,0%) dos lipídios (óleo e vitamina E) e dos minerais (78,0%) do grão, além de conter quantidades importantes de proteínas (26,0%) e açúcares (70,0%). É composto pelo embrião e por tecido de estocagem rico em ácidos graxos poli-

insaturados, proteínas, enzimas e minerais, que representam a reserva nutritiva para o embrião.

O pericarpo representa, em média, 5,0% do grão, conferindo proteção à umidade do ambiente, aos insetos e aos microrganismos. As camadas de células que compõem esta fração são constituídas de hemiceluloses (67,0%) e celulose (23,0%). A ponta é a menor estrutura do grão de milho (2,0%) e é a responsável pela conexão do grão ao sabugo, sendo a única área não coberta pelo pericarpo. É constituída essencialmente de material lignocelulósico.

2. CLASSIFICAÇÃO DO MILHO QUANTO AO TIPO DE GRÃOS

Existem cinco classes ou tipos de milho: dentado, duro, farináceo, pipoca e doce. Em países de clima temperado, predominam os grãos do tipo dentado; já no Brasil, a maioria dos híbridos plantados é de grão do tipo duro (*flint*). A principal diferença entre os tipos de milho é a forma e o tamanho dos grãos, definidos pela estrutura do endosperma e o tamanho do gérmen, conforme visualizado na Figura 1.

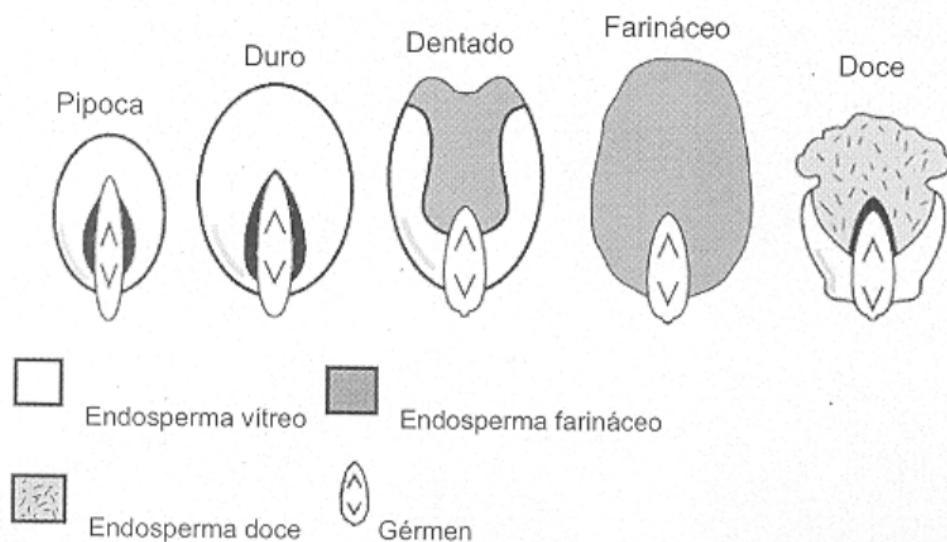


Figura 1. Tipos de milho e proporções do endosperma farináceo e vitreo.

O milho duro difere do farináceo e do dentado na relação de endosperma vitreo:farináceo. Os dentados apresentam o endosperma farináceo na região central do grão. O encolhimento do endosperma farináceo na secagem do grão resulta na formação de uma indentação na parte superior do grão, caracterizando o milho como dentado. O milho farináceo também apresenta indentação, porém o endosperma é

completamente farináceo. Já o milho duro possui volume contínuo de endosperma vítreo, resultando em grãos arredondados e lisos. O milho de pipoca é menor e possui formato arredondado, além do pericarpo mais espesso e endosperma vítreo predominante. O milho doce, quando seco, apresenta aparência enrugada devido à não conversão dos açúcares em amido (Dickerson, 2007). A classificação do milho deve ser feita quando os grãos estão secos e ainda aderidos ao sabugo. Em uma mesma espiga, pode haver grãos com aparência de dois tipos; nesta situação, a classificação deve ser baseada na predominância.

Os conceitos de textura do endosperma encontrados na literatura são vagos e subjetivos e estão geralmente associados aos métodos de determinação da textura dos grãos. A textura (*strength*) do endosperma de grãos foi definida como a habilidade do grão de resistir à compressão sem produzir fraturas, e a dureza (*hardness*) como a habilidade do grão de resistir à indentação, de acordo com Jastrzebski (1976), citado por Chandrashekar e Mazhar (1999). No entanto, o conceito de textura mais aceito se refere à proporção do endosperma vítreo (duro) em relação ao endosperma farináceo (macio) do grão, conhecido por vitreosidade (*vitreousness*) (Cagampang e Kirleis, 1984). Apesar de diferentes, os termos acima são utilizados de forma sinônima pela literatura.

As bases bioquímicas, fisiológicas e estruturais da textura do endosperma dos grãos de milho ainda não são bem compreendidas. No entanto, a composição proteica do grão e o arranjo ultraestrutural da matriz proteica nos endospermas vítreo e farináceo são os principais fatores determinantes (Chandrashekar e Mazhar, 1999).

3. COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DO GRÃO DE MILHO

A composição química proximal do grão de milho não é estática, dependendo do genótipo, do solo e das condições climáticas. Na Tabela 2, são apresentados os dados de composição química média do grão de milho de acordo com dados americanos (National Research Council - NRC, 2001) e nacionais (Lima, 2001; Valadares Filho et al., 2006). Comparados aos dados nacionais, os valores de proteína bruta e nutrientes digestíveis totais apontados pelo NRC (2001) são ligeiramente superiores, fato provavelmente relacionado à utilização de genótipos diferentes e também às distintas condições de cultivo, clima, solos e armazenamento. O milho apresenta um valor médio de nutrientes digestíveis totais superior a 85,0%, tem elevado teor de energia por ser rico em extrativos não nitrogenados, essencialmente amido; é pobre em fibra, porém esta é altamente digestível. É pobre em cálcio (valor médio de 0,025%) e medianamente rico em fósforo (valor médio de 0,25%). Atenção especial deve ser dada aos níveis de cálcio em rações com altas quantidades de milho.

O grão de milho amarelo destinado ao consumo animal deve ser isento de sementes tóxicas e resíduos de pesticidas. O padrão exigido para a utilização do milho na alimentação animal encontra-se na Tabela 3. As contaminações também podem alterar o valor nutritivo do milho. Quando colhido e armazenado em condições

inadequadas, pode ocorrer o desenvolvimento de fungos, destacando-se os do gênero *Aspergillus*, que produzem a aflatoxina, e o *Fusarium moniliforme*, que pode estar presente sem que o mofo seja visível. Verificar a presença de toxinas é uma boa medida, quando da aquisição do milho. Sementes de ervas daninhas também podem interferir na qualidade do milho, como plantas do gênero *Cassia* (fedegoso), que interferem no metabolismo da proteína, embora o maior problema seja para aves e suínos.

Tabela 2. Composições químicas médias de grãos de milho em porcentagem da matéria seca.

Parâmetros	NRC (2001)	Valadares Filho et al. (2006)	Lima (2001)
Matéria seca (%)	88,1	87,6	87,7
Proteína bruta	9,4	9,1	8,5
Extrato etéreo	4,2	4,1	3,7
Fibra em detergente neutro	9,5	14,0	-
Fibra em detergente ácido	3,4	4,1	-
Fibra bruta	-	-	2,3
Cinzas	1,5	1,5	-
Cálcio	0,04	0,03	0,04
Fósforo	0,30	0,25	0,26
Lisina (% da proteína bruta)	2,84	2,65	2,83
Metionina (% da proteína bruta)	2,13	1,99	2,47
Nutrientes digestíveis totais	88,1	87,2	-

Tabela 3. Padrão exigido para a utilização na alimentação animal.

Parâmetro	Unidade	Padrão
Umidade (máximo)	%	14,0
Proteína bruta (mínimo)	%	7,0
Fibra bruta (máximo)	%	3,0
Extrato etéreo (mínimo)	%	2,0
Matéria mineral (máximo)	%	1,5
Xantofila (mínimo)	ppm	10,0
Aflatoxina (máximo)	ppb	20,0

Fonte: Compêndio... (1998).

4. COMPOSIÇÃO BIOQUÍMICA DO GRÃO DE MILHO

4.1. Carboidratos do grão de milho

Os principais carboidratos constituintes dos grãos são amido, celulose, açúcares simples e pentosanas. O amido é a principal fração dos carboidratos e pode representar de 66,0 a 78,0% do peso seco do grão (Zeoula e Caldas Neto, 2001). É um polissacarídeo não estrutural de elevado peso molecular, sintetizado pelas plantas superiores com função de reserva energética nos períodos de dormência, germinação

de grãos, crescimento e rebrota (Wang et al., 1998). As plantas armazenam o amido nas raízes, caules, tubérculos e grãos. Os grãos são a principal fonte de amido na alimentação humana e animal, podendo conter até 80% de seu peso seco em amido (Buléon et al., 1997).

Quimicamente, o amido é formado por dois polímeros de glicose, a amilose e a amilopectina (French, 1973; Wang et al., 1998). Esses dois polímeros diferenciam-se entre si quanto ao tipo de estrutura química, ao tamanho da molécula e pelas propriedades químicas.

A amilose é o polímero longo e relativamente linear, disposto em dupla hélice e que apresenta a capacidade de ligar-se ao iodo, formando composto azul ou violeta. Aproximadamente 99% dos resíduos de glicose estão unidos por ligações α -(1 \rightarrow 4), e 1% por ligações α -(1 \rightarrow 6). O peso molecular varia de acordo com a origem botânica e encontra-se entre 1×10^5 e 1×10^6 Da. A molécula é composta de 324 a 4.920 resíduos de glicose e pode ter de nove a 20 pontos de ramificação [ligações α -(1 \rightarrow 6)] e de três a 11 cadeias retilíneas (Hoover, 2001; Tester et al., 2004). Essas cadeias são relativamente longas e podem conter de 200 a 700 resíduos de glicose.

A amilopectina é uma molécula maior que a da amilose. Apresenta peso molecular entre 1×10^7 e 1×10^9 Da (Tester et al., 2004) e tem estrutura bastante ramificada. As cadeias lineares de glicose, unidas por ligações α -(1 \rightarrow 4), têm pontos de ramificação α -(1 \rightarrow 6) a cada 20 a 25 resíduos de glicose (Chesson e Forsberg, 1997). Estima-se que 95% dos resíduos de glicose estejam unidos por ligações α -(1 \rightarrow 4) e que os outros 5% por ligações α -(1 \rightarrow 6) (French, 1973). Pode conter mais de 15 mil resíduos de glicose, sendo considerada uma das maiores moléculas conhecidas. Segundo Ball et al. (1998), a complexa organização das ramificações α -(1 \rightarrow 6) é responsável pelo empacotamento denso e semicristalino dos resíduos de glicose nos grânulos de amido.

A porcentagem de amilose e de amilopectina varia com a origem botânica do amido, mas, na maioria das espécies, o amido é composto por 30,0% de amilose e 70,0% de amilopectina (Wang et al., 1998). Amidos denominados "cerosos" do milho, sorgo, cevada, arroz e milheto apresentam de 85,0 a 100,0% de amilopectina (Sullins e Rooney, 1975; Rooney e Pflugfelder, 1986). Por outro lado, amidos com mais de 40,0% de amilose são denominados "ricos em amilose". A amilose e a amilopectina encontram-se empacotadas nas plantas na forma de pequenos grânulos, com diâmetros variando de 1 a 200 μ m e nos formatos redondo, lenticular, oval e/ou poligonal. O milho tem grânulos simples, e a densidade do amido varia de 1,4 a 1,6g/cm³ (Rooney e Pflugfelder, 1986).

O aquecimento dos grãos na presença de água promove a solubilização parcial do amido, quando os grânulos de amido perdem a cristalinidade (French, 1973; Wang et al., 1998). Esse processo é denominado gelatinização e ocorre devido à quebra das pontes de hidrogênio entre as moléculas de amilose e amilopectina, permitindo a entrada de água dentro dos grânulos (Hoover, 2001). A temperatura de gelatinização do amido varia com o tipo de grão, o que pode refletir as diferenças na composição

bioquímica do amido e a interação desse com a matriz proteica. Malcolm e Kiesling (1993) encontraram resultados em que o milho e o sorgo apresentaram maiores temperaturas de gelatinização do amido (70 e 72°C, respectivamente) que a cevada e o trigo (65 e 62°C, respectivamente).

O amido gelatinizado é instável e tende a se reorganizar parcialmente com as reduções da temperatura e do conteúdo de água do meio devido ao restabelecimento parcial das pontes de hidrogênio (Hoover, 2001). No entanto, a estrutura primária (nativa) dos grânulos de amido é definitivamente perdida (Rooney e Pflugfelder, 1986). Esse processo de reorganização dos grânulos é denominado retrogradação e tende a aumentar a proporção de amido resistente ao ataque das amilases dos alimentos previamente gelatinizados, o que pode reduzir a digestibilidade ruminal e intestinal desses amidos (Asp et al., 1996).

A importância do estudo da composição do amido dos grãos é evidenciada pela maior susceptibilidade da amilopectina à digestão enzimática (Zeoula e Caldas Neto, 2001). Philippeau et al. (1998) mostraram que o amido dos grãos de milho ricos em amilose foi mais rápida e extensamente degradado no rúmen que o amido dos grãos cerosos e de composição regular do amido em estudo *in situ* em bovinos. Porém, a maior degradabilidade foi, em grande parte, explicada pela textura mais macia do endosperma dos grãos de milho ricos em amilose.

Duas áreas distintas são observadas no grânulo de amido. Uma organizada, denominada região cristalina; e a segunda, conhecida como região amorfa, é relativamente desorganizada. A região cristalina é primeiramente composta de amilopectina, principal responsável pela organização desta área. A área cristalina apresenta maior resistência à entrada de água e, conseqüentemente, à atividade enzimática. A região amorfa é rica em amilose e menos densa que a área cristalina. Devido à menor densidade, a água se move livremente através desta região, e a atividade hidrolítica das amilases se inicia nesta área (Rooney e Pflugfelder, 1986). Assim, maior proporção de amilose proporcionaria melhor atividade hidrolítica, porém ocorre uma diminuição na hidrólise do amido e, conseqüentemente, da digestibilidade de fontes de amido com maior teor de amilose, devido à maior formação de pontes de hidrogênio (Zeoula e Caldas Neto, 2001).

As moléculas de amilose podem se inserir nas moléculas de amilopectina, aumentando a quantidade de pontes de hidrogênio no interior do amido, podendo acarretar diminuição na capacidade de expansão e na atividade enzimática. Em raízes como a mandioca, a região cristalina é composta apenas pela amilopectina, estando a amilose presente na região amorfa. Nos cereais, como o milho, a amilose também está presente na região cristalina. A amilose em cereais apresenta complexação com lipídios, formando estruturas helicoidais e acarretando menor estruturação da região cristalina e maior adesão entre as moléculas que compõem o grânulo. O complexo lipídio-amilose é insolúvel e pode se dissociar quando aquecido, sendo necessárias temperaturas acima de 125°C. Essa complexação diminui a capacidade de expansão e a solubilidade do amido (Swinkels, 1985; Rooney e Pflugfelder, 1986).

4.2. Lipídios do grão de milho

Os grãos de milho geralmente contêm de 3,5 a 4,0% de extrato etéreo, concentrado principalmente no gérmen, 90,0% deste são triglicerídeos. Existem também ácidos graxos livres e fosfolípidos (Weber, 1983). Os principais ácidos graxos são o palmítico (8,0-13,0%), oleico (24,0-32,0%) e linoleico (55,0-62,0%). Existem variedades de milho ricas em óleo que apresentam aproximadamente 7,0% de óleo. Este tipo de milho vem sendo utilizado em alguns países na alimentação de monogástricos, com o intuito de aumentar a densidade energética das dietas. Poucos trabalhos com milho rico em óleo foram realizados com bovinos leiteiros. A substituição do milho normal pelo rico em óleo em dietas fornecidas *ad libitum* com 44,0% de grão de milho para vacas leiteiras não modificou o consumo, a produção de leite e os conteúdos de proteína e gordura do leite em experimento realizado por Elliot et al. (1993). Já nos trabalhos de Atwell et al. (1998) e LaCount et al. (1995), observou-se aumento no consumo alimentar dos animais que receberam milho rico em óleo.

Na camada de aleurona e no endosperma vítreo do milho, estão presentes os carotenoides, substâncias lipídicas que conferem a cor ao grão de milho. Zeaxantina, luteína, betacriptoxantina, alfa e betacarotenos são os principais carotenoides do milho (Paes, 2006).

4.3. Proteínas do grão de milho

A maior parte das proteínas do grão de milho concentra-se no endosperma (74,0%). Estas são prolaminas, chamadas de zeínas, que compõem a matriz que envolve os grânulos de amido dentro do endosperma. São proteínas de reservas ricas nos aminoácidos metionina e cisteína, mas pobres em lisina e triptofano. O gérmen contém quantidades importantes de proteínas do tipo albuminas, globulinas e gluteínas, que diferem significativamente em composição das encontradas no endosperma, apresentando teores mais elevados de lisina e triptofano.

Existem alguns híbridos de milho de alta qualidade proteica, os chamados QPM (*Quality Protein Maize*), resultado de melhoramento genético a partir do mutante *opaco 2* (Molina et al., 2001). Neste material, as quantidades dos aminoácidos lisina e triptofano são maiores, conferindo qualidade nutricional superior. Para Michalet-Doreau e Doreau (1999), a extensão da degradação ruminal da fração nitrogenada do milho QPM é maior que a de um milho normal, assim a quantidade de lisina sobrepassante é baixa, tornando a utilização desta pouco vantajosa.

A composição e a distribuição das frações proteicas nos grãos estão envolvidas diretamente na textura do endosperma. Alguns estudos têm mostrado forte relação entre a concentração de prolaminas com a textura do endosperma (Pratt et al., 1995). Outra evidência de que as prolaminas estão envolvidas na determinação da textura é a de que a concentração dessas é maior no endosperma vítreo que no farináceo, independentemente da textura do endosperma. Dombrink-Kurtzman e Bietz (1993) encontraram, em média, concentrações 3,3 vezes maiores de α -prolamina no

endosperma vítreo dos grãos de nove genótipos de milho, embora as concentrações de γ -prolaminas tenham sido quase duas vezes maiores no endosperma farináceo.

5. MILHO GRÃO NA ALIMENTAÇÃO DE REBANHOS LEITEIROS

O milho é o alimento energético padrão. As várias formas de processamento podem alterar-lhe o valor nutritivo, mudando o local e a intensidade de digestão. Normalmente o grão de milho é usado na forma de fubá ou quirera (milho passado em peneira grossa). Nos concentrados utilizados para bovinos leiteiros, o milho fubá pode ser a base energética. O limite de inclusão é de aproximadamente 3,0kg ao dia por unidade animal (UA). Maiores quantidades podem ser agregadas por meio da manipulação ruminal.

Quantidades superiores à indicada podem levar à redução da eficiência do aproveitamento energético do amido, com acentuada redução do pH ruminal, resultante da fermentação dos carboidratos solúveis, produção excessiva de ácidos graxos voláteis, redução do tempo de mastigação (com redução na salivação) e ruminação. A consequência destes eventos pode ser o aparecimento de acidose, paraqueratose, laminite, dentre outros distúrbios metabólicos, podendo levar o animal à morte. O fornecimento de dieta completa (concentrado misturado ao volumoso), o aumento na frequência de refeições e a utilização de agentes tamponantes e/ou alcalinizantes (ex.: fornecer 1% da ingestão da matéria seca da mistura de bicarbonato de sódio e óxido de magnésio, na relação de 3:1) podem permitir maiores inclusões e evitar os problemas metabólicos citados anteriormente.

O processamento do grão de milho pode alterar o seu valor nutritivo pela moagem, gelatinização, floculação e laminação. Vários métodos de processamento de grãos têm sido utilizados, com a finalidade de observar suas influências sobre a digestão do amido no trato digestivo total. Segundo Mello Júnior (1991), os processos de moagem, quebra, laminação e floculação influenciam a extensão da digestão e do local onde esta ocorre, podendo alterar a eficiência da utilização da energia proveniente do amido. Esta influência ocorre por causa de alterações físicas e/ou químicas na estrutura do grão. No NRC (2001), são citadas, por exemplo, diferenças nos valores de nutrientes digestíveis totais para as distintas formas de processamento dos grãos (ex.: milho quebrado com 84,9%, milho moído com 88,7%, milho de alta umidade com 91,5% e milho floculado com 91,7%).

Alterações físicas são obtidas principalmente por diferentes graus de moagem, que têm como efeito a redução no tempo de permanência do alimento no rúmen. As alterações químicas são resultantes do tratamento dos grãos com pressão a vapor, visando à gelatinização dos grânulos de amido que permite maior absorção de água, resultando em melhor digestão enzimática.

A seguir, serão descritas as principais formas de processamento do grão de milho:

Moagem - modifica a estrutura física dos grãos inteiros, rompendo o endosperma e aumentando a superfície de contato do amido às amilases, aumentando-se a digestibilidade ruminal do amido. Estudos com dietas para vacas de leite, compostas por 54,5% de concentrado, evidenciaram que o tamanho das partículas dos grãos altera a taxa e a extensão da digestão do amido. Quando os grãos de milho são finamente moídos, a digestão da MS no trato digestivo total é maior (69,3%) do que quando os grãos são inteiros (59,1%) e ocorre a redução da eliminação de grãos nas fezes (Moe et al., 1973). San-Emeterio et al. (2000), ao avaliarem o efeito do grau de moagem sobre o desempenho de vacas leiteiras, encontraram maiores produções de leite e de proteína do leite para as vacas alimentadas com milho finamente moído. Já Reis et al. (2001) não observaram efeito do grau de moagem para vacas leiteiras mantidas em pastagens. A escolha da moagem fina (fubá) ou grosseira (milho quirera) ainda é uma questão duvidosa para produtores e técnicos da pecuária leiteira, mas a recomendação mais aceita é a utilização da moagem fina.

Quebra (laminação a seco) - o grão inteiro é quebrado em pedaços menores, após passar por um rolo cujo ajuste estabelece a intensidade da quebra. Como na moagem, o grão sofre modificação somente na estrutura física, embora de forma mais branda. Consegue-se um aumento da digestibilidade ruminal em relação ao grão inteiro. Por outro lado, em relação à moagem, a digestibilidade ruminal é menor. O uso de concentrados contendo grãos submetidos a este tipo de processamento determina aumento na quantidade de amido que chega ao intestino delgado. O amido, neste tipo de processamento, pode ser pouco disponível por não sofrer gelatinização e ter reduzida superfície de exposição às amilases (Mello Júnior, 1991).

Laminação a vapor - o grão inteiro é depositado por um tempo preestabelecido em condicionador abastecido por linha de vapor. Devido ao aumento da umidade e da temperatura no interior do condicionador, inicia-se o processo de gelatinização do amido. A intensidade deste tipo de tratamento é que vai ditar a extensão da gelatinização. A temperatura chega a 90,0 e 95,0°C, e o tempo médio de permanência é de 15 a 20 minutos. A umidade média do grão fica entre 17,0 e 20,0%. Em seguida estes grãos caem por gravidade nos rolos compressores, localizados abaixo do condicionador, que são responsáveis pela laminação. A espessura do grão laminado é de aproximadamente 1,5 a 2,4mm. Posteriormente, os grãos já laminados e parcialmente gelatinizados são encaminhados ao secador. Neste tipo de processamento, o amido dos grãos sofre modificação tanto na estrutura química (gelatinização) quanto na estrutura física (laminação). Em função do maior tamanho das partículas do grão laminado a vapor, há maior quantidade de amido gelatinizado que chega ao intestino delgado.

Floculação - os grãos também ficam no condicionador abastecido por uma linha de vapor. Entretanto, comparativamente com o processo de laminação a vapor, o tempo de permanência no condicionador é maior (30 a 40 minutos), bem como a temperatura utilizada (90 a 105°C) e a umidade dos grãos (20,0 e 24,0%). Em seguida, os grãos caem por gravidade nos rolos compressores. Além dos rolos laminadores, os grãos passam por um segundo par de rolos, ajustados de forma a comprimirem ainda mais

os grãos, realizando a floculação e deixando-os com espessura próxima de 0,9 a 1,1mm. Na sequência, os grãos floculados passam pelo secador. Os estudos com a floculação do milho para alimentação de vacas leiteiras, realizados principalmente nos Estados Unidos, têm evidenciado o aumento da degradabilidade ruminal do amido e a melhora no desempenho de vacas leiteiras.

Pipoca - o aumento da temperatura do grão leva à expansão da umidade interna e, conseqüentemente, à explosão, causando o rompimento do pericarpo. É considerada uma forma de processamento intensa e aumenta a degradabilidade ruminal do amido (Imaizumi, 2005).

6. EFEITOS DO LOCAL DE DIGESTÃO DO AMIDO NA PRODUÇÃO E NO METABOLISMO DE VACAS LEITEIRAS

A possibilidade de alterar o local de digestão do amido do milho com o processamento pode ter implicações na produção, reprodução e saúde de vacas leiteiras. Reynolds (2006), em artigo de revisão, mencionou que a produção média de sólidos do leite de vacas vem aumentando linearmente nos últimos 50 anos, o que faz com que seja cada vez mais desafiante atender as exigências de animais de alto potencial genético, sem afetar a saúde e a reprodução. A suplementação com amido é uma opção muito utilizada para aumentar a densidade da dieta na tentativa de atender a demanda de carbono e glicose exigida por vacas de alta produção. Reynolds (2006) afirmou que, há tempos, acredita-se que o aumento da digestão do amido no intestino delgado e da absorção de glicose seja benéfico em termos de eficiência energética e na resposta em produção, mas os dados que sustentam estes dogmas são equivocados. Inúmeros trabalhos com aumento de amido sobrepassante e de infusão de glicose têm possibilitado aumentos na produção de leite e redução na gordura do leite, mas com pouco efeito no balanço energético, principalmente em vacas no início da lactação.

Na conclusão de sua revisão, Reynolds (2006) afirmou que parece existir capacidade considerável de digestão do amido no intestino delgado de vacas leiteiras. Porém, o aumento da digestão de amido no intestino delgado aumenta o aporte de glicose, mas a expensas da síntese de proteína microbiana no rúmen, com aumento da fermentação no intestino grosso, e da perda de proteína microbiana nas fezes. O autor afirma ainda que a mudança no local de digestão do amido tem implicações na absorção de nutrientes pela veia porta, mas o suprimento de glicose aumenta com o incremento de digestão no rúmen ou intestino, mudando apenas a rota de aquisição desta glicose (figado por meio da gliconeogênese ou absorção direta). O aumento de aporte de glicose via absorção intestinal é acompanhado pela maior utilização da glicose arterial pelos tecidos drenados pela veia porta, como os depósitos de gorduras mesentéricas e omentais. Assim, o suprimento extra de glicose (via absorção intestinal) é utilizado eficientemente no tecido adiposo e na retenção proteica, afetando muito pouco a produção de energia através do leite e alterando o *status* de insulina, podendo ainda ter impactos positivos na saúde e na eficiência reprodutiva, principalmente em vacas no início da lactação.

Os avanços dos estudos sobre local de digestão do amido vêm possibilitando a indicação de diferentes formas de processamento ou genótipos de milho que possibilitem a alteração do local de digestão do amido, visando à máxima produção, à saúde dos animais e à eficiência reprodutiva.

7. COPRODUTOS DO PROCESSAMENTO DO MILHO

São dois processos que dão origem aos coprodutos do milho: a moagem seca e a úmida. No Brasil, a principal indústria moageira de milho é do tipo "moagem seca", enquanto, na Europa e nos Estados Unidos, é utilizada a "moagem úmida" (Paes, 2006).

A maioria dos coprodutos é gerada pelo processamento por via úmida. Ao se iniciar o processo de industrialização propriamente dito, os grãos sofrem limpeza e são, então, colocados em uma série de tanques com solução de água sulfitada. Esse procedimento, que dura de 24 a 48 horas, tem por finalidade desintegrar a proteína aderente ao amido no interior do grão, amolecendo-o e facilitando a moagem. O liquor, removido a partir do processo, sofre evaporação, e a umidade resultante é de aproximadamente 55%, constituindo, assim, um subproduto que pode ser utilizado na alimentação animal.

Após a maceração, o amido é degerminado por meio de moagem grosseira, produzindo um material em forma de polpa, que contém gérmen, película, amido e glúten. Essa massa passa, então, por separador, que isola o gérmen do resto do material. Do gérmen, extrai-se o óleo, por processos hidráulicos e solventes e, após a secagem do resíduo, este é comercializado como farelo de gérmen.

Em seguida à separação do gérmen, o material remanescente, contendo amido, película e glúten, passa por uma série de peneiras, a fim de se separar as várias frações fibrosas do amido. As frações fibrosas são secadas e comercializadas como subprodutos para as indústrias de rações.

A seguir, são descritos os principais coprodutos do milho passíveis de serem utilizados na alimentação de rebanhos leiteiros:

Casca do grão de milho - constitui subproduto do beneficiamento para obtenção do óleo e do amido. Dependendo da umidade, pode apresentar desenvolvimento de fungos. Portanto, faz-se necessária sua secagem rápida ou a sua ensilagem. Geralmente a maior parte desse resíduo é utilizada na produção do farelo proteinoso de milho.

Farelo de milho - é obtido da moagem a seco da mistura do gérmen (com ou sem a remoção do óleo), tegumentos e parte da porção amilácea da semente. A composição química assemelha-se à do fubá, porém é resultante da extração do amido. Pode ser encontrado com ou sem óleo. Apresenta um pouco mais de proteína que o grão integral, mas contém mais fibra (Andrigueto et al., 1990).

Farelo de gérmen de milho - é obtido no processamento por via úmida, após separação do gérmen em moinhos de disco. Este subproduto do grão de milho consiste basicamente do gérmen, que contém cerca de 11,0% de PB e 5,0 a 6,0% de óleo (Velloso, 1984).

Farinha desengordurada do gérmen - na primeira moagem dos grãos ("via úmida"), logo após sua infusão em água e a retirada desta, faz-se a separação do gérmen, que contém cerca de 11,0% de PB e 5,0 a 6,0% de óleo. Extraído o óleo, sobra um resíduo que recebe a denominação de farinha desengordurada de gérmen, que contém 20,0% de PB e 1,0% de óleo (Velloso, 1984). Este produto pode ser comercializado isoladamente ou junto com as cascas, películas e glúten para formar a farinha de glúten e o farelo de glúten.

Farelo proteínoso de milho - esse produto está disponível no Brasil com o nome de Refinazil, produzido pelas Refinações de Milho Brasil, e de Promil, produzido pela Cargill. É constituído pela parte externa do grão de milho, remanescente, após a extração da maior parte do amido, do glúten e do gérmen. Pode ser utilizado como fonte alternativa de energia e/ou proteína para ruminantes, substituindo, parcialmente e em níveis variáveis, a forragem e concentrados proteicos e energéticos (Vieira, 1991). Em relação ao nível energético, o Refinazil pode ser considerado um fornecedor de energia em dietas para bovinos em substituição parcial da fonte energética. O teor de NDT é de 83,0%, o que lhe confere alto teor energético. Vieira (1991) citou resultados de produção de leite semelhantes para vacas leiteiras que receberam o Refinazil em substituição parcial da silagem de milho e do concentrado, embora tenha havido aumento da ingestão de MS e tenha reduzido o teor de gordura do leite.

Farelo e farinha de glúten (corn gluten meal) - a diferença entre o farelo e a farinha é que o primeiro contém 40,0% de proteína, e a segunda 60,0%. No Brasil, encontra-se comercialmente a farinha, que recebe o nome comercial de Protenose, produzida pelas Refinações de Milho Brasil, e a Glutenose 60, produzida pela Cargill. Da quantidade de milho que entra para ser processado, 5,5% são transformados em farinha de glúten (Henrique e Bose, 1995). A farinha de glúten de milho consiste, principalmente, de glúten de milho separado pelo processo da moagem úmida, na extração do amido. Possui proteína com alto teor de metionina. É um subproduto muito utilizado para bovinos, podendo substituir totalmente as frações proteicas da dieta (Vieira, 1991). Para vacas de alta produção, a farinha de glúten tem como desvantagem a baixa qualidade da fração proteica (é deficiente em lisina), necessitando de complementação com outras fontes. Tanto a farinha como o farelo de glúten são boas fontes de proteína não degradável no rúmen (Henrique e Bose, 1995).

Canjica de milho - subproduto da industrialização do milho por via seca, é constituído de gérmen e de tegumentos que são removidos juntos com partículas amiláceas. Possui valor nutritivo inferior ao do milho, boa palatabilidade e apresenta 11,0% de proteína bruta e 70,0% de nutrientes digestíveis totais (Vieira, 1991).

Liquor - é o subproduto resultante do processo de água sulfitada, possuindo aproximadamente 6,0% de sólidos, dos quais 35,0 a 40,0% consistem de proteínas. Após a secagem, esse produto tem a umidade reduzida para 55,0%, tornando-se uma substância condensada de alto teor proteico, a qual pode ser utilizada na alimentação de bovinos. Tem sido utilizado como suplemento líquido, visando fornecer proteína de fácil degradabilidade para bovinos, em proporções de até 50,0% da dieta e, também, como aditivo em rações peletizadas de aves, suínos e bovinos (Vieira, 1991).

Coprodutos da produção do etanol a partir do milho - a produção de etanol a partir do grão de milho é a principal estratégia de geração de biocombustível nos Estados Unidos. O crescimento da indústria de etanol naquele país vem sendo um estímulo econômico para a agricultura e propicia a geração de enormes quantidades de coprodutos do milho, disponíveis para a alimentação animal. O domínio da tecnologia de utilização destes coprodutos é fundamental para a sustentabilidade da produção de energia de fontes renováveis, já que um terço do grão processado para este propósito é transformado em coproduto. O grande volume de dados publicados recentemente nas principais revistas científicas norte-americanas ilustra o esforço dos pesquisadores em estabelecer a melhor forma de utilização destes. A utilização na alimentação de rebanhos leiteiros vem sendo sugerida como alternativa viável. No ano de 2007, até a edição de abril do *Journal of Dairy Science*, já foram publicados 91 artigos relacionados de alguma forma à utilização de coprodutos do milho oriundos da produção de etanol (*Corn Distillers Grains*).

No processo de produção do etanol, o milho limpo é fermentado, produzindo etanol e dióxido de carbono. Dois coprodutos são gerados: um sólido, chamado de grãos úmidos de destilaria (*wet distillers grains*), constituído por porções não fermentadas do grão, e o segundo, que compreende substâncias que se acumulam na superfície, composto por água, leveduras, pequenas partículas e nutrientes solúveis (chamado de solúveis). Os grãos úmidos de destilaria podem ser desidratados e comercializados como grãos secos de destilaria (*dry corn distillers grains*). No processo de desidratação, podem ainda ser acrescidos os solúveis, dando origem ao grão seco de destilaria com solúveis.

Os coprodutos da destilaria representam mais que uma fonte de nitrogênio (25,0% de proteína bruta), a fibra fermentável presente nestes coprodutos, por ser mais lentamente degradável que o amido, contribui para a redução da chance de desenvolvimento de acidose ruminal (Klopfenstein, 2001). Os grãos de destilaria apresentam, em média, 30,0% de FDN e 13,0% de extrato etéreo.

Comparando-se o coproduto de destilaria úmido com o desidratado, são poucas as diferenças na composição bromatológica, mas os dados de Firkins et al. (1985) indicaram maiores quantidades de proteína não degradável no rúmen para o coproduto desidratado comparado com o coproduto úmido. Al-Suwaiegh et al. (2002) não encontraram diferenças na produção, composição do leite, digestibilidade da fibra e eficiência na produção de leite de vacas alimentadas com inclusão de 15,0% da ingestão de matéria seca de coprodutos desidratados ou úmidos. A decisão em utilizar

o resíduo desidratado ou úmido deve ser baseada no custo-benefício, pois a umidade pode inviabilizar o transporte do resíduo úmido por longas distâncias e também dificultar o armazenamento, porém a compra do resíduo úmido pode ser mais vantajosa se a distância entre a usina e a fazenda for pequena.

Um dos problemas da utilização dos coprodutos de destilaria é a falta de padronização na composição nutricional destes. Knott et al. (2004) demonstraram que os teores de proteína bruta podem variar de 25,0 a 35,0%, os de extrato etéreo de 10,0 a 12,0%, e os de fósforo de 0,8 a 1,0%. Assim, a avaliação da composição bromatológica deve ser rotina para quem pretende utilizar estes coprodutos em dietas de rebanhos leiteiros.

A indicação dos níveis de inclusão de grãos de destilaria depende da composição e do preço, mas geralmente esses níveis se encontram entre 15,0 e 20,0% da ração (base na matéria seca). Pesquisas têm demonstrado aumento no consumo de matéria seca com adição de grãos de destilaria (Powers et al., 1995), o que não foi observado no trabalho de Leonardi et al. (2005). Carvalho et al. (2006) notaram que a utilização de grãos desidratados de destilaria reduziu a produção de proteína do leite devido ao desbalanceamento de aminoácidos (principalmente lisina).

Como os grãos de destilaria apresentam aproximadamente 13,0% de extrato etéreo, níveis elevados podem interferir na síntese de gordura do leite, e este é um dos fatores de limitação de inclusão destes em dietas de vacas leiteiras. Leonardi et al. (2005) não encontraram efeito da adição de grãos de destilaria até níveis de 15,0% em dietas de vacas leiteiras e concluíram que este alimento é uma boa fonte de energia quando as dietas têm 28,0% de FDN e menos de 5,0% de ácidos graxos. Cuidados especiais devem ser tomados nos níveis de lisina, FDN, fibra efetiva e gordura quando os coprodutos da destilaria são incluídos na dieta de vacas leiteiras.

8. SILAGEM DE MILHO PARA GADO DE LEITE: CARACTERÍSTICAS QUE INFLUENCIAM O VALOR NUTRITIVO DA SILAGEM

Os objetivos do melhoramento do milho (*Zea mays* L.) foram, por muito tempo, limitados por critérios agrônômicos, como a produção de grãos por hectare, resistências a doenças, a pragas e aos estresses climáticos (Michalet-Doreau e Doreau, 1999). Porém, a utilização do milho na forma de silagem da planta inteira é crescente no mundo todo, o que demanda a seleção de genótipos de milho especificamente para a produção de silagem de alta qualidade nutritiva.

Algumas companhias de melhoramento genético do milho testaram seus híbridos graníferos quanto à aptidão para a produção de silagem antes de iniciar a seleção de genótipos específicos para a produção de silagem (Aseltine, 1988). Porém, os híbridos graníferos podem apresentar características agrônômicas indesejáveis para a produção de silagem, como o endurecimento precoce dos grãos e o conteúdo elevado dos constituintes da parede celular, comprometendo o valor nutricional da silagem.

Atualmente, há no mercado mundial alguns genótipos de milho desenvolvidos especificamente para a produção de silagem. Estes híbridos podem apresentar como atributos especiais o aumento na digestibilidade da fibra, o maior número de folhas acima da linha da espiga, características bioquímicas e físicas do grão mais adequadas para maximizar o aproveitamento do amido ou apresentar maior teor de óleo no grão.

8.1. Conteúdo de grãos e qualidade da silagem

O conteúdo de grãos na silagem pode ser estimado por duas formas: a) direta, por meio da separação e da pesagem dos grãos de uma amostra significativa de plantas de milho antes da ensilagem e b) indireta, por meio do estudo da relação espiga:planta inteira, ambos na base da matéria seca. Em um estudo de caracterização agrônômica de vários genótipos de milho para a produção de silagem, os conteúdos de grãos na planta inteira variaram de 24,0 a 45,0%, na matéria seca (Phipps e Weller, 1979). Moreira (2000), trabalhando com genótipos de milho, relatou que os conteúdos de grãos variaram de 45,7 a 55,62%, na matéria seca. Costa (2000) encontrou resultados em que as relações espiga:planta inteira de 12 genótipos de milho modernos comercializados no mercado brasileiro variaram de 39,17 a 48,45%, na matéria seca.

A influência do conteúdo de grãos sobre a composição química das silagens foi reportada por Phipps e Weller (1979). As silagens com alto conteúdo de grãos (50,0% de grãos na matéria seca) contiveram menos fibra em detergente ácido (FDA), celulose, lignina e mais amido que as silagens com baixo conteúdo de grãos (26,0% de grãos na matéria seca). Moreira (2000) observou redução nos teores de FDN e de FDA e um aumento no teor de amido com o aumento da proporção de grãos nas silagens.

A qualidade das silagens de milho é frequentemente associada à proporção de grãos na planta inteira. Porém, o maior conteúdo de grãos e de amido e o menor de constituintes da parede celular não influenciaram a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica e a ingestão de matéria seca da silagem de milho (Hemken et al., 1971; Phipps e Weller, 1979). Russel et al. (1992) mostraram que a diferença na relação espiga:parte vegetativa de genótipos de milho diferentes (0,66 a 1,29, na base da matéria seca) não influenciou a digestibilidade *in vitro* da planta fresca ou ensilada.

A relação entre conteúdo de grãos nas silagens e produção de leite é controversa. No estudo de Phipps e Weller (1979), as vacas produziram mais leite e com menor teor de gordura quando alimentadas com silagem com alto conteúdo de grãos. Hemken et al. (1971) mostraram pequena ou nenhuma vantagem das silagens de alto teor de grãos sobre o desempenho de vacas de leite.

Em virtude da falta de significância do teor de grãos sobre o desempenho das vacas, Hemken et al. (1971) recomendaram o plantio de variedades de milho com base na produção de matéria seca/ha e não pelo conteúdo de grãos. Tais recomendações devem ser interpretadas com cuidado porque estes autores trabalharam com vacas de

média produção (16kg/dia). Portanto, é muito provável que estas vacas tenham encontrado suas exigências de energia para a produção de leite mesmo quando alimentadas com silagens de baixo conteúdo de grãos. Na literatura, é citado que fatores como a maturidade da planta de milho (Irlbeck et al., 1993), a textura do grão (endosperma duro ou farináceo) (Philippeau et al., 1998), a digestibilidade da fibra (Oba e Allen, 1999), o tamanho de partícula e o processamento da silagem (Bal et al., 2000) podem influenciar mais a qualidade nutricional da silagem que o teor de grãos em si.

8.2. Digestibilidade da fibra e qualidade da silagem

Como discutido previamente, o conteúdo de grãos não é um fator decisivo sobre a qualidade da silagem de milho, embora, frequentemente, os híbridos com alta produção de grãos sejam recomendados como os mais adequados para a produção de silagem (Buxton et al., 1996). Irlbeck et al. (1993) mostraram que a parte vegetativa da planta (planta inteira menos a espiga) representou a metade da matéria seca total da planta. Desta forma, a digestibilidade da parte vegetativa tem uma grande influência sobre a qualidade nutricional da silagem.

Os híbridos de milho que contêm menor concentração de lignina apresentam maior digestibilidade *in vitro* da matéria seca (Oba e Allen, 1999) e maiores degradabilidades da matéria seca e da FDN no rúmen (Bal et al., 2000) que os híbridos normais. Portanto, eles devem melhorar o consumo de matéria seca da forragem e o desempenho de vacas de leite. Contudo, existe um limite prático na redução do teor de lignina e dos componentes da parede celular nos híbridos de milho, de forma que características agrônomicas como as resistências ao acamamento e às doenças não sejam intensificadas nos genótipos de baixa lignina (Buxton et al., 1996).

Os melhoristas genéticos de plantas desenvolveram genótipos mutantes de milho com a introdução dos genes BM (*Brown Midrib* ou genes da nervura marrom) no genoma do milho. É bem conhecido que esta mutação determina uma sensível diminuição nos teores de lignina na planta. Dos quatro genes BM testados (BM-1, BM-2, BM-3 e BM-4), o BM-3 foi o que permitiu a maior diminuição no teor de lignina na planta e, por isto, tem sido o mais usado como modelo para o estudo da lignina sobre a digestibilidade da fibra do milho (Michallet-Doreau e Doreau, 1999). A mutação da nervura marrom BM-3 determinou a redução de 50% nos teores de lignina na planta de milho (Cone e Engels, 1993), mas reduções menores têm sido reportadas (Keith et al., 1979; Oba e Allen, 1999). Tovar-Gómez et al. (1997) encontraram resultados em que as hastes de híbridos de milho BM-3 apresentaram menores conteúdos de todos os constituintes da parede celular (celulose, hemicelulose e lignina) e não só de lignina, em relação aos híbridos normais. A diminuição nos constituintes da parede celular foi acompanhada do aumento no conteúdo de carboidratos rapidamente fermentáveis, o que explicou a maior digestibilidade *in vitro* da matéria seca das hastes do híbrido BM-3.

Muitos estudos comprovam as vantagens nutricionais dos híbridos BM-3 em relação aos seus isogênicos (híbridos geneticamente idênticos, porém sem a mutação BM-3)

para vacas de leite (Keith et al., 1979; Block et al., 1981; Oba e Allen, 1999; Moreira, 2000).

Keith et al. (1979) verificaram que o teor de lignina do híbrido BM-3 foi 24,0% menor em relação ao seu isogênico. A ingestão de matéria seca por vacas no terço médio da lactação (g/unidade de tamanho metabólico) não foi influenciada pelo genótipo, mas a produção de leite e de leite corrigido para gordura foi maior para o BM-3. O melhor desempenho das vacas foi atribuído ao aumento da digestibilidade da parede celular no rúmen para o híbrido BM-3.

Apesar das características nutricionais favoráveis, os genótipos mutantes BM-3 não são utilizados em larga escala para a produção de silagem porque apresentam importantes limitações agrônomicas, como a maior susceptibilidade à doenças e ao acamamento e menor produção de matéria seca/ha, em relação aos genótipos normais (Gallais et al., 1980). Além disto, o custo da semente é muito elevado.

8.3. A composição bioquímica do amido do grão e a qualidade da silagem

O teor de amido e a proporção amilose:amilopectina variam entre os diferentes genótipos de milho. Philippeau e Michalet-Doreau (1997) encontraram valores entre 61,0 e 68,6% de amido nos grãos de milho de endosperma macio (*dent*) e entre 58,6 e 67,9% para os grãos de endosperma duro (*flint*). Philippeau et al. (1998) encontraram teores de amido que variaram de 64,3 a 74,4% para grãos de milho com o endosperma macio e com o endosperma duro, respectivamente. Porém, o genótipo (*flint* ou *dent*) não influenciou o teor de amido do grão em outro estudo (Philippeau et al., 1999).

Os híbridos comuns contêm em torno de 25,0% de amilose e 75,0% de amilopectina no grão. Entretanto, existem variedades que possuem a composição do amido bastante diversificada. O amido de genótipos cerosos (*waxy*) é formado integralmente por amilopectina, enquanto o amido dos genótipos de alta amilose (*amylose-extender*) é formado por quantidades iguais de amilose e amilopectina (Michalet-Doreau e Doreau, 1999). Philippeau et al. (1998) encontraram resultados em que os teores de amilose variaram com o genótipo, obtendo 5,1, 27,0 e 48,0% para os híbridos ceroso, normal e o de alta amilose, respectivamente.

As informações sobre a influência da composição bioquímica do amido do grão sobre o desempenho de vacas de leite são escassas. Um único estudo disponível foi conduzido por Moreira (2000) com vacas leiteiras de alta produção. Este comparou desempenho de vacas alimentadas com silagens produzidas por híbridos de milho de endosperma ceroso em relação à silagem produzida por um híbrido comum. A silagem do híbrido ceroso resultou em maior produção de leite em relação à silagem comum. Contudo, outros parâmetros de desempenho avaliados neste estudo, como quantidade de leite corrigida para 3,5% de gordura, eficiência alimentar, produção de leite corrigida para o teor de sólidos e produção dos constituintes do leite, foram semelhantes entre as silagens.

8.4. A textura dos grãos e a qualidade da silagem

A textura do grão apresenta grande influência sobre a degradabilidade do amido no rúmen. Philippeau et al. (1998) compararam a degradabilidade dos grãos de milho de três genótipos vítreos e de três farináceos. Os resultados mostraram que as degradabilidades e as taxas de degradação dos grãos farináceos foram mais altas que as dos grãos duros (71,0 e 58,0%; 11,8 e 5,8%/h, respectivamente). As discrepâncias na extensão e na taxa da degradação se deveram à maior fração do amido rapidamente degradável nos grãos farináceos em relação aos grãos vítreos.

As diferenças na extensão e na taxa de degradação do amido dos grãos de diferentes texturas também são relacionadas com a composição e a localização das principais proteínas do milho, as α, β, δ -zeínas e as glutelinas verdadeiras. As α, β, δ -zeínas formam os corpos de estocagem de proteína no grão para o embrião, enquanto as glutelinas formam a matriz proteica que envolve os grânulos de amido. No estudo de Philippeau et al. (1998), a fração rapidamente degradada do amido foi associada positivamente com as α, β, δ -zeínas, enquanto a fração lentamente degradada do amido o foi com as glutelinas verdadeiras, evidenciando a influência da matriz proteica na redução da degradabilidade do amido do grão no rúmen.

8.5. O conteúdo de óleo dos grãos e a qualidade da silagem

Apesar de possuírem valores mais elevados de extrato etéreo no grão e na silagem em relação aos genótipos de milho comuns, os genótipos de alto óleo somente determinam ligeiro aumento no teor de extrato etéreo nas dietas totais típicas (Elliott et al., 1993), o que, possivelmente, não compromete a degradabilidade da fibra no rúmen. LaCount et al. (1995) forneceram quatro dietas experimentais para 45 vacas de leite de alta produção a partir da quarta semana de lactação. As dietas foram arranjadas em esquema fatorial 2x2 (dois tipos de silagens: uma comum e outra feita com um híbrido de alto teor de óleo no grão; dois tipos de grãos no concentrado: um comum e outro de alto teor de óleo). A dieta continha silagem pré-secada de alfafa, silagem de milho e concentrado nas proporções de 25:25:50, em que o milho grão moído correspondeu a 54,0% do concentrado, na matéria seca. Os teores de extrato etéreo variaram de 2,27 a 3,33% na matéria seca total, para as dietas constituídas por milho grão mais silagem comuns e para aquela dieta constituída de milho grão e silagem de alto óleo, respectivamente.

O experimento acima demonstrou pequenas diferenças na ingestão de matéria seca e na produção de leite e de seus constituintes para a dieta contendo milho de alto óleo, provavelmente porque o pequeno incremento no teor energético na dieta foi insuficiente para suportar níveis mais elevados de produção de leite e de seus constituintes. O pequeno incremento no extrato etéreo nas dietas também explicou a ausência de efeitos negativos sobre a digestibilidade da FDN, a despeito do elevado grau de insaturação dos ácidos graxos do milho.

Estudos recentes corroboram os resultados obtidos por LaCount et al. (1995), em que a silagem de milho de alto óleo não melhorou o desempenho de vacas de alta produção (Moreira, 2000). No estudo de Atwell et al. (1988), foi verificado que as vacas consumiram em média 12% mais milho de alto óleo (grãos e silagem) que o milho comum. A digestibilidade da matéria seca foi adversamente afetada pelo aumento do teor de óleo, mas a produção de leite e dos componentes não foi afetada. Porém, as vacas alimentadas com milho de alto óleo recuperaram o escore da condição corporal mais rapidamente que as vacas alimentadas com milho comum, indicando que o óleo aumentou efetivamente a densidade energética da dieta.

8.6. A proporção de folhas em relação à planta inteira e à qualidade da silagem

Os híbridos de milho folhosos são comercializados no mercado como híbridos específicos para a produção de silagem da planta inteira. Estes são caracterizados pelo maior número de folhas acima da linha da espiga e pelos teores de umidade mais elevados nos grãos e na planta inteira em relação aos híbridos comuns (Bal et al., 2000) no estágio de maturidade.

Em um estudo de caracterização agrônômica de vários híbridos de milho, Phipps e Weller (1979) reportaram que a proporção de folhas variou de 11,0 a 42,0% da matéria seca da planta inteira. Verbic et al. (1995) mostraram que a proporção de folhas na matéria seca da planta inteira variou de 13,41 a 19,29% para os híbridos granífero e folhoso, respectivamente. Outros autores reportaram menor proporção de folhas para híbridos de milho folhosos, em torno de 13,0% da matéria seca da planta inteira (Moreira, 2000; Kuehn et al., 1999).

As folhas são caracterizadas pelos teores mais elevados de proteína bruta, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e pelo teor mais baixo de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) em relação à planta inteira do milho (Kuehn et al., 1999). Phipps e Weller (1979) reportaram que as folhas apresentaram teores mais elevados de FDA e teores variados de lignina em relação à planta inteira. Verbic et al. (1995) mostraram que a taxa e a extensão de degradação das folhas foram superiores às das hastes (5,3 e 3,9%/h e 69,3 e 54,9%, respectivamente), durante 48h de incubação *in situ* no rúmen. A taxa de degradação das folhas foi semelhante à dos grãos (5,3 e 5,7%/h), porém a extensão de degradação das folhas foi muito inferior (69,3 e 94,7%) devido aos conteúdos mais elevados de carboidratos estruturais e baixos em amido em comparação com os grãos.

Embora as folhas dos híbridos folhosos tenham apresentado teores semelhantes de proteína bruta, de FDN e de FDA em relação às folhas dos híbridos graníferos, elas tiveram teores mais elevados de digestibilidade *in vitro* da matéria seca e da FDN. Apesar da pequena participação das folhas na matéria seca da planta inteira (13,0%), a silagem produzida com híbrido folhoso apresentou teores de DIVMS e da FDN de 2,5 e 3,5% superiores em relação à silagem feita com o híbrido granífero (Kuehn et al., 1999). Neste experimento, os teores mais elevados de DIVMS e da FDN da silagem feita com o híbrido folhoso, entretanto, não influenciaram o consumo de matéria seca,

de matéria orgânica, de FDN e de FDA e nem a produção de leite ou de seus componentes em relação à silagem feita com o híbrido granífero.

Bal et al. (2000) compararam a composição química e as degradabilidades da matéria seca, da FDN e do amido das silagens produzidas por híbridos folhoso e granífero. A silagem produzida pelo híbrido folhoso apresentou 3,5 pontos percentuais a menos no teor de matéria seca em relação ao híbrido granífero (32,4 e 35,9%, respectivamente). As concentrações de FDN, de FDA e de amido foram semelhantes entre híbridos (46,0 e 45,1; 27,8 e 27,4; 27,9 e 28,6%, para os híbridos folhoso e granífero, respectivamente). As extensões de degradação da FDN e da FDA foram semelhantes entre híbridos (57,8 e 29,8%, na média dos dois híbridos) e mais elevadas para o amido do híbrido folhoso em relação ao híbrido granífero (84,7 e 75,6%, respectivamente). Os autores sugeriram que a maior degradação do amido do híbrido folhoso foi relacionada à menor dureza do grão deste em relação à do híbrido granífero.

Moreira (2000) não encontrou diferenças quanto à ingestão de matéria seca, eficiência alimentar, produção de leite e de seus constituintes por vacas alimentadas com híbridos folhosos, de alto óleo, de endosperma ceroso em relação à silagem do híbrido granífero controle. Neste experimento, as vacas alimentadas com o híbrido mutante BM-3 apresentaram os melhores desempenhos produtivos.

É emergente o lançamento de híbridos com qualidades nutricionais superiores visando à alimentação animal. O enfoque dos programas de melhoramento tem contemplado, além do avanço nos parâmetros agrônômicos, a melhoria da qualidade nutricional ou a combinação destes fatores. Um exemplo recente são os híbridos *Nutridense* e *LeafyNutridense* (Benefield et al., 2006). São materiais com maior percentual de gérmen no grão, conseqüentemente, com maior conteúdo de óleo (1,0% a mais), proteína (1,0 a 2,0% a mais) e aminoácidos (lisina, metionina, cisteína, treonina e triptofano) do que os híbridos convencionais. O híbrido *LeafyNutridense*, além de possuir estes atributos, apresenta maiores quantidades de folhas, com o intuito de aumentar a concentração e a digestibilidade dos nutrientes supridos a vacas leiteiras por meio da silagem.

Benefield et al. (2006) compararam estes dois híbridos com um convencional, na forma de silagem e grão para vacas leiteiras com produção média de 36kg/dia. As concentrações de proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e extrato etéreo do grão e silagem da planta inteira foram maiores para os híbridos *Nutridense*, quando comparados com o híbrido convencional. As vacas alimentadas com estes híbridos apresentaram maior consumo e digestibilidade total do extrato etéreo; os demais parâmetros avaliados não foram afetados e sugerem que as diferenças encontradas não foram suficientes para influenciar o desempenho das vacas.

9. SILAGEM DE MILHO ÚMIDO PARA BOVINOS LEITEIROS

A prática da ensilagem de grãos úmidos de milho foi introduzida no Brasil no início da década de 80, no Paraná (Kramer e Voorsluys, 1991). Essa tecnologia pode contribuir para solucionar problemas de armazenagem de grãos, quando normalmente ocorrem perdas qualitativas e quantitativas, em função do ataque de insetos, de microrganismos e de roedores. A colheita do milho para ensilar proporciona antecipação na retirada da cultura da lavoura com grandes benefícios num esquema de rotação de culturas, além de reduzir significativamente as perdas no campo (Jobim e Reis, 2001).

Estudos com silagem de grãos úmidos de milho têm constatado que há aumento na digestibilidade da matéria orgânica, principalmente devido ao aumento na digestão do amido. A maior digestibilidade do amido dos grãos ensilados deve-se à fragilização da matriz proteica dos grânulos de amido (Demarquilly e Andrieu, 1996).

Wu et al. (2001) compararam o milho quebrado a seco (74,7% do concentrado) e a silagem de grão úmido (74,7% do concentrado) para vacas leiteiras a pasto no final da lactação (22kg/dia de média de produção durante o período experimental). A produção de leite das vacas alimentadas com a silagem de grão úmido foi de 2,4kg/dia a mais que as alimentadas com milho quebrado a seco. A gordura do leite foi menor (3,3 x 3,7%), e a proteína maior (3,3 a 3,2%) para as vacas alimentadas com silagem de grão úmido. Os autores concluíram que, devido à maior fermentabilidade e digestibilidade do amido, a silagem de grão úmido foi superior ao milho seco como suplemento para vacas a pasto. Knowlton et al. (1998) e San Emeterio et al. (2000) também obtiveram resultados que evidenciaram o maior aproveitamento do amido do milho na forma de silagem de grão úmido quando comparado com o milho seco moído, porém não encontraram diferenças significativas na produção de leite de vacas de leite estabelecidas.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O milho e coprodutos são fontes alimentares amplamente estudadas e utilizadas para bovinos leiteiros. A evolução nos conhecimentos em nutrição animal, metabolismo de ruminantes, e da estrutura bioquímica e física do milho e coprodutos assim como o progresso genético da cultura do milho vêm permitindo que a utilização desta fonte alimentar seja otimizada na exploração dos rebanhos leiteiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AI-SUWAIEGH, S.; FANNING, K.C.; GRANT, R.J. et al. Utilization of distillers grains from the fermentation of sorghum or corn in diets for finishing beef and lactating dairy cattle. *J. Anim. Sci.*, v.80, p.1105-1111, 2002.

ANDRIGUETO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I. et al. *Nutrição animal*. 4.ed. São Paulo, SP: Nobel, 1990. v.1.

ASELTINE, M.S. Corn silage quality can vary depending on hybrid planted. *Feedstuffs*, v.60, p.13-15, 1988.

ASP, N.G.; VAN AMELSVOORT, J.M.M.; HAUTVAST, J.G.A.J. Nutrition implications of resistant starch. *Nutr. Res. Rev.*, v.9, p.1-31, 1996.

ATWELL, D.G.; JASTER, E.H.; MOORE, K.J. et al. Evaluation of high oil corn and corn silage for lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v.71, p.2689-2698, 1988.

BAL, M.A.; SHAVER, R.D.; SHINNERS, K.J. et al. Stage of maturity, processing, and hybrid effects on ruminal *in situ* disappearance of whole-plant corn silage. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.86, p.83-94, 2000.

BALL, S.G.; VAN DE WAL, M.H.B.J.; VISSER, G.F. Progress in understanding the biosynthesis of amylose. *Trends Plant Sci.*, v.3, p.462-467, 1998.

BENEFIELD, B.C.; LIÑEIRO, M.; IPHARRAGUERRE, I.R. et al. NutriDense corn grain and corn silage for dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.89, p.1571-1579, 2006.

BLOCK, E.; MULLER, L.D.; GRIEL Jr, L.C. et al. Brown midrib-3 corn silage and heat extruded soybeans for early lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.64, p.1813-1825, 1981.

BULÉON, A.; GALLANT, D.J.; BOUCHET, B. et al. Starch from A to C. *Plant Physiol.*, v.115, p.949-957, 1997.

BUXTON, D.; REDFEARM, D.; JUNG, H. et al. Improving forage quality-related characteristics of corn. In: 1996 INFORMATIONAL CONFERENCE WITH DAIRY AND FORAGE INDUSTRIES, Madison, WI. *Proceedings...* Madison, WI: US Dairy Forage Research, 1996. p.23-28.

CAGAMPANG, G.B.; KIRLEIS, A.W. Relationship of sorghum grain hardness to selected physical and chemical measurements of grain quality. *Cereal Chem.*, v.61, p.100-105, 1984.

CARVALHO, L.P.F.; CABRITA, A.R.J.; DEWHURST, R.J. et al. Evaluation of palm kernel meal and corn distillers grains in corn silage-based diets for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.89, p.2705-2715, 2006.

CHANDRASHEKAR, A.; MAZHAR, H. The biochemical basis and implications of grain strength in sorghum and maize. *J. Cereal Sci.*, v.30, p.193-207, 1999.

CHESSON, A.; FORSBERG, C.W. Polysaccharide degradation by rumen microorganisms. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. (Ed.). *The rumen microbial ecosystem*, 2.ed. London: Blackie Academic and Professional, 1997. p.329-381.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira 2008/2009. Brasília: Ministério da Agricultura, 2009. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acessado em: 17 abr. 2009.

COMPÊNDIO brasileiro de alimentação animal. São Paulo, SP: SINDIRAÇÕES, ANFAR, CBNA, SDRIMA, 1998.

CONE, J.W., ENGELS, F.M. The influence of ageing on cell wall composition and degradability of three maize genotypes. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.40, p.331-342, 1993.

COSTA, R.S. *Características agronômicas, composição química e qualidade da silagem de doze cultivares de milho – safra 97/98*. 2000. 35f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária Belo Horizonte, MG.

DEMARQUILLY, C.; ANDRIEU, J. Quelques rappels sur les mesures effectuées pour connaître la valeur nutritive des ensilages de maïs. In: COLLOQUE MAÏS ENSILAGE, 1996, Nantes, France. Nantes: Association Générale des Producteurs de Maïs, 1996. p.23-33.

DICKERSON, G.W. Specialty corns. Disponível em: http://www.cahe.nmsu.edu/pubs/_h/h-232.pdf. Acessado em: 20 mar. 2007.

DOMBRINK-KURTZMAN, M.A.; BIETZ, J.A. Zein composition in hard and soft endosperm of maize. *Cereal Chem.*, v.70, p.105-108, 1993.

ELLIOT, J.P.; DRACKLEY, J.K.; SCHAUFF, D.J. et al. Diets containing high-oil corn and tallow for dairy cows during early lactation. *J.Dairy Sci.*, v.76, p.775-789, 1993.

FIRKINS, J.L.; BERGER, L.L.; FAHEY JUNIOR, G.C. Evaluation of wet and dry distillers grains and wet and dry corn gluten feeds for ruminants. *J. Anim. Sci.*, v.60, p.847-860, 1985.

FRENCH, D. Chemical and physical properties of starch. *J. Anim. Sci.*, v.37, p.1048-1061, 1973.

GALLAIS, A.; HUGUET, L.; BERTHET, H. et al. Preliminary evaluation of brown midrib hybrids for their feeding and agronomic value in France. In: POLLMER, W.G.; PHIPPS, R.H. (Ed.). *Improvement of quality traits of maize for grain and silage use*. Bruxelles: Martinus Nijhoff Publ., 1980. p.319-339.

HALL, M.B. Making nutritional sense of nonstructural carbohydrates. In: ANNUAL FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 9., 1998, Gainesville, FL. *Proceedings...* Gainesville, FL: Florida University Press, 1998. p.108-121.

HEMKEN, R.W.; CLARK, N.A.; GOERING, H.K. et al. Nutritive value of corn silage as influenced by grain content. *J. Dairy Sci.*, v.54, p.383-389, 1971.

HENRIQUE, W.; BOSE, M.L.V. Milho e Sorgo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 6., 1995, Piracicaba, SP. *Anais...* Piracicaba, SP: FEALQ, 1995. p.229-258.

HOOVER, R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. *Carbohydr. Polym.*, v.45, p.253-267, 2001.

HOSENEY, R.C.; DAVIS, A.B.; HARBERS, L.H. Pericarp and endosperm structure of sorghum grain shown by scanning electron microscopy. *Cereal Chem.*, v.51, p.553-558, 1974.

IMAIZUMI, H. *Suplementação proteica, uso de subprodutos agroindustriais e processamento de milho em dietas para vacas leiteiras em confinamento*. 2005. 182p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

IRLBECK, N.A.; RUSSELL, J.R.; HALLAUER, A.R. et al. Nutritive value and ensiling characteristics of maize stover as influenced by hybrid maturity and generation, plant density and harvest date. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.41, p.51-64, 1993.

JOBIM, C.C.; REIS, R.A. Produção e utilização de silagem de grãos de milho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba, SP. *Anais...* Piracicaba: SBZ, 2001. CD-ROM.

KEITH, E.A.; COLENBRANDER, V.F.; LECHTENBERG, V.L. et al. Nutritional value of brown midrib corn silage for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.62, p.789-792, 1979.

KLOPFENSTEIN, T.J. Distillers grains for beef cattle. In: NATIONAL CORN GROWERS ASSOCIATION ETHANOL CO-PRODUCTS WORKSHOP, DDGS: Issues to Opportunities, 2001, Lincoln, NE. 2001. *Proceedings...* Lincoln, NE: NCGA, 2001. p.1-9.

KNOTT, J.; SHURSON, J.; GOIL, J. Effects of the nutrient variability of distillers solubles and grains within ethanol plants and the amount of distillers soluble blended with distillers grains on fat, protein, phosphorus content of DDGS. Disponível em: <http://www.ddgs.umn.edu/research-quality.html>. Acessado em: 1 nov. 2004.

KNOWTON, K.F.; GIENN, B.P.; ERDAMAN, R.A. Performance, ruminal fermentation, and site of starch digestion in early lactation cows fed corn grain harvested and processed differently. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.1972-1984, 1998.

KRAMER, J.; VOORSLUYS, J.L. Silagem de milho úmido, uma opção para gado leiteiro. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba, SP. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1991. p.257-261.

KUEHN, C.S.; LINN, J.G.; JOHNSON, D.G. et al. Effect of feeding silages from corn hybrids selected for leafiness or grain to lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v.82, p.2746-2755, 1999.

LaCOUNT, D.W.; DRACKLEY, J.K.; CICELA, T.M. et al. High oil corn as silage or grain for dairy cows during an entire lactation. *J. Dairy Sci.*, v.78, p.1745-1754, 1995.

LEONARDI, C.; BERTICS, S.; AEMENTANO, L.E. Effect of increasing oil from distillers grains or corn oil on lactation performance. *J. Dairy Sci.*, v.88, p.2820-2827, 2005.

LIMA, G.J.M.M. Milho e subprodutos na alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2001, Campinas, SP. *Anais...* Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2001. p.13-32.

LOPES, M.A.; LARKINS, B.A. Endosperm origin, development, and function. *Plant Cell*, v.5, p.1383-1933, 1993.

MALCOLM, K.J.; KIESLING, H.E. Dry matter disappearance and gelatinization of grains as influenced by processing and conditioning. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.40, p.321-330, 1993.

MELLO JÚNIOR, C.A. Processamento dos grãos de milho e sorgo visando ao aumento do valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba, SP. *Anais...* Piracicaba, SP: FEALQ, 1991. p.263-283.

MICHALET-DOREAU, B.; DOREU, M. Maize genotype and ruminant nutrition. *Sci. Alim.*, v.19, p.349-365, 1999.

MOE, P.W.; TYREL, H.F.; HOOVEN Jr, N.W. Physical form and energy value of corn grain. *J. Dairy Sci.*, v.56, p.1298-1304, 1973.

MOLINA, S.M.G.; GAZIOLA, S.A.; LEA, P.J. et al. Manipulação de cereais para acúmulo de lisina em sementes. *Scient. Agric.*, v.58, p.205-211, 2001.

MOREIRA, V.R. *Utilização de silagem de milho para vacas leiteiras de alta produção*. 2000. 89f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

NATIONAL CORN GROWERS ASSOCIATION. Disponível em: <http://www.ncga.com>. Acessado em: 20 mar. 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. rev. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.

OBA, M.; ALLEN, M.S. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on dry matter intake and productivity of high yielding dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.82, p.135-142, 1999.

OWENS, F.N.; SECRIST, D.S.; HILL, W.J. et al. Acidosis in cattle: a review. *J. Anim. Sci.*, v.76, p.275-286, 1998.

PAES, M.C.D. *Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho*. Sete Lagoas, MG: EMBRAPA/CNPMS, 2006. p.1-6, (Circular Técnica, 75).

PHILIPPEAU, C.; LANDRY, J.; MICHALET-DOUREAU, B. Influence of the biochemical and physical characteristics of the maize grain on ruminal starch degradation. *J. Agric. Food Chem.*, v.46, p.4287-4291, 1998.

PHILIPPEAU, C.; MICHALET-DOUREAU, B. Influence of genotype and stage of maturity of maize on rate of ruminal starch degradation. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.68, p.25-35, 1997.

PHILIPPEAU, C.; MONREDON, F.D.; MICHALET-DOUREAU, B. Relationship between ruminal starch degradation and the physical characteristics of corn grain. *J. Anim. Sci.*, v.77, p.238-243, 1999.

PHIPPS, R.H.; WELLER, R.F. The development of plant components and their effects on the composition of fresh and ensiled forage maize. 1. The accumulation of dry matter, chemical composition and nutritive value of fresh maize. *J. Agric. Sci.*, v.92, p.471-483, 1979.

POWERS, W.J.; VAN HORN, H.H.; HARRIS JUNIOR, B. et al. Effects of variable sources of distillers dried grains plus solubles on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.*, v.78, p.388-396, 1995.

PRATT, R.C.; PAULIS, J.W.; MILLER, K. et al. Association of zein classes with maize kernel hardness. *Cereal Chem.*, v.72, p.162-167, 1995.

REIS, R.B., SAN EMETERIO, F., COMBS, D. K., SATTER, L. D., COSTA, H. N. Effects of corn particle size and source on performance of lactating cows fed direct-cut grass-legume forage. *J. Dairy Sci.*, v.84, p.429-441, 2001.

REYNOLDS, C.K. Production and metabolic effects of site of starch digestion in dairy cattle. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, v.130, p.78-94, 2006.

ROONEY, L.W.; PFLUGFELDER, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *J. Anim. Sci.*, v.63, p.1607-1623, 1986.

RUSSEL, J.R., IRLBECK, N.A., HALLAUER, A.R. et al. Nutritive value and ensiling characteristics of maize herbage as influenced by agronomic factors. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.38, p.11-24, 1992.

SAN EMETERIO, F.; REIS, R.B.; CAMPOS, W.E. et al. Effect of coarse or fine grinding on utilization of dry or ensiled corn by lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.83, p.2839-2848, 2000.

SULLINS, R.D.; ROONEY, L.W. Light and scanning electron microscopy studies of waxy and nonwaxy endosperm sorghum varieties. *Cereal Chem.*, v.52, p.361-366, 1975.

SULLINS, R.D.; ROONEY, L.W. Microscopy evaluation of the digestibility of sorghum lines that differ in endosperm characteristics. *Cereal Chem.*, v.51, p.134-142, 1974.

SWINKELS, J.J.M. Sources of starch, its chemical and physics. In: VAN BEYNUM, G.M.A.; ROLES, J.A. (Ed.). *Starch conversion technology*. New York: Marcel Dekker, 1985. p.15-46.

TESTER, R.F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch-composition, fine structure and architecture. *J. Cereal Sci.*, v.39, p.151-165, 2004.

TOVAR-GÓMEZ, M.R.; EMILE, J.C.; MICHALET-DOREAU, B. et al. *In situ* degradation kinetics of maize hybrid stalks. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.68, p.77-88, 1997.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. *Corn-local marketing years, thousand metric tons*. Washington, DC: USDA, 2007. Disponível em: <http://www.usda.gov>. Acesso em: 9 fev. 2007.

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA Jr, V.R. et al. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 329p.

VELLOSO, L. Subprodutos de origem do beneficiamento de cereais. *Inf. Agropec.*, v.10, n.119, p.15-21, 1984.

VERBIC, J.; STEKAR, J.M.A.; RESNIK-CEPON, M. Rumen degradation characteristics and fibre composition of various morphological parts of different maize hybrids and possible consequences for breeding. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.54, p.133-148, 1995.

VIEIRA, P.F. Resíduos do processamento industrial de grãos de milho e sorgo para alimentação de bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba, SP. *Anais...* Pitacicaba, SP: FEALQ, 1991. p.285-302.

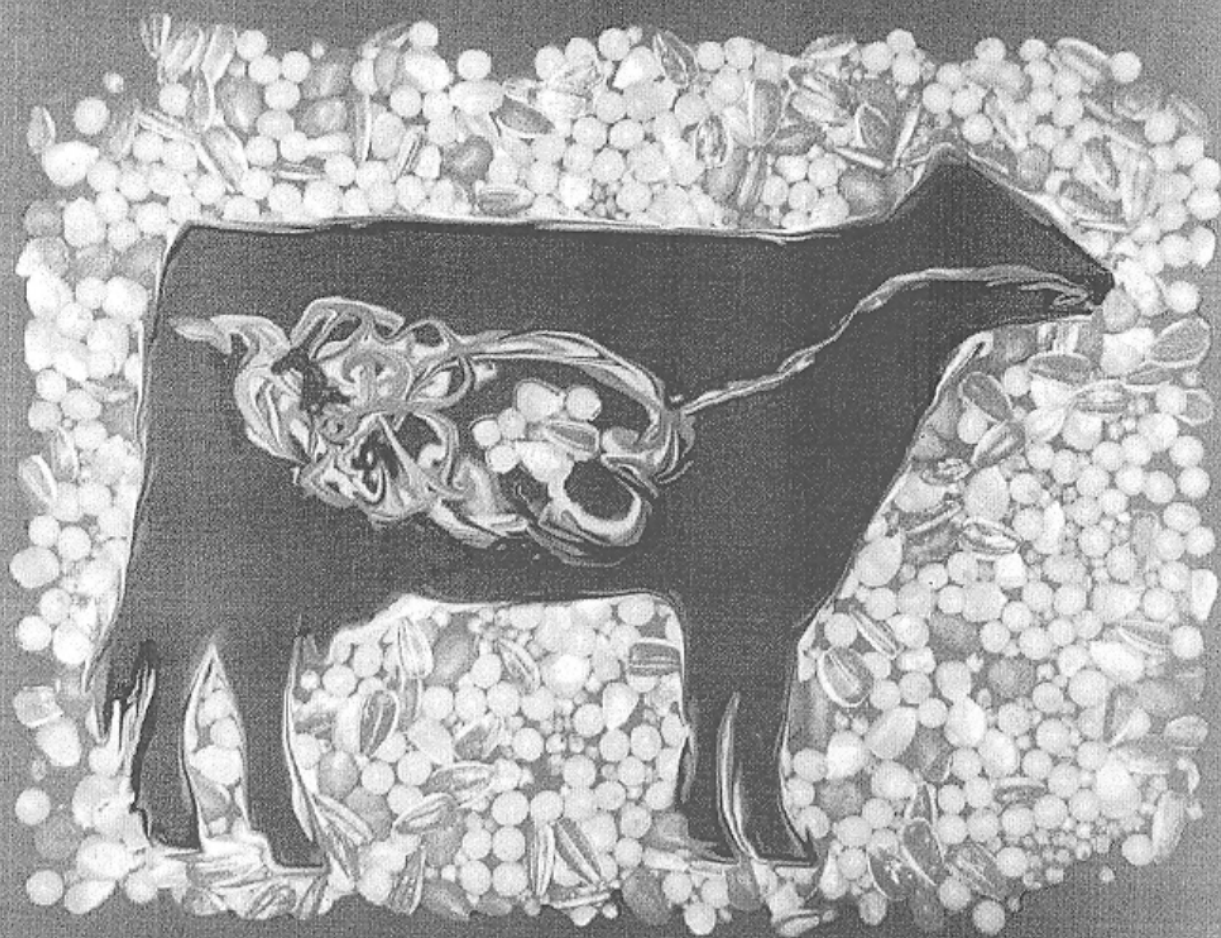
WANG, T.L.; BOGRACHEVA, T.Y.; HENDLEY, C.L. Starch: as simple as A, B, C? *J. Exp. Bot.*, v.49, p.481-502, 1998.

WEBER, E.J. Variation in corn (*Zea mays* L.) for fatty acid compositions of triglycerides and phospholipids. *Biochem. Genet.*, v.21, p.1-13, 1983.

WU, Z.; MASSINGILL, R.P.; SATTER, L.D. Cracked Dry or Finely Ground High Moisture Shelled Corn as a Supplement for Grazing Cows. *J. Dairy Sci.*, v.84, p.2227-2230, 2001.

ZEOULA, L.M.; CALDAS NETO, S.F. Recentes avanços em amido na nutrição de vacas leiteiras. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOCULTURA LEITEIRA: NOVOS CONCEITOS EM NUTRIÇÃO, 2., 2001, Lavras, MG. *Anais...* Lavras: UFLA, 2001. p.249-284.

Alimentos para Gado de Leite



Editores:
Lúcio Carlos Gonçalves
Iran Borges
Pedro Dias Sales Ferreira

Lúcio Carlos Gonçalves
Iran Borges
Pedro Dias Sales Ferreira

ALIMENTOS PARA GADO DE LEITE

FEPMVZ-Editora
Belo Horizonte
2009

A414 Alimentos para gado de leite / Editores: Lúcio Carlos Gonçalves, Iran Borges,
Pedro Dias Sales Ferreira. – Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009.
568 p. : il.

Inclui bibliografia
ISBN 978-85-87144-36-2

1. Bovino de leite – Alimentação e rações. 2. Bovino de leite - Nutrição.
3. Nutrição animal. I. Gonçalves, Lúcio Carlos. II. Borges, Iran. III. Ferreira,
Pedro Dias Sales.

CDD – 636.214 085 2