



**SILAGEM DE MILHO OU CANA-DE-
AÇÚCAR E O EFEITO DA TEXTURA DO
GRÃO DE MILHO NO DESEMPENHO DE
VACAS HOLANDESAS**

CLÓVIS EDUARDO SIDNEI CORRÊA

2001

08552

20

52820

112210220

CLÓVIS EDUARDO SIDNEI CORRÊA

**SILAGEM DE MILHO OU CANA-DE-AÇÚCAR E O EFEITO DA
TEXTURA DO GRÃO DE MILHO NO DESEMPENHO DE VACAS
HOLANDESAS**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Ruminantes, para a obtenção do título de "Doutor".

Orientador
Marcos Neves Pereira

BIBLIOTECA CENTRAL - UFLA



52820

BIBLIOTECA CENTRAL
UFLA

N.º CLAS. T. 636.025.52

COR

N.º REGISTRO 52820

DATA 04/03/02

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2001

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

Corrêa, Clovis Eduardo Sidnei

Silagem de milho ou cana-de-açúcar e o efeito da textura do grão de milho no desempenho de vacas holandesas / Clovis Eduardo Sidnei Corrêa. -- Lavras : UFLA, 2001.

102 p. : il.

Orientador: Marcos Neves Pereira.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Cana-de-açúcar. 2. Vitreosidade. 3. Silagem. 4. Textura. 5. Gado leiteiro. 6. Degradabilidade ruminal. 7. Milho. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-636.08552

-636.2142

CLÓVIS EDUARDO SIDNEI CORRÊA

**SILAGEM DE MILHO OU CANA-DE-AÇÚCAR E O EFEITO DA
TEXTURA DO GRÃO DE MILHO NO DESEMPENHO DE VACAS
HOLANDESAS**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Ruminantes, para a obtenção do título de “Doutor”.


Aprovada em 26 de Setembro de 2001

Prof. Antônio Ricardo Evangelista – DZO/UFLA

Prof. José Camisão de Souza – DZO/UFLA

Prof. Renzo Garcia Von Pinho – DAG/UFLA

Prof. Sandra Gesteira Coelho – DZO/UFMG


Prof. Marcos Neves Pereira
(Orientador)

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

À Flavinha, minha amada companheira;
a meus pais e meus irmãos.

DEDICO

A meu filho Eduardo, que está chegando.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Deus, por tudo.

Ao Professor Marcos Neves Pereira, pelos enormes ensinamentos, pelo exemplo de seriedade e retidão e principalmente, pela amizade.

Ao Professor Randy Shaver, pela oportunidade de viver uma grande experiência.

À minha esposa Flávia, pelo amor, companheirismo e compreensão e pela enorme ajuda.

À meus pais, por terem vencido o desafio de nos preparar para viver com dignidade e seriedade.

Aos meus irmãos, Luciana, Di e Fabio por serem fonte permanente de apoio e amor.

Aos professores Antônio Ricardo Evangelista, José Camisão de Souza e Renzo Garcia Von Pinho, pelas valiosas sugestões.

À Professora Sandra Gesteira Coelho, por ter sido sempre amiga e companheira, pelo exemplo profissional e humano e pelas valiosas sugestões.

Aos estudantes do grupo do leite, especialmente Simone de Oliveira, Megume Ota e Marcelo Hentz Ramos pelo valioso auxílio na condução dos experimentos e análises laboratoriais.

À Fazenda Cauaia, especialmente ao Sr. José Nicolau Hein por ter concedido a silagem de milho utilizada no experimento, demonstrando mais uma vez, seu desprendimento e espírito científico.

À Fazenda Campo Redondo, especialmente ao Sr. Gilberto Vilela de Oliveira, por ter concedido o milho para o experimento e principalmente pela grande amizade.

Aos amigos Robson Vilela Sá Fortes e Euler Rabelo, pela amizade e apoio.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Zootecnia pela oportunidade de realização deste curso.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo no primeiro semestre do curso e pelo financiamento do programa no exterior.

À D'Vita rações por financiar o concentrado utilizado no experimento.

BIOGRAFIA

Clóvis Eduardo Sidnei Corrêa, filho de Clóvis Corrêa da Silva e Vera Sidnei Corrêa, nasceu em Lavras – MG, em 31 de março de 1972.

Graduou-se em medicina veterinária pela Universidade Federal de Minas Gerais em dezembro de 1994. Concluiu o mestrado em nutrição de ruminantes pelo departamento de zootecnia da Universidade Federal de Minas Gerais em dezembro de 1996.

Desde 1995 atua como consultor técnico de propriedades leiteiras do estado de Minas Gerais, sendo integrante da equipe da Sul de Minas veterinária desde 1997.

Em fevereiro de 1997, iniciou o curso de doutorado em zootecnia na Universidade Federal de Lavras. No segundo semestre do ano 2000 conduziu um experimento na University of Wisconsin – EUA, como parte do programa de doutorado. Defendeu tese em 26 de setembro de 2001.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
CAPÍTULO I	1
1 INTRODUÇÃO	2
2 REVISÃO DA LITERATURA	4
2.1 Características do grão de milho	4
2.2 Endosperma vítreo X Endosperma farináceo	7
2.3 Efeito da vitreosidade sobre a degradabilidade ruminal do amido	10
2.4 Proporção entre amilose e amilopectina	15
2.5 Local de digestão do amido e sua utilização pelos ruminantes	16
2.6 Valor nutricional do milho brasileiro	23
2.7 O uso de silagem de milho como forrageira exclusiva para vacas em lactação	25
2.8 Cana-de-açúcar como forrageira para vacas em lactação	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
CAPÍTULO II - DESEMPENHO DE VACAS HOLANDESAS ALIMENTADAS COM CANA-DE-AÇÚCAR E COM SILAGEM DE MILHO COM GRÃOS DE TEXTURA DURA OU MACIA	45
RESUMO	46
ABSTRACT	47
1 INTRODUÇÃO	48
2 MATERIAL E MÉTODOS	51
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4 CONCLUSÕES	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

CAPÍTULO III - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE GRÃOS DE MILHO BRASILEIROS E NORTE AMERICANOS E DEGRADAÇÃO RUMINAL DA MATÉRIA SECA E DO AMIDO	69
RESUMO	70
ABSTRACT	72
1 INTRODUÇÃO	74
2 MATERIAL E MÉTODOS	75
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	80
4 CONCLUSÕES	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
ANEXOS	89

RESUMO

CORRÊA, Clóvis Eduardo Sidnei. Desempenho de vacas holandesas consumindo silagem de milho ou cana-de-açúcar e o efeito da textura do milho sobre a digestibilidade ruminal do amido. Lavras: UFLA, 2001. 102p. (Tese – Doutorado em Zootecnia)¹.

Os cultivares de milho utilizados no Brasil têm endosperma predominantemente duro, de alta vitreosidade, enquanto que em outros países, como os Estados Unidos, existe predominância de híbridos dentados, de endosperma macio. Híbridos dentados têm maior digestibilidade ruminal do amido e menor taxa de queda na digestibilidade com o avançar da maturidade que híbridos duros. No primeiro experimento foi testada a hipótese de que a utilização de cultivares macios pode ampliar o período de ensilagem do milho. Um híbrido de textura dura (P3041) foi ensilado no estádio de maturação metade da linha do leite (MD) e um híbrido dentado (AG4051) foi ensilado no estádio de linha negra (MM). Um terceiro tratamento testou a viabilidade da cana-de-açúcar (CA) como forrageira para vacas leiteiras de alta produção. Nove vacas Holandesas em lactação foram alocadas a seqüências dos três tratamentos em três quadrados latinos 3x3 com períodos de 21 dias. As dietas experimentais continham 200 g de FDN oriundo das forragens por kg de matéria seca. Não houve diferença detectável estatisticamente entre híbridos de milho na produção (34,2 vs 34,6 kg/d) e composição do leite, no consumo de matéria seca (23,0 vs 23,2 kg/d) e na digestibilidade aparente de nutrientes no trato digestivo total ($P>0,37$ para o contraste MM vs MD). A cana-de-açúcar deprimiu o consumo (21,5 kg/d) e a produção de leite (31,9 kg/d) ($P<0,05$ para o contraste CA vs MM+MD). A menor digestibilidade da FDN da cana comparada à das silagens (23,1 vs 42,1%, $P<0,001$) foi compensada pela maior digestibilidade da matéria orgânica não-fibrosa (79,8 vs 74,8%, $P=0,02$), igualando a digestibilidade da matéria orgânica (63,9 vs 65,5%, $P=0,52$). A atividade mastigatória e o pH ruminal não foram diferentes entre tratamentos ($P>0,13$). No segundo experimento a textura e a degradabilidade ruminal de grãos de híbridos de milho brasileiros foi comparada à de híbridos norte-americanos. Quatorze híbridos norte-americanos foram cultivados no campo experimental da Universidade do Wisconsin-Madison e colhidos nos estádios de maturação de metade da linha do leite (ML), linha negra (LN) e 21 dias após a linha negra (maduro, MD). Cinco híbridos brasileiros, cultivados no sul do estado de Minas Gerais, foram colhidos

¹ Comitê Orientador: Marcos Neves Pereira - UFLA (orientador); Renzo Garcia Von Pinho - UFLA; José Camisão de Souza - UFLA.

no estágio MD. O endosperma vítreo como porcentagem do endosperma total (Vitreosidade) e a densidade (g/cm^3) dos grãos foram avaliadas em todas as amostras. Nos híbridos norte-americanos a vitreosidade aumentou linearmente com o avançar da idade da planta ($P < 0,001$ para o efeito linear de estágio de maturação). A correlação entre a vitreosidade e a densidade dos grãos foi 0,87. A vitreosidade dos cinco híbridos brasileiros foi 73,1% e a densidade foi $1,292 \text{ g/cm}^3$, maior que a dos 14 híbridos norte-americanos no estágio MD, 48,2% e $1,201 \text{ g/cm}^3$ ($P < 0,001$ para o efeito de país). Posteriormente três híbridos norte-americanos e três brasileiros, todos no estágio MD de maturidade, foram sub-amostrados para representar os extremos de vitreosidade de cada país. Estes híbridos foram degradados *in situ* em três vacas em lactação com fístulas no rúmen. A taxa fracional de degradação do amido dos híbridos brasileiros foi 2,7 vezes menor que a dos híbridos norte americanos ($P < 0,001$). A disponibilidade ruminal do amido dos híbridos norte americanos foi 77,4% e a dos brasileiros foi 48,5% ($P < 0,001$). Amostras, por estágio de maturação, do híbrido norte-americano de maior e do de menor vitreosidade também foram degradadas *in situ*. A degradabilidade ruminal caiu com o avançar da maturidade ($P < 0,001$ para o efeito linear de estágio de maturação). A correlação entre a vitreosidade e a degradabilidade ruminal do amido, utilizando dados de todas as amostras nas quais foi avaliada a degradabilidade *in situ*, foi 0,75. A cana parece ser uma alternativa para alimentar grupos de vacas Holandesas produzindo até 32 kg de leite por dia. A utilização de milho dentado parece ser uma maneira de ampliar o período de ensilagem do milho sem reduzir o desempenho animal. Grãos de milho brasileiro tiveram textura mais dura e menor degradabilidade do amido no rúmen que grãos norte-americanos. A vitreosidade parece ser um parâmetro útil para a seleção de híbridos de milho com alta degradabilidade ruminal do amido.

ABSTRACT

CORRÊA, Clóvis Eduardo Sidnei. **Performance of holstein cows consuming corn silage or sugar-cane and the effect of the corn texture on the ruminal starch digestibility.** Lavras:UFLA, 2001. 102p. (Thesis - Doctor in Animal Science)¹.

Brazilian corn hybrids have primarily hard type endosperm of high vitreousness, while in other countries, as in the United States, dent type hybrids of soft endosperm prevails. Dent corn has greater ruminal starch digestibility and smaller rate of decay in digestibility with advancing maturity than hard hybrids. In the first experiment it was tested the hypothesis that the use of soft cultivars may enlarge the ensilage period of corn. A hard texture hybrid (P3041) was ensiled at the half milk line stage of growth (MD) and a dent hybrid (AG4051) at the black layer stage (MM). A third treatment tested the viability of sugarcane (CA) as a forage for high producing dairy cows. Nine lactating Holstein cows were allocated to a sequences of the three treatments in three 3x3 Latin squares with 21-day periods. The experimental diets contained 200 g of forage NDF per kg of dry matter. There was no detectable difference between corn hybrids in production (34.2 vs 34.6 kg/d) and composition of milk, dry matter intake (23.0 vs 23.2 kg/d) and total tract apparent digestibility of nutrients ($P>0.37$ for the contrast MM vs MD). Sugarcane decreased intake (21.5 kg/d) and milk production (31.9 kg/d) ($P<0.05$ for the contrast CA vs MM+MD). The lower sugarcane NDF digestibility compared with corn silage NDF (23.1 vs 42.1%, $P<0.001$) was offset by the higher nonfiber carbohydrate digestibility (79.8 vs 74.8%, $P=0.02$), equalizing the organic matter digestibility (63.9 vs 65.5%, $P=0.52$). Chewing activity and rumen pH were not different between treatments ($P>0.13$). In the second experiment, grain texture and ruminal degradability of Brazilian corn hybrids were compared to those of North American hybrids. Fourteen North American hybrids were cultivated in the experimental fields of the University of Wisconsin-Madison and harvested at the half milk line stage (ML), black layer (LN) and 21 days after black layer (mature, MD). Five Brazilian hybrids, cultivated in the south of Minas Gerais State, were harvested at the MD stage. The vitreous endosperm as a percentage of the total endosperm (Vitreousness) and the density (g/cm^3) of the grains were evaluated in all samples. In North American hybrids the vitreousness increased linearly with advancing plant age ($P<0.001$ for the linear effect of maturity stage). The

¹ Guidance committee: Marcos Neves Pereira - UFLA (Adviser); Renzo Garcia Von Pinho - UFLA; José Camisão de Souza - UFLA.

correlation between grain vitreousness and density was 0.87. The vitreousness of the five Brazilian hybrids was 73.1% and density was 1.292 g/cm³, greater than the vitreousness and density of the 14 North American hybrids at the MD stage, 48.2% and 1.201 g/cm³ ($P < 0.001$ for the country effect). Subsequently, three North American and three Brazilian hybrids at the MD stage of maturity were sub-sampled to represent extremes of vitreousness for each country. These hybrids were degraded *in situ* in three lactating cows fitted with rumen cannulae. The fractional rate of starch degradation of the Brazilian hybrids was 2.7 times smaller than the rate of the North American hybrids ($P < 0.001$). Ruminal starch availability of North American hybrids was 77.4% and for Brazilian hybrids it was 48.5% ($P < 0.001$). Samples by stage of maturity of the most and the least vitreous North American hybrids were also degraded *in situ*. Ruminal degradation decreased with advancing maturity ($P < 0.001$ for the linear effect of stage of maturity). Correlation between vitreousness and ruminal starch degradation using all *in situ* degradability data was 0.75. Sugarcane may be an alternative to feed groups of Holsteins producing up to 32 kg of milk per day. The use of dent corn seems to be a way to enlarge the ensilaging period of corn without reducing animal performance. Brazilian corn grains had harder texture and smaller ruminal starch degradation than North American grains. Vitreousness seems to be an useful parameter for the selection of corn hybrids with high ruminal starch degradability.

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

A alimentação é o item de maior peso no custo total de produção de um litro de leite, sendo o custo dos alimentos concentrados o mais representativo, podendo chegar a 40% do total. Apesar da forrageira ter menor participação no custo de produção, que os concentrados, a qualidade da forragem pode ter impacto significativo sobre o custo de produção por determinar a necessidade de alimentos concentrados por litro de leite produzido. Plantas com baixo conteúdo de carboidratos fibrosos de degradação lenta no rúmen e alta proporção de carboidratos-não-fibrosos, como o amido e a sacarose, podem minimizar a necessidade de alimentos concentrados por unidade de produção, devido ao seu alto valor energético. O milho, o sorgo e cana são exemplos de forrageiras que conciliam a alta capacidade de produção por área com o alto valor energético.

Nas propriedades brasileiras que trabalham com animais especializados em produção de leite, a silagem de milho tem sido a forrageira prevalente. Características como a alta produção de matéria seca por área, possibilidade de baixo custo por unidade de matéria seca, facilidade de colheita e de ensilagem e alto valor energético justificam a preferência do produtor de leite pela silagem de milho. Em dietas baseadas em silagem de milho, milho grão e farelo de soja, comum em nossas granjas leiteiras, o amido do milho representa cerca de 90% do total de carboidratos-não-fibrosos da dieta. Nestes casos, a planta de milho é responsável por mais de 60% da matéria seca dietética e por mais de 70% da energia consumida. Poucos países têm a qualidade do grão de milho como fator tão determinante do consumo de energia e do desempenho de vacas em lactação como o Brasil. Uma particularidade das dietas brasileiras é a prevalente utilização do milho como forrageira única. Em outras partes do planeta, outras forrageiras são normalmente associadas à silagem de milho, quando da mistura

dos ingredientes dietéticos (Weiss & Wyatt, 2000). Existem poucos estudos sobre o desempenho de vacas leiteiras de alta produção em dietas, onde a silagem de milho é a única forrageira dietética.

Na região produtora de milho dos Estados Unidos, o milho cultivado é quase em sua totalidade de grãos dentados, de textura macia (Coors, 1994), enquanto que o milho cultivado no Brasil é predominantemente de textura dura. Existem evidências de que quanto maior a dureza do grão de milho, menor a degradabilidade ruminal do amido (Philippeau & Michalet-Doureau, 1997; Philippeau et al, 1999a). Considerando a grande participação da pesquisa norte-americana para o conhecimento da nutrição animal e a importância do milho na alimentação de vacas leiteiras no Brasil, torna-se importante compreender as possíveis interações entre a vitreosidade do grão de milho brasileiro e o desempenho animal.

A cana-de-açúcar é uma opção forrageira para a produção de leite (Preston & Leng, 1980). A alta capacidade da cana de acumular sacarose por hectare vem sendo utilizada pela indústria do açúcar e do álcool, garantindo o alto nível tecnológico desta cultura no Brasil. A tecnologia da cana com uréia tem sido recomendada para produtores trabalhando com bovinos leiteiros de baixa produção (Oliveira, 1985), na sua maioria, pouco adeptos a inovações tecnológicas. A produção de leite com cana talvez seja mais eficientemente obtida, se envolver também a adoção de alta tecnologia na produção animal e animais de alto potencial produtivo. No entanto, não existem diretrizes científicas para a utilização da cana-de-açúcar em dietas de vacas leiteiras de alto desempenho.

O objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho de vacas leiteiras de alta produção, alimentadas com silagens de milho duro ou macio ou cana-de-açúcar como forrageiras únicas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Características do grão de milho

A planta de milho divide-se em sistema radicular, colmo, folhas, inflorescência masculina e inflorescência feminina ou espiga, onde se localizam os grãos (Fornasieri Filho,1992). Os grãos são a parte de maior importância, por serem na maioria das vezes a fração a ser colhida para uso na alimentação humana ou animal. Mesmo no caso de colheita para silagem, os grãos representam até 50% da MS colhida e são a fração mais digestível, podendo representar 63% da MS digestível colhida (Weaver et al, 1978).

O grão de milho é composto por endosperma, embrião e pericarpo. A camada externa ou pericarpo é derivada da parede do ovário e representa aproximadamente 5% do peso do grão, sendo pobre em amido e proteína e rico em fibra. O embrião ou germe representa 11% do peso do grão e está posicionado em uma depressão da superfície superior do endosperma, perto da base do grão. O germe é rico em lipídeos e proteína e pobre em amido. O endosperma, que representa mais de 80% do grão, é triplóide por se originar da fusão de dois núcleos femininos e um masculino. Com exceção de sua(s) camada(s) mais externas, formadas por uma ou raramente duas camadas de células da aleurona, é constituído principalmente de amido (Fornasieri Filho,1992).

O endosperma do grão de milho é composto por 86% de amido e 10 % de proteína. A fração protéica é composta principalmente por um grupo de proteínas solúveis em álcool, chamadas zeínas. As zeínas são sintetizadas por corpos membranáceos dos polirribossomos e transportadas no lume do retículo endoplasmático, passando a fazer parte de corpos protéicos. Aproximadamente 80% da proteína do grão está no endosperma (Lending & Larkins, 1989).

A camada mais externa do endosperma é chamada aleurona, e em seguida vem o endosperma periférico (camada sub-aleurona). Mais internamente encontra-se o endosperma vítreo e o mais interno, o endosperma farináceo (Kotarski et al, 1991). Considerando a importância do endosperma sobre o valor econômico e nutricional da planta de milho, é comum classificar-se a planta de milho em função das características desse componente do grão. No endosperma do milho e do sorgo, geralmente a região vítrea e a região farinácea possuem micro estrutura diferente. A proporção de endosperma vítreo e farináceo é o principal fator de definição da textura do grão (Shull et al, 1990).

Os grãos de milho são classificados quanto à textura em: Amiláceo ou farináceo (“floury”); dentado (“dent”); duro ou cristalino (“flint”); pipoca (“pop corn”); doce (“sweet”) e ceroso (“waxy”). O grão do tipo farináceo é constituído por amido muito mole e poroso, de densidade baixa e geralmente, com aspecto opaco. Trata-se de um caráter monogênico, controlado por um destes genes: fl₁, fl₂ (“floury endosperm”), O₂ e O₇ (“opaque endosperm”). Esses genes promovem aumento no teor de lisina na proteína do milho. O aumento em lisina no milho contendo esses genes, deve-se à redução de fração protéica solúvel em álcool (zeína), que pertence ao grupo das prolaminas, e consequente aumento nas frações albumina, globulina e glutelina (Fornasieri Filho, 1992).

O milho dentado possui endosperma duro nos lados e farináceo, no centro do grão. Ao secar, o amido mole reduz o seu volume mais do que as camadas duras e assim se origina a indentação, pelo enrugamento do endosperma livre de camadas córneas neste local. O milho duro (“flint”) apresenta um endosperma duro ou cristalino que ocupa quase todo o seu volume, sendo a proporção farinácea muito reduzida. O milho pipoca apresenta as camadas externas do endosperma extremamente duras. No centro do grão, encontram-se espaços cheios de ar entre os grãos de amido. O milho do tipo doce apresenta endosperma com conversão reduzida de açúcar em amido, conferindo ao milho

propriedades desejáveis ao enlatamento e consumo verde “in natura”. No milho ceroso o amido está presente inteiramente na forma de amilopectina. O caráter ceroso é monogênico controlado pelo gene wx. Ele é assim chamado por colorir-se com iodo, não de azul-preto como o amido, mas sim de vermelho, apresentando os grãos uma opacidade semelhante à cera (Fornasieri Filho, 1992).

Existem cerca de 250 “raças” de milho descritas, que podem ser divididas em alguns complexos raciais. Os dentados mexicanos são os de maior importância, pois disseminaram-se para o sudeste dos Estados Unidos. Os seus descendentes, os milhos dentados do sul, ao cruzarem com os milhos duros do norte deste país, deram origem aos milhos dentados que predominam no cinturão do milho norte americano. Outras raças também muito disseminadas são os Catetos, com grãos duros, amarelo-alaranjados do Brasil, Uruguai e Argentina. Existem ainda as raças de espigas compridas e finas, com grãos duros do norte dos Estados Unidos e Canadá (Fornasieri Filho, 1992).

Na região produtora de milho dos Estados Unidos, o milho cultivado é quase em sua totalidade dentado (Coors, 1994) e o milho cultivado no Brasil é predominantemente duro. A diferença fundamental entre esses dois materiais é a proporção de endosperma vítreo e endosperma farináceo, chamada vitreosidade. Considerando que grande parte do conhecimento científico em nutrição animal usado no Brasil, vem de pesquisas produzidas nos Estados Unidos; e sobre a importância do milho na alimentação animal no Brasil, torna-se necessário compreender as diferenças entre os endosperma vítreo e farináceo e suas possíveis implicações sobre a alimentação animal.

2.2 Endosperma vítreo x Endosperma farináceo

Grãos de milho usados para alimentação animal normalmente contém ambos: endosperma vítreo e endosperma farináceo. A periferia do grão normalmente contém o endosperma duro. Termos como vítreo, translúcente ou córneo são frequentemente usados para descrever o endosperma duro, enquanto o endosperma macio é frequentemente chamado de poroso ou opaco. A dureza do endosperma está relacionada com a composição química (Pratt et al, 1995) e as diferenças químicas fundamentais estão relacionadas a composição protéica (Paiva et al, 1991, Philippeau et al, 2000).

As proteínas do endosperma do milho podem ser separadas em quatro frações maiores, de acordo com a solubilidade (Coelho, 1997). As proteínas solúveis em água são chamadas albuminas, enquanto as proteínas extraídas com soluções salinas são referidas como globulinas. Subsequente extração com álcool produz as prolaminas e o resto que permanece insolúvel, e pode ser extraído em soluções aquosas ácidas e alcalinas, são as glutelinas. Prolamina é a maior proteína de reserva dos cereais e, no caso do milho, é chamada zeína. As quatro frações protéicas albuminas, globulinas, zeínas e glutelinas constituem aproximadamente 3, 3, 60 e 34%, respectivamente do total das proteínas do endosperma (Coelho, 1997).

Segundo Wolf et al (1952), as células do endosperma farináceo são maiores e têm parede mais grossa que as células do endosperma córneo. A forma e tamanho dos grânulos de amido também variam com sua localização no endosperma. As células do endosperma farináceo são desorganizadas e possuem grânulos grandes com superfícies lisas, indicando a ausência de pressão na região. Os grânulos são menores e bem compactados nas células do endosperma córneo (Robutti et al., 1974). O endosperma do sorgo se diferencia por ter

grânulos de amido poligonais no endosperma vítreo e células pouco compactas com grânulos de amido esféricos, no endosperma farináceo (Shull et al, 1990).

Dentro das células, os grânulos de amido estão embebidos em matriz protéica. A densidade dessa matriz também varia com a localização da célula no grão. A matriz é esparsa e fragmentada, no endosperma farináceo; enquanto que na região vítrea, é densa e bem desenvolvida (Wolf et al, 1952; Pratt et al., 1995). O endosperma vítreo apresenta uma estrutura bem desenvolvida com os corpos protéicos embebidos na matriz protéica. Os corpos protéicos são constituídos principalmente por prolaminas enquanto que a matriz é constituída principalmente por glutelinas (Seckinger & Wolf, 1973). Corpos protéicos são maiores e mais numerosos no endosperma vítreo que no farináceo (Wolf et al, 1952).

A maior diferença entre os dois tipos de endosperma no grão de sorgo é o grau com que a matriz protéica está presente e contínua, com corpos protéicos embebidos. No endosperma vítreo, os grânulos de amido estão circundados por corpos protéicos e existe uma interface contínua entre amido e proteína. Numerosos corpos protéicos estão embebidos na matriz, que faz indentações nos grânulos de amido. Em contraste, no endosperma farináceo, a matriz protéica é descontínua e existem espaços de ar entre os componentes celulares. Corpos protéicos estão ocasionalmente embebidos na matriz protéica (Shull et al, 1990).

Milhos de textura normal possuem maiores quantidades de γ -zeína no endosperma do que híbridos mutantes de textura macia. As γ -zeínas podem estar envolvidas em interações dissulfeto que estariam associadas à dureza dos grãos. No endosperma vítreo existe maior concentração de zeínas totais, independente de genótipo (Paiva et al., 1991). Camadas mais externas do endosperma possuem maior concentração de β e γ -zeínas. Os corpos protéicos dessas células são menores e contém menos α -zeínas que as regiões mais internas do

endosperma. As β e γ -zeínas são altamente ligadas por pontes dissulfeto (Lending & Larkins, 1989). No endosperma de mutantes floury₂ todos os níveis de zeínas estão reduzidos e os grãos tem aspecto opaco (Lending & Larkins, 1992).

Milho dentado possui maior quantidade relativa de glutelinas verdadeiras que milho duro. Independente da textura do grão, a quantidade de (α , β e δ) -zeínas foi positivamente correlacionada ($p < 0,01$) com a vitreosidade do grão determinada por dissecação manual do endosperma farináceo. Além disso, a quantidade de glutelinas verdadeiras foi negativamente correlacionada ($p < 0,01$) com a vitreosidade (Philippeau et al., 2000). Composição dos corpos protéicos nos endospermas duro e macio pode estar relacionada com a textura do endosperma de linhagens de milho (Dombrink-Kurtzman & Bietz., 1993).

Avaliando endosperma vítreo e farináceo de sorgo, Seckinger & Wolf (1973) afirmam que as células da fração vítrea contém quase o dobro de proteína que as células do endosperma farináceo. Philippeau et al (2000) encontraram maior teor de proteína bruta em grãos de milho duro do que de grãos macios. No entanto, quando estudaram os grãos degerminados, esses autores não encontraram diferença entre a proteína bruta do endosperma de milhos das duas texturas.

Segundo Rooney & Pflugfelder (1986), a dureza do grão de milho e de sorgo está relacionada ao conteúdo e continuidade da matriz protéica. Além do tamanho e forma do grão, a principal diferença entre milho e sorgo está relacionada ao tipo e distribuição das proteínas envolvendo o amido no endosperma. O sorgo normalmente tem maior proporção de endosperma periférico e o endosperma periférico é extremamente denso, duro e resistente a hidratação e digestão. No endosperma do sorgo existem algumas interligações

entre as prolaminas (kafirinas), essas interligações reduzem a digestibilidade da proteína e do amido.

2.3 Efeito da vitreosidade sobre a degradabilidade ruminal do amido

A matriz protéica do endosperma duro é constituída por proteína e carboidratos diferentes do amido, sendo relativamente resistente a água e enzimas hidrolíticas. A interação com a proteína pode reduzir a susceptibilidade do amido à hidrólise enzimática, tanto em sua forma original como processado. Na porção farinácea, os grânulos de amido estão mais acessíveis ao ataque enzimático, porque no endosperma vítreo, a proteína é capaz de limitar a ação de amilase e o grânulo de amido pode estar completamente embebido na matriz protéica. Tratamento com protease aumenta significativamente a hidrólise do amido em decorrência da hidrólise da matriz protéica e aumento da superfície de contato com a enzima. A proteína do endosperma macio é mais digerida por pepsina que a proteína do endosperma duro (Rooney & Pflugfelder, 1986; Kotarski et al, 1991).

Estudando colonização e digestão microbiana em diversos cereais incubados no rúmen, McAllister et al (1990) avaliaram grãos de milho em diferentes tamanhos de partícula e concluíram que grãos inteiros só foram colonizados em regiões onde havia alguma fratura no pericarpo, indicando que a fratura do pericarpo é necessária para permitir o acesso das bactérias aos nutrientes rapidamente digestíveis do grão. Em grãos partidos em duas ou quatro partes enquanto o endosperma farináceo foi amplamente colonizado por diversas bactérias, o endosperma vítreo apresentou apenas pequenos sinais de digestão. Ao exame por microscopia, essa região apresentava apenas colonização esparsa pelas bactérias ruminais.

Lichtenwalner et al (1978) trataram sorgo moído com pronase e em seguida incubaram com glicoamilase. O pré tratamento com pronase aumentou a hidrólise do amido. Usando microscopia eletrônica, McAllister et al (1990) observaram que a matriz protéica do milho limitava o acesso de bactérias ao grânulo de amido. Em um experimento conduzido para determinar o papel da matriz protéica na digestão do milho e da cevada por microorganismos ruminais, utilizou-se pré tratamento com protease e incubação de grãos moídos *in vitro* em inóculo de líquido ruminal. O pré tratamento com protease aumentou a digestão do amido de milho por microorganismos ruminais, quando comparado com a amostra não tratada. Observou-se que mesmo no grão moído, os grânulos de amido permaneciam envolvidos pela matriz protéica. Enquanto a matriz protéica no milho é extremamente resistente à colonização, a matriz da cevada é rapidamente digerida pelos microorganismos ruminais. Os autores concluíram que a matriz protéica é o principal fator determinante das diferenças em digestibilidade ruminal entre milho e cevada (McAllister et al, 1993).

Estudando dois híbridos de milho diferindo na textura do endosperma, um dentado e um duro, Philippeau & Michalet-Doureau (1997) colheram grãos em diferentes estádios de maturação entre 22 e 78 dias após o florescimento. Determinou-se vitreosidade dos grãos por dissecação manual e nas amostras de grãos moídas, a degradação ruminal do amido foi determinada *in situ*. A vitreosidade dos grãos aumentou com o avanço da maturidade (Figura 1).

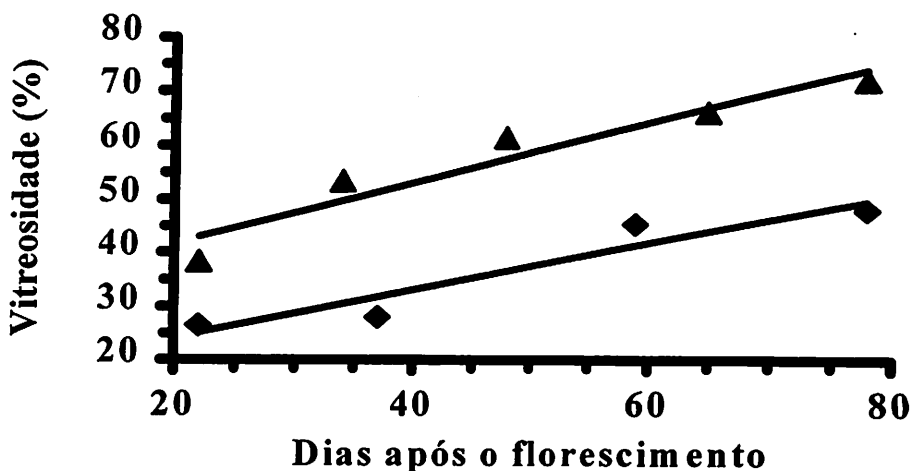


FIGURA 1. Vitreosidade dos grãos de milho de dois híbridos diferindo em textura do endosperma, duro (▲) e macio (◆), determinada por dissecação manual do endosperma e expressa em porcentagem de endosperma vítreo, em relação ao endosperma total em diferentes estádios de maturação definidos em dias após o florescimento. (Duro: Vitreosidade = $30,77 + 0,56 \times \text{dias após florescimento}$ $R^2 = 0,92$; Macio: Vitreosidade = $15,46 + 0,44 \times \text{dias após florescimento}$ $R^2 = 0,91$). (Adaptado de Philippeau & Michalet-Doureau, 1997).

Independentemente do genótipo utilizado, a vitreosidade explicou 86% da variação em degradabilidade ruminal do amido (Figura 2). Os autores concluíram que a degradação ruminal do amido de grãos de milho pode variar muito em função do genótipo e do ponto de maturação. Concluiu-se que a vitreosidade é um importante fator determinante dessa variação.

A degradação ruminal da MS e do amido de grãos de milho de diferentes texturas (duro ou macio), colhidos na metade da linha de leite, foi avaliada em dois tamanhos de partícula diferentes (picado grosseiramente ou moído em 3 mm) e em diferentes formas de estocagem (fresco ou ensilado) - (Philippeau &

Michalet-Doureau, 1998). Milho duro foi menos degradado no rúmen que milho macio, independente do tamanho de partícula ou da forma de estocagem. Milho finamente moído teve maior degradação ruminal que milho grosseiramente picado, principalmente por ter maior fração instantaneamente degradável. A ensilagem aumentou a degradação ruminal da MS e do amido, independente do genótipo ou do tamanho de partícula. Como a proteína do endosperma é responsável por limitar o acesso das bactérias ruminais ao grânulo de amido, a proteólise ocorrida na fermentação (Baron et al, 1986), pode ser a explicação para a maior degradação ruminal do milho, após a ensilagem. Não houve interação entre genótipo e forma de estocagem, ou seja, a ensilagem aumentou a degradação ruminal do amido na mesma proporção para milho duro ou macio.

Philippeau et al (1999a) determinaram vitreosidade do grão e outras características físicas, tais como, densidade aparente e verdadeira, energia de moagem, área superficial específica e peso de 1000 grãos em quatorze híbridos de milho, oito dentados e seis duros. Os milhos dentados tiveram maior degradação ruminal do amido que os híbridos duros (61,9 x 46,2%). Nesse trabalho, a associação de densidade aparente dos grãos e peso de 1000 grãos explicou 91% da variação em degradabilidade ruminal do amido. Esses parâmetros podem ser utilizados para estimar degradabilidade ruminal do amido, com a vantagem de serem técnicas mais simples e consumirem menos tempo em sua determinação.

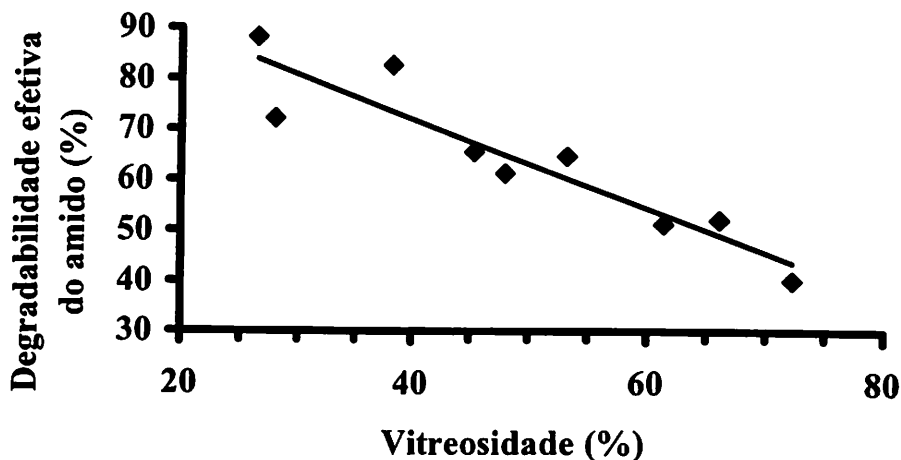


FIGURA 2. Correlação entre degradabilidade *in situ* do amido de grãos de milho de diferentes texturas e a vitreosidade dos grãos determinada por dissecação manual do endosperma e expressa em porcentagem de endosperma vítreo no endosperma total. (Degradabilidade efetiva do amido = $107,2 - 0,88 \times$ vitreosidade $R^2 = 0,86$). (Adaptado de Philippeau & Michalet-Doureau, 1997).

Philippeau et al (1999b) estudaram a taxa, o local e a extensão da digestão de milho de diferentes texturas do grão (Duro vs Macio) em novilhos consumindo dietas ricas em concentrado. Milho de grãos macios foi mais degradado no rúmen (60,8 vs 34,8%, $p < 0,001$). A digestão nos intestinos delgado e grosso foi respectivamente 8,9 e 13,5% para o milho macio e 17,6 e 28,3% para o milho duro. Não houve efeito de textura do grão sobre digestibilidade do amido no trato digestivo total, pois a maior digestibilidade intestinal do milho duro compensou a maior digestibilidade ruminal do milho macio.

2.4 Proporção entre amilose e amilopectina

Amido é um polissacarídeo heterogêneo composto por dois polímeros, a amilose e a amilopectina. Amilose é uma molécula linear com 900 a 3000 resíduos de D-glicopiranoses ligados por ligações α -1,4. Amilopectina é um polímero maior, altamente ramificado, contendo em média 10^4 a 10^5 resíduos de glicose arranjados em cadeias formadas por ligações α -1,4, com ramificações feitas por ligações α -1,6 (Kotarski et al, 1991). A proporção de amilose no amido pode variar entre 0 e 80%, dependendo da espécie e da variação genética dentro de espécie. Amidos normais de cereais contêm normalmente entre 20 e 30% de amilose, enquanto que amido ceroso contém muito pouco ou nenhuma amilose. Amilopectina, apesar de ser uma molécula formada a partir de ramificações aleatórias, forma uma estrutura altamente organizada com formato que lembra uma árvore (Rooney & Pflugfelder, 1986)..

Além da vitreosidade discutida anteriormente, outro fator que tem impacto significativo sobre a digestibilidade do amido é a relação amilose /amilopectina. Segundo Rooney & Pflugfelder (1986), sorgo ceroso tem maior digestibilidade ruminal e a digestibilidade do amido é normalmente, de maneira inversa correlacionada com o conteúdo de amilose. Amido purificado de cultivares cerosos de milho, sorgo e cevada foi mais digerido que amido de cultivares normais em experimentos utilizando a técnica *in vitro*, usando enzimas ou líquido ruminal como inóculo. Foi reportado aumento na digestibilidade dos grãos e do amido purificado na medida em que se aumentava a dose de genes “waxy” em cultivares isogênicas de sorgo (Leach & Schoch, 1961; Davis & Harbers, 1974; Lichtenwalner et al, 1978).

Segundo Kotarski (1991), a maior digestibilidade dos grãos cerosos pode não ser devida somente a diferença química do amido (maior conteúdo de amilopectina). Outras características também são afetadas pelo genótipo ceroso.

Grãos de sorgo ceroso possuem menos endosperma periférico, grânulos de amido maiores e corpos protéicos mais distribuídos. Bioquimicamente, cultivares de sorgo homozigotos cerosos têm maior porcentagem de proteínas solúveis em água no endosperma, que linhagens homozigotas não cerosas. As diferenças observadas na estrutura do endosperma entre sorgo ceroso e não ceroso, especialmente no endosperma periférico, dão suporte a idéia de que os grânulos de amido no grão ceroso são mais acessíveis ao ataque da amilase; e isso contribui para aumentar a eficiência dos cultivares cerosos.

É importante que se entenda que textura do grão e relação amilose/amilopectina são características independentes, que ambas influenciam a digestibilidade do amido. Segundo Huntington (1997), normalmente as variedades cerosas possuem maior taxa e extensão de degradação *in vitro* que variedades não cerosas. Dentro da população não cerosa, variedades com endosperma de textura macia têm maior taxa de desaparecimento *in vitro*, que variedades de endosperma duro ou intermediário. Philippeau et al (1998) determinaram degradação ruminal do amido de variedades de milho com diferentes texturas (dentado ou duro) e diferentes composições do amido (ceroso, normal e alta amilose). A degradação ruminal do amido foi maior para os milhos dentados. Ao contrário do esperado, a degradação ruminal do amido foi maior para os milhos ricos em amilose independente de textura. Os materiais ricos em amilose tinham menor vitreosidade e, por isso, foram mais degradados.

2.5 Local de digestão do amido e sua utilização pelos ruminantes

A fermentação do amido no rúmen é acompanhada de perdas inevitáveis de calor e metano. A capacidade do rúmen de animais adultos de fermentar amido pode exceder a capacidade do animal de utilizar os ácidos graxos produzidos. Por isso, teoricamente seria desejável induzir o escape do amido da

fermentação ruminal, se houvesse capacidade suficiente para digerir amido pós ruminalmente (Orskov, 1986). Como a absorção e o metabolismo de glicose parece ser mais eficiente energeticamente que a fermentação e absorção de ácidos orgânicos, o surgimento de dietas ricas em grãos aumentou o interesse em se determinar a capacidade dos ruminantes de digerir amido no intestino (Owens et al, 1986).

A digestão enzimática do amido no intestino delgado dos ruminantes ocorre de forma semelhante a das outras espécies. O pâncreas secreta amilase que hidroliza amilose e amilopectina a oligossacarídeos com duas ou três unidades de glicose. O processo é terminado por oligossacaridasas localizadas nos microvilos da membrana intestinal. Os ruminantes não tem atividade de sacarase e, portanto, dependem da atividade da maltase e isomaltase para produzirem glicose para a absorção (Harmon,1992; Harmon,1993). Uma série de experimentos conduzidos com carneiros permitiram concluir que o primeiro limitante na digestão intestinal do amido é a atividade da amilase. O segundo limitante é a capacidade de quebrar os di, tri e oligossacarídeos. Em experimentos com infusão direta de glicose, foi mostrado que a capacidade de absorção pode ser o último limitante da digestão intestinal superando a capacidade de digestão das enzimas (Orskov,1986). Huntington (1997) concluiu em sua revisão, que a atividade da amilase pancreática é razão primária para que não haja 100% de digestão do amido no intestino delgado.

A Digestibilidade intestinal pode variar de 17,3 a 84,9% do amido que chega ao duodeno (Harmon, 1992). A secreção e a produção das enzimas que digerem o amido respondem mais à quantidade de energia consumida do que à quantidade de amido na dieta (Harmon, 1993). Infusão de amido no abomaso de novilhos em quantidades crescentes mostrou uma redução na digestibilidade de 86 para 55%, quando a quantidade infundida aumentou de 480 para 1440 g/dia (Kreikemeier et al, 1990).

As duas rotas principais de transferência de glicose do intestino para a corrente sanguínea são o transporte ativo e a difusão paracelular associada à absorção de água. Existe uma rápida adaptação a mudanças na quantidade de amido que chega ao intestino e a capacidade de transporte ativo pode dobrar em 2 a 4 dias. Como resultado de uma simulação de digestão de amido e absorção de glicose, Huntington (1997) concluiu que nas condições da simulação, a quantidade de amido digerida sempre foi menor que a capacidade de absorção. Tanto novilhos como vacas em lactação foram capazes de transportar toda a glicose disponível vinda da digestão do amido no intestino. No entanto, se a capacidade de digestão deixar de ser um limitante, existe um limite para a absorção de glicose, pois quando a infusão de glicose ultrapassou 1920 g/dia, a capacidade de absorção do intestino foi excedida e a concentração ileal de glicose aumentou consideravelmente.

Aumentar a capacidade intestinal de digerir amido implica em aumentar a secreção pancreática de amilase e aumentar a atividade intestinal de oligossacaridasas. A secreção de amilase pelo pâncreas ou atividade intestinal de oligossacaridasas pode aumentar em correlação ao aumento do consumo de grãos, mas não necessariamente em resposta direta a esse aumento (Harmon, 1993). Walker & Harmon (1995) infundiram amido parcialmente hidrolisado no abomaso de novilhos e não observaram aumento na secreção pancreática ou concentração de amilase. Segundo Huntington (1997), diversos esforços para aumentar a secreção de enzimas pelo pâncreas com injeção de drogas falharam, porque a secreção pancreática aumentou de volume, mas concomitantemente a concentração da enzima foi reduzida. Esse autor afirma que trabalhos realizados com carneiros e novilhos dão suporte à idéia de que o maior aporte de proteína disponível para digestão no intestino induz maior secreção de todas as enzimas digestivas do pâncreas, incluindo as responsáveis pela digestão do amido. Maior

aporte de proteína no intestino delgado aumentou a digestibilidade do amido em carneiros e aumentou o aparecimento portal líquido de glicose em novilhos.]

Outro importante aspecto a ser discutido, envolvendo a degradação ruminal do amido é o impacto desta sobre a síntese de proteína microbiana. Aumento na digestibilidade ruminal do amido promove maior eficiência de utilização do N no rúmen e maior produção de proteína microbiana, com consequente aumento no fluxo de proteína de alta qualidade (proteína microbiana) para o duodeno (Theurer et al, 1999). Philippeau et al (1999b) estudando o efeito de textura de grãos de milho sobre a digestibilidade do amido em novilhos, encontraram maior degradabilidade ruminal do milho dentado. A maior degradabilidade ruminal do amido promoveu redução da quantidade de N não protéico chegando ao duodeno. Comparando dietas a base de milho moído com dietas compostas com milho extrusado, Shabi et al (1999) encontraram redução da concentração ruminal de amônia e da concentração plasmática de uréia no tratamento com milho extrusado, que teve maior degradação do amido no rúmen.

A importância do local de digestão do amido no desempenho de ruminantes foi extensamente estudada em trabalhos que avaliaram os efeitos do processamento sobre a digestão nas diferentes partes do trato digestivo (Huntington, 1997; Kreikemeier et al, 1990; Owens et al, 1986; Santos et al, 1999). Os processamentos usados em grãos ricos em amido normalmente visam aumento na degradação ruminal, sendo a magnitude da alteração promovida pelo processamento, inversamente proporcional à digestibilidade do grão não processado. O grão que mais responde ao processamento é o sorgo seguido pelo milho e depois por outros cereais como a cevada, que tem menor resposta, por já ter degradação alta na forma não processada.

Uma importante alteração que acontece no processamento e que parece ser essencial para que ocorra maior degradação ruminal do amido, é o rompimento da matriz protéica ao redor dos grânulos de amido (Theurer, 1986). Segundo Rooney & Pflugfelder (1986), o aumento de digestibilidade de materiais reidratados ou colhidos precocemente, deve-se à redução da interferência da matriz protéica sobre a hidrólise do amido. A reconstituição, por reidratação, promove a degradação fermentativa da matriz e a colheita precoce ocorre antes que a matriz seja completamente formada. Segundo Huntington (1997), o processamento aumenta a digestibilidade do amido por facilitar a adesão bacteriana ao grânulo de amido. No processamento, além de ocorrer ruptura da matriz protéica que circunda os grânulos de amido no endosperma, ocorre também desorganização dos grânulos de amido (Theurer et al, 1999).

Em uma revisão sobre os efeitos do processamento do grão sobre a utilização do amido pelos ruminantes, Theurer (1986) concluiu que o processamento aumenta a utilização do amido no rúmen e reduz a quantidade de amido digerida pós-ruminalmente. A redução do fluxo de amido no duodeno faz com que se tenha maior digestibilidade nesse segmento. Por isso, a quantidade de amido que escapa do rúmen é um importante fator de definição da digestibilidade total do amido. Normalmente, grãos com maior degradação ruminal do amido possuem maior digestibilidade total.

É importante que se dê atenção ao fato de que o processamento pode somente reduzir a quantidade de amido digerida no intestino grosso. Na análise de digestibilidade total, a maior digestão do material não processado no intestino grosso pode mascarar o efeito positivo do processamento, que é aumentar a digestibilidade no rúmen e no intestino delgado. Philippeau et al (1999b) forneceram dietas com 70% de concentrado a novilhos, avaliando o efeito da textura do grão sobre o local de digestão do amido. A quantidade de amido chegando ao intestino delgado extrapolou a capacidade digestiva do segmento e

boa parte do amido foi digerido no intestino grosso. Quanto menor a degradação ruminal, maior foi a digestão no intestino grosso, que digeriu mais amido que o intestino delgado.

Em uma revisão que sumarizou o resultado de 43 experimentos em que o efeito do processamento do milho ou sorgo foi avaliado em vacas em lactação, Theurer et al (1999) concluíram que o processamento aumenta a degradação ruminal do amido, aumentando a energia líquida ingerida e promovendo aumento na produção de leite e de proteína. O aumento no desempenho de vacas em lactação pela alimentação com grãos processados, deve-se, pelo menos em parte, à alteração na proporção do amido digerida no rúmen e intestinos. Processamento aumenta a digestibilidade total do amido devido ao aumento na proporção do amido dietético digerido no rúmen e aumento na digestibilidade da menor quantidade de amido que chega ao intestino. A quantidade de proteína bacteriana de alta qualidade que chega ao intestino, também aumenta com o fornecimento de grãos processados. Maior degradação ruminal do amido aumentou a reciclagem de uréia no rúmen, a quantidade de proteína que chegou ao intestino e o fornecimento de aminoácidos para a glândula mamária (Santos et al, 1999).

O processamento, por reduzir a quantidade a ser digerida no intestino, aumentou a digestibilidade do amido no intestino delgado e esse aumento de digestibilidade teve correlação positiva com a digestibilidade total do amido ($r^2 = 0,92$) e com a produção de leite ($r^2 = 0,78$). A digestibilidade ruminal teve correlação positiva com a digestibilidade total ($r^2 = 0,67$) e com a proteína do leite ($r^2 = 0,54$) (Theurer et al, 1999).

O aumento da degradação ruminal do amido, através da floculação dos grãos, aumentou a produção de proteína microbiana, o aporte de aminoácidos para a glândula mamária e a produção de proteína do leite. A maximização da

fermentação ruminal, através do fornecimento de amido degradável no rúmen e suplementação de proteína não degradável no rúmen, aumentou a produção de vacas de alta lactação (Santos et al, 1999)

Em dietas com alta proporção de concentrado, típicas dos confinamentos de gado de corte norte americanos, o processamento dos grãos pode levar a redução da ingestão de matéria seca. Essa redução pode ser atribuída a taxas excessivas de produção de ácidos no rúmen, levando à acidose subclínica e oscilação do consumo diário. Nessas dietas, normalmente o processamento permite aumento da participação do volumoso na dieta e ganho na eficiência de conversão da energia (Owens et al,1986). Em uma dieta rica em concentrado (40% de milho na dieta), a extrusão dos grãos reduziu a ingestão de matéria seca e a produção de leite. Houve aumento na eficiência de utilização do N, indicada pelas menores concentrações de amônia ruminal e de uréia plasmática. Os autores atribuíram a menor ingestão de matéria seca do milho extrusado à baixa densidade dos grãos, após o tratamento. O material não foi moído antes do fornecimento (Shabi et al, 1999).

Discutindo as possíveis vantagens metabólicas da digestão pós ruminal do amido, Orskov (1986) conclui que tentativas de aumentar a digestão pós ruminal do amido tendem a criar problemas maiores do que os possíveis benefícios trazidos. Esses problemas seriam provocados pelas limitações de digestão do intestino delgado, pelas limitações de absorção de glicose e pela passagem de quantidades consideráveis para o intestino grosso. Em uma simulação feita por Huntington (1997), uma vaca de leite digerindo 2,9 Kg de amido no rúmen e 2,3 Kg de amido pós rúmen, está muito próxima do seu ponto ótimo de utilização de amido para suprir suas necessidades de glicose. O suprimento de glicose vindo da digestão de amido está próximo de sua capacidade de transporte ativo através da parede intestinal. Nessa vaca vai ocorrer maior benefício, se aumentar o suprimento de amido fermentável (para

umentar a produção de nutrientes no rúmen) do que se aumentar o escape de amido da fermentação ruminal.

Existe um duplo benefício na digestão ruminal do amido: o primeiro é o aumento na produção e fluxo de proteína microbiana do rúmen. O segundo é o aumento na digestão duodenal do amido, como resultado da resposta pancreática ao maior suprimento de proteína para o intestino delgado e em função da menor quantidade de amido a ser digerida. Estudos que quantificaram os limites do suprimento de glicose vindo da digestão pós ruminal do amido e estudos de produção utilizando grãos processados indicam que o amido é melhor utilizado quando extensivamente fermentado no rúmen. Como a capacidade digestiva limita a máxima utilização do amido no intestino delgado, aproximadamente 45% do amido que chega ao intestino não é absorvido na forma de glicose. Portanto, quando se avaliar o possível ganho no metabolismo energético vindo do maior suprimento de glicose de uma fonte dietética, deve se considerar a perda potencial de energia e proteína proveniente da fermentação do amido no intestino grosso, que seria reduzida se o local predominante de fermentação fosse o rúmen (Huntington, 1997).

2.6 Valor nutricional do milho brasileiro

Nos Estados Unidos existe grande prevalência de milho de grãos dentados (Coors et al, 1994). A maior parte do conhecimento científico produzido naquele país, relativo a milho, se refere a esse tipo de grão. Também na Europa existe prevalência de cultivares de grãos dentados (Philippeau et al, 1999a). O mercado brasileiro de milho tem hoje completo domínio de cultivares de grãos duros ou semi-duros. Em virtude das diferenças já descritas entre milhos duros e dentados na digestibilidade por ruminantes, torna-se possível admitir que exista diferença no valor alimentar entre o milho brasileiro e o milho

Norte Americano ou Europeu. O uso de composição nutricional do milho ou de restrições aos níveis de carboidratos da dieta estabelecidos nos países desenvolvidos, pode ser questionável para a realidade brasileira.

Conforme dados da Tabela 15-1 do NRC (2001), o milho grão seco moído fino tem 88,7% de NDT. Na mesma Tabela, o valor energético da polpa cítrica é 79,8% de NDT. Ou seja, segundo o NRC (2001), o milho teria 11% mais energia que a polpa cítrica. Um experimento feito no Brasil, avaliando a substituição parcial do milho por polpa cítrica em vacas no final de lactação, mostrou manutenção do desempenho e melhora na conversão alimentar quando se substituiu milho por polpa cítrica (Nússio, 2000). Outro experimento, avaliando ganho de peso em novilhos, substituiu 100% do milho por polpa cítrica e nenhuma alteração em ingestão de matéria seca, desempenho e conversão alimentar foi observada (Prado et al, 2000).

Em experimento que avaliou o efeito do processamento do milho e de sua substituição por polpa cítrica, Menezes Jr. et al (2000) encontraram aumento da digestibilidade aparente da matéria seca com a floculação vs moagem grosseira do milho e aumento na digestibilidade da fibra com a substituição de milho por polpa cítrica. O milho foi substituído até 100% por polpa cítrica e foi avaliado o efeito sobre a produção e composição do leite, pH e N amoniacal no rúmen. Os animais alimentados com polpa cítrica tiveram maior eficiência alimentar e maior porcentagem e produção de gordura do leite. Não se observou diferença em nenhuma outra variável estudada.

Considerando que não exista diferença na polpa cítrica brasileira que justifique o aumento do valor energético desse alimento em comparação com a polpa cítrica norte americana, parece ser razoável admitir que as evidências existentes de igualdade entre a polpa cítrica e o milho brasileiros podem ser devidas ao menor valor energético do milho brasileiro.

2.7 O uso de silagem de milho como forrageira exclusiva para vacas em lactação

As dietas para vacas em lactação típicas dos países desenvolvidos, que são responsáveis por boa parte das pesquisas produzidas no mundo, raramente tem a silagem de milho como forrageira exclusiva. Naqueles países, geralmente a silagem de milho é usada em dietas que também usam outra forrageira como alfafa ou outra gramínea na forma de feno ou silagem. Em um levantamento em 15 trabalhos recentes publicados no *Journal of Dairy Science*, em que foi fornecida silagem de milho para vacas em lactação, somente em três a silagem de milho era forrageira exclusiva. Em um deles, (Weiss & Wyatt, 2000), os autores afirmam que esse tipo de dieta é pouco comum.

A silagem de milho é a principal forrageira nos sistemas brasileiros de produção de leite em confinamento, sendo muito comum seu uso como única fonte de forragem. No processo de confecção da silagem, normalmente torna-se necessário reduzir o tamanho de partícula do alimento para permitir a danificação dos grãos e facilitar a boa compactação do silo. Em dietas de vacas de alta produção, que tem balanceamento próximo dos níveis mínimos de fibra necessários para manutenção da normalidade no ambiente ruminal, o pequeno tamanho de partícula da silagem de milho pode provocar problemas de falta de efetividade física da fibra, quando silagem é a única fonte de forragem (De Boever et al, 1993).

O conceito de fibra efetiva se relaciona à capacidade de uma dieta de fornecer a exigência mínima de fibra para manter concentrações normais de gordura do leite (Mertens, 1997). A habilidade da FDN de um alimento de substituir a FDN da forragem de uma dieta e manter o nível de gordura do leite é chamada efetividade da FDN (FDNe). No entanto, quando se avalia somente gordura do leite como parâmetro para medir efetividade da fibra, efeitos

metabólicos provocados por diferença na composição química do alimento podem alterar o resultado. Por exemplo, o efeito do caroço de algodão sobre a gordura do leite pode ser consequência de seu efeito na efetividade da fibra que promove ruminação ou do aumento do teor de óleo da dieta vindo do caroço (NRC, 2001). A capacidade de um alimento em promover ruminação é um parâmetro importante de avaliação da efetividade de sua fibra e está relacionada com a característica física do alimento (principalmente tamanho de partícula) sendo chamada efetividade física da FDN (FDNfe) (Mertens,1997).

Poucos experimentos foram conduzidos para determinar os níveis mínimos de FDN em dietas com silagem de milho. Os dados existentes sugerem que os níveis de FDN necessários para manutenção da função ruminal, quando a dieta é baseada em silagem de milho, são iguais aos níveis recomendados para dietas com alfafa, desde que a silagem tenha tamanho de partícula adequado. Segundo Mertens (1997), a FDN da silagem de milho tem capacidade de promover ruminação igual ou maior que a silagem de alfafa. Clark & Armentano (1999) forneceram uma dieta basal com 12% de FDN de alfafa para vacas em lactação e adicionaram à esta, mais 10% de FDN de alfafa ou mais 9% de FDN de silagem de milho em três tamanhos de partícula: finamente picada (3,35 mm), grosseiramente picada (7,64 mm) ou intermediário (mistura dos dois tamanhos de partícula). O aumento do nível de FDN de forragem, tanto via FDN de alfafa quanto via FDN de silagem de milho, aumentou a ruminação e mastigação total. Não houve diferença na ruminação entre alfafa e silagem de milho. O tamanho de partícula da silagem de milho não afetou a ruminação, o tempo total de mastigação e a gordura do leite. A redução do tamanho de partícula da silagem de milho aumentou linearmente a produção de proteína e gordura do leite.

O tamanho de partícula da forragem, assim como o nível de FDN, tem impacto sobre o pH ruminal (Mertens, 1997). Substituição de forragem grosseiramente picada por forragem finamente picada reduziu 5% o fluxo de

saliva, enquanto aumento da FDN vindo de forragem da dieta de 20 para 24%, aumentou o fluxo de saliva em 1% (Allen,1997). O NRC (2001) sugere que o tamanho médio de partícula da forragem para manter o pH ruminal, a mastigação e a gordura do leite deve ser 3 mm. Allen (1997) avaliou a relação entre tamanho de partícula da forragem e tempo total de ruminação, usando dados de 10 experimentos com vacas; e encontrou um ponto de inflexão claro em aproximadamente 3 mm, sendo que a partir desse ponto, aumento do tamanho de partícula não afetou tempo de ruminação.

2.8 Cana-de-açúcar como forrageira para vacas em lactação

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é originária da Nova Guiné e foi introduzida no Brasil em 1500 pelos portugueses. A primeira exportação brasileira de açúcar data de 1526. A cana-de-açúcar é, desde então, uma cultura muito desenvolvida no Brasil, que está entre os maiores produtores mundiais, juntamente com Cuba e Índia (Barnes,1974).

O uso da cana-de-açúcar na alimentação de bovinos é uma prática comum em diversas partes do mundo (Martin, 1997). Essa difusão do uso da cana-de-açúcar se deve às diversas características desejáveis que a planta tem, tornando-a uma opção viável para a alimentação de bovinos. Entre essas características, pode-se destacar:

- Facilidade de cultivo, destacando-se no caso do Brasil, o fato de já ser uma cultura instalada e com as práticas agrônômicas bem definidas (Mendonça et al, 2001).
- Colheita ideal na época seca do ano, que pode ser considerado vantagem especialmente em sistemas que trabalham com pasto no período das chuvas (Mendonça et al, 2001).

- Abundância de açúcares solúveis de alta digestibilidade, podendo chegar a ter 50% de sacarose na matéria seca (Preston, 1984).
- É uma das plantas mais eficientes do mundo em converter energia solar em biomassa, podendo atingir produções muito altas de MS por hectare (Preston, 1984).
- É perene e possui um sistema radicular profundo, que protege o solo contra erosão (Preston, 1984).
- Possui período amplo para realização do corte, permitindo a utilização com alto valor nutricional por longo período (Preston, 1984).
- Baixo nível de FDN, comparável à silagem de milho, que é considerada uma forrageira altamente energética (Andrade, 1999).

Dentre as características citadas, o alto nível de carboidratos de alta digestibilidade, o baixo nível de FDN e a alta produção por área, fazem da cana-de-açúcar um alimento potencial para sistemas de produção com animais especializados. Se a pesquisa confirmar a possibilidade de uso da cana-de-açúcar em animais de alta produção, ela poderia, nessa situação, propiciar alto desempenho animal e alta produção por área. Embora a cana-de-açúcar apresente características que sugerem sua viabilidade na alimentação de animais de alta produção, grande parte dos trabalhos existentes na literatura foram conduzidos com dietas pobres em concentrado e baixo desempenho animal. A tecnologia de uso de cana que foi difundida aos produtores rurais brasileiros, baseia-se em experimentos de baixo desempenho animal e dietas formuladas para manutenção ou baixos ganhos no período da seca (Oliveira, 1985).

O baixo nível de proteína e minerais e a baixa digestibilidade da fibra são as principais limitações na composição da cana-de-açúcar, como alimento para bovinos (Rodrigues et al, 1997). A proteína e os minerais podem ser suplementados na dieta, possibilitando a correção da limitação da cana-de-

açúcar (Dijkstra et al, 1996). O baixo nível de proteína da cana recebeu muita atenção da pesquisa e diversos trabalhos foram realizados, principalmente com o fornecimento de fontes de N não protéico (Rodrigues et al., 1992; Rodriguez et al., 1993). Nutricionalmente, a limitação da baixa proteína da cana pode ser totalmente corrigida, no entanto, o custo adicional do concentrado protéico pode fazer com que a cana-de-açúcar deixe de ser uma opção econômica em dietas para alto desempenho.

A qualidade da FDN parece ser o maior limitante da cana-de-açúcar. Em dieta com adição somente de uréia, a digestibilidade aparente da FDN foi de 11,3%. No mesmo experimento, a digestibilidade da FDN foi de 39,0% em tratamento com concentrado e uréia (Pereira et al, 1996a). Digestibilidade da FDN variando entre 20 e 25% foi observada em diversos estudos (Aroeira et al., 1993; Pereira et al., 1996b; Aroeira et al., 1995; Andrade, 1999).

A cana-de-açúcar possui nível muito baixo de PB e EE e o nível de cinzas varia muito pouco. A grande variação que ocorre entre cultivares, é a alteração do nível de FDN e sacarose, de forma que, quando um aumenta, o outro diminui. Como a sacarose é a fração mais digestível da planta e a FDN é a fração menos digestível, seleção de cultivares de baixo FDN pode ser uma forma de selecionar maior digestibilidade. Avaliando 18 variedades de cana-de-açúcar, Rodrigues et al (1997) encontraram FDN variando de 44,2 a 56,4. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi altamente correlacionada com o nível de FDN (Figura 3).

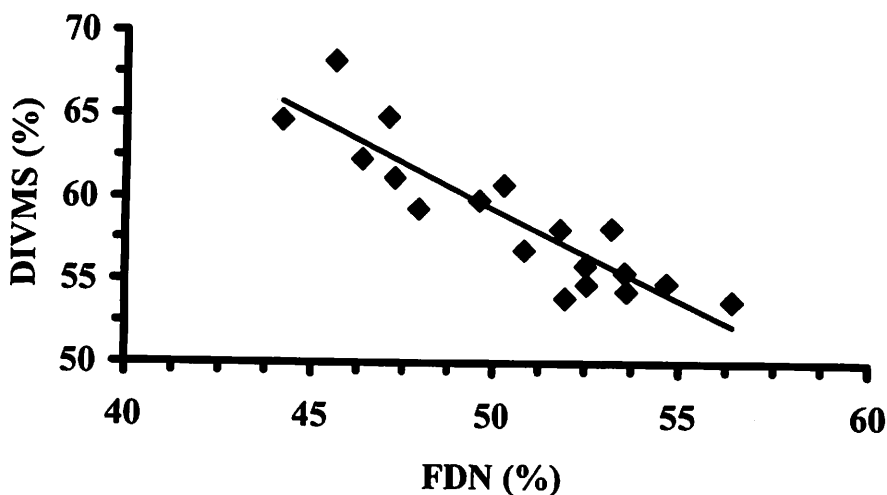


FIGURA 3. Efeito do nível de FDN sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de 18 variedades da cana-de-açúcar. (DIVMS = - 1,1061 (FDN) + 114,62. $R^2 = 0,81$). (Adaptado de Rodrigues et al, 1997).

Uma das principais limitações da cana-de-açúcar nos experimentos de desempenho animal tem sido o consumo de matéria seca. Ribeiro et al (2000) avaliaram o efeito da substituição de silagem de milho por cana-de-açúcar sobre o consumo, e concluíram que aumento na quantidade de cana-de-açúcar reduziu a ingestão de matéria seca por vacas em lactação. Andrade et al (1990) forneceram silagem de milho ou cana-de-açúcar com o mesmo nível de FB para novilhos. A digestibilidade da MS da cana-de-açúcar foi 62,4 e da silagem 65,0% e o consumo de matéria seca da cana foi inferior ao da silagem (1,66 vs 2,76 % do peso vivo). O efeito depressivo da cana-de-açúcar sobre o consumo não parece estar relacionado ao nível de fibra, já que este não é maior que o da silagem de milho. Possivelmente o menor consumo ocorra devido a baixa

qualidade da fibra, que leva a baixa digestão e baixa reciclagem no rúmen (Pate,1981).

Segundo Rodrigues et al (1997), a baixa degradação da fibra da cana-de-açúcar no rúmen leva a uma limitação na taxa de reciclagem ruminal, e conseqüentemente, baixo consumo. Como o potencial de degradação da fibra no rúmen é muito baixo, ocorre acúmulo de fibra não digestível, que limita o consumo. A limitação do consumo acaba por reduzir a ingestão de açúcar solúvel, que é a fração que contribui com a maior parte do fornecimento de energia para o animal. Baseado nisso, uma possível estratégia para utilização da cana-de-açúcar na alimentação de animais mais produtivos, seria fornecer o material com tamanho de partícula muito reduzido, aumentando a taxa de passagem da fibra sem prejudicar a utilização da sacarose, já que esta é utilizada muito rapidamente (Van Soest, 1995). Pereira et al (1996b) observaram maior consumo de dietas com sacharina e colmo desidratado do que em cana fresca, e atribuíram a diferença ao menor tamanho de partícula e maior taxa de passagem das dietas que tiveram maior consumo.

Outra estratégia com potencial para aumentar o consumo de dietas com cana-de-açúcar, seria retirar a casca da cana com conseqüente remoção de grande parte da fibra. No entanto, segundo Moreira (1983) e Preston (1984), esta estratégia, embora aumente a digestibilidade do material, promove ainda maior depressão no consumo e redução no desempenho dos animais. Adição de pontas de cana à dietas com cana descorticada promoveu aumento do consumo (Preston, 1984). Essa constatação sugere que a limitação do consumo da cana-de-açúcar pode não ser causada pela fibra e sim por algum outro componente da planta. Na cana-de-açúcar, o carboidrato não fibroso é composto principalmente por sacarose. Sacarose é um carboidrato solúvel de degradação ruminal muito rápida (Van Soest, 1995). Degradação ruminal muito rápida de grande quantidade de sacarose poderia levar a produção de grande quantidade de ácidos.

Um problema metabólico, como acidose ruminal pode causar baixo consumo (NRC, 2001).

Entendimento dos possíveis efeitos metabólicos e nutricionais da utilização de cana-de-açúcar com tamanho de partícula reduzido ou com retirada da fração fibrosa, pode ser de grande utilidade para definir estratégias de utilização de cana em dietas que busquem alto desempenho animal. Em diversos trabalhos, tem sido observado pH de rúmen próximo da neutralidade em dietas com cana-de-açúcar (Preston e Leng, 1980; Fukushima et al. 1986; Aroeira, 1995; Ludovico & Matos, 1997; Matarazzo, 1999). Nesses trabalhos, os animais consumiram dietas com níveis altos de fibra e com consumo de MS baixo. É necessário que se avalie melhor o ambiente ruminal de animais consumindo cana em dietas com alta porcentagem de concentrado e alto consumo. A atividade mastigatória de novilhas em dietas com cana-de-açúcar finamente moída, foi maior que a atividade mastigatória em dietas com silagem de milho (Andrade, 1999). A FDN da cana-de-açúcar parece ser capaz de promover mastigação, mesmo quando fornecida em pequeno tamanho de partícula.

O grande potencial da cana-de-açúcar é sua capacidade de produção de energia digestível por área. Pate (1981) encontrou valores entre 63 e 64% de digestibilidade da cana-de-açúcar. Considerando-se uma produção média de 25 toneladas de MS por hectare (Balsalobre, 2001), pode-se produzir aproximadamente 16 toneladas de MS digestível por hectare. Silagem de milho em condições normais produz de 9 a 10 toneladas de MS digestível por hectare. A adequação de sistemas de produção capazes de utilizar cana-de-açúcar de forma eficiente, tem potencial para produzir grandes quantidades de carne ou leite por área. Alonso & Senra(1992) propõem um sistema de produção em que vacas consumindo entre 5 e 10 Kg de MS de cana-de-açúcar por dia, suplementadas com concentrado, são capazes de produzir 10 Kg de leite por dia. Um sistema como esse seria capaz de produzir 138 kg de leite por hectare/dia,

durante 180 dias de período seco. Dependendo de condições de mercado, como preço de leite e preço dos insumos, pode ser econômico aumentar a suplementação de concentrado e, com isso, aumentar a produção por vaca e a produção por área.

Alguns trabalhos em que animais alimentados com cana-de-açúcar foram suplementados com maiores quantidades de concentrado, encontraram desempenho satisfatório em animais suplementados com cana-de-açúcar como forrageira exclusiva. Pinto et al (1994) suplementaram novilhos com 25% de concentrado e 75% de cana-de-açúcar, obtendo ganho de peso de 1,6 Kg/dia com concentrado composto por sorgo e farinha de carne, em animais em ganho compensatório. A mesma dieta promoveu ganho de 1,05 Kg/dia, se eliminado o período de ganho compensatório. Utilizando dietas com 70% de cana-de-açúcar e 30% de concentrado à base de milho e farinha de carne, Pascoal et al (1988) obtiveram ganho de peso de 1,55 kg/dia em novilhos confinados. Avaliando o desempenho de novilhas holandesas confinadas com 61,6; 69,9 e 78,0% de cana nas dietas, com o restante sendo preenchido com concentrado à base de milho, soja e glutenose, Galo et al (2000) encontraram ganho de peso de 1,00; 0,98 e 0,95 Kg/dia, respectivamente.

A grande maioria dos trabalhos com vacas em lactação foi realizada com animais de baixa produção e baixa suplementação de concentrados, com produção de leite no máximo de 10 kg/dia (Torres et al., 1991; Alonso & Senra, 1992; Ugarte et al., 1994). Mendonça et al (2001) alimentaram vacas em lactação com dietas de relação concentrado:forrageira de 40:60, sendo a forrageira exclusivamente silagem de milho ou cana-de-açúcar. A produção de leite foi 22,0 kg para as vacas alimentadas com silagem de milho, as vacas alimentadas com cana-de-açúcar produziram em média 19,2 kg de leite. Em um tratamento com cana-de-açúcar e relação concentrado:forrageira de 50:50, os animais produziram 20,1 kg de leite. Não foi encontrado na literatura nenhum

trabalho em que vacas com produção superior a 20 kg tenham sido alimentadas com cana-de-açúcar.

A utilização de cana-de-açúcar em animais de alta produção pode ser uma estratégia que permita a obtenção de grandes produções por área. O uso da cana em dietas com alto nível de inclusão de concentrados pode reduzir o efeito depressivo da cana sobre o consumo e permitir que consumo não seja um fator limitante do desempenho animal. É necessário que se determine o efeito do uso de cana com pequeno tamanho de partícula, como forragem única em dietas ricas em concentrado, sobre o comportamento de mastigação e sobre a saúde do rúmen.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, M.S. "Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber". **Journal Dairy Science**, Savoy, v.80, n.7, p.1447-1462, julho, 1997.

ALONSO, J.R. ; SENRA, A. "Production system for dairy cows without irrigation and whole sugar cane forage supplied during the dry season. Milk production and composition and live weight performance". **Cuban Journal Agricultural Science**, La Habana, v.26, n.1, p.123-129, janeiro, 1992.

ANDRADE, M.A.F. **Desempenho de novilhas holandesas alimentadas com cana-de-açúcar como forrageira único**. 1999. 56p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ANDRADE, P.; CARDOSO, R.C.; KRONKA, S.N.; BERCHIELL, T.T. "Digestibilidade de rações contendo silagem de milho ou cana-de-açúcar suplementadas com farelo de soja, farinha de soja ou "leite"de soja." **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.19, n.1, p.17-22, janeiro, 1990.

AROEIRA, L.J.M.; SILVEIRA, M.I.da; LIZIEIRE, R.S.; MATOS, L.L.de; FIGUEIRA, D.G. "Degradabilidade no rúmen e taxa de passagem da cana-de-açúcar mais uréia, do farelo de algodão e do farelo de arroz em novilhos mestiços Europeu X Zebu." **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.22, n.4, p.552-564, abril, 1993.

AROEIRA, L.J.M.; LOPES, F.C.F.; DAYRELL, M.deS.; LIZIEIRE, R.S.; TORRES, M.P. "Digestibilidade, degradabilidade e taxa de passagem da cana-de-açúcar mais uréia e do farelo de algodão em vacas mestiças Holandês X Zebu em lactação." **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 24, n. 6, p.1016-1026, junho, 1995.

BALSALOBRE, M.A.A. "Qual o custo da sua cana-de-açúcar?" Disponível em: [http/ www. milkpoint.com.br](http://www.milkpoint.com.br). Acesso em: 01/09/2001.

BARNES, A.C. "The sugar cane." 2.ed. "Aylesbury: Leonard Hill Books, 1974." 572p.

- BARON, V.S.; STEVENSON, K.R.; BUCHANAN-SMITH, J.G. "Proteolysis and fermentation of grain-corn ensiled at several moisture levels and under several simulated storage methods." **Journal Animal Science**, Savoy, v.66, n.3, p.451-461, março, 1986.
- BOEVER, J.L.de; BRABANDER, D.L.de; SMET, A.M.de; VANACKER, J.M.; BOUCQUE, C.V. "Evaluation of physical structure: 2. Maize silage." **Journal Dairy Science**, Savoy, v.76, n. 6, p.1624-1634, junho, 1993.
- CLARK, P.W.; ARMENTANO, L.E. "Influence of particle size on the effectiveness of the fiber in corn silage." **Journal Dairy Science**, Savoy, v.82, n. 3, p.581-588, março, 1999.
- COELHO, C.M. **Caracterização das proteínas do endosperma do milho visando alteração das frações que controlam qualidade nutricional**. 1997. 139p. Dissertação (Mestrado em G. M. P.) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- COORS, J.G.; CARTER, P.R.; HUNTER, R.B. "Corn Silage". In: HALLAVER, A.R. **Specialty Corns**. Boca Raton: CRC PRESS, 1994. p.305-341.
- DAVIS, A.B.; HARBERS, L.H. "Hydrolysis of sorghum grain starch by rumen microorganisms and purified porcine α -amylase as observed by scanning electron microscopy." **Journal Animal Science**, Savoy, v.38, n.4,p.900-907, abril, 1974.
- DIJKSTRA, J.; FRANCE, J.; ASSIS, A.G.; NEAL, H.D.S.T.C.; CAMPOS, O.F.; AROEIRA, L.J.M. "Simulation of digestion in cattle fed sugarcane: prediction of nutrient supply for milk production with locally available supplements." **Journal of Agricultural Science**, London, v.127, n.2, p.247-260, setembro, 1996.
- DOMBRINK-KURTZMAN, M.A.; BIETZ, J.A. "Zein composition in hard and soft endosperm of maize." **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.70, n.1, p.105-108, janeiro-fevereiro, 1993.
- FORNASIERI FILHO, D. "A cultura do milho." Jaboticabal, S.P.: FUNEP, 1992. 273p.

FUKUSHIMA, R.S.; ZANETTI, M.A.; LUCCI, C.deS. "Efeito de níveis crescentes de cana-de-açúcar (*Saccharum Officinarum* L.) na dieta de ovinos sobre a fermentação ruminal." **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.15, n.2, p.314-325, fevereiro, 1986.

GALLO, P.C.S.; PEREIRA, M.N.; ANDRADE, M.A.F. "Effect of dietary sugarcane concentration on heifer growth." **Journal Dairy Science**, Baltimore, dia 25, julho. 2000. Suppl. 1, p.114, v.83.

HARMON, D.L. "Dietary influences on carbohydrases and small intestinal starch hydrolysis capacity in ruminants." **Journal of Nutrition**, Madison, v.122, n.1, p.203-210, janeiro, 1992.

HARMON, D.L. "Nutritional regulation of post ruminal digestive enzymes in ruminants." **Journal Dairy Science**, Savoy, v.76, n.9, p.2102-2113, setembro, 1993.

• HUNTINGTON, G.B. "Starch utilization by ruminants: from basics to the Bunk." **Journal Animal Science**, Savoy, v.75, n.3, p.852-867, março, 1997.

KOTARSKI, S.F.; WANISKA, R.D.; THURN, K.K. "Starch hydrolysis by the ruminal microflora." **Journal of Nutrition**, Madison, v.122, n.1, p.178-190, janeiro, 1991.

KREIKEMEIER, K.K.; HARMON, D.L.; BRANDT, R.T.; AVERY, T.B.; COCHRAN, R.C. "Effect of various levels of abomasal glucose, corn starch and corn dextrin on small intestinal disappearance and net glucose absorption." **Journal Animal Science**, Savoy, v.69, n.2, p.328-341, fevereiro, 1990.

LEACH, H.A.; SCHOCH, T.J. "Structure of the starch granule. II- Action of various amylases on granular starch." **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.38, n.1, p.34-46, janeiro-fevereiro, 1961.

• LENDING, C.R.; LARKINS, B.A. "Changes in the zein composition of protein bodies during maize endosperm development." **The Plant Cell**, Toneytown, v.1, n.10, p.1011-1023, outubro, 1989.

LENDING, C.R.; LARKINS, B.A. "Effect of the floury-2 locus on protein body formation during maize endosperm development." **Protoplasma**, Wien-Áustria, v.171, n. 3 e 4, p.123-133, março-abril, 1992.

LICHTENWALNER, R.E.; ELLIS, E.B.; ROONEY, L.W. "Effect of incremental dosages of the waxy gene of sorghum on digestibility." **Journal Animal Science**, Savoy, v.46, n.5, p.1113-1119, maio, 1978.

LUDOVICO, A.; MATTOS, W.R.S. "Avaliação de dietas à base de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) e diferentes níveis de semente de algodão (*Gossypium hirsutum* L.)." **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.26, n.2, p.403-410, fevereiro, 1997.

MARTIN, P.C. "Sugar cane forage for cattle feeding." **Cuban Journal Agriculture Science**, La Habana, v.31, n.2, p.223-233, fevereiro, 1997.

MATARAZZO, S.V. **Teores de uréia com cana-de-açúcar-de-açúcar: fermentação ruminal e concentrações de uréia plasmática em bovinos leiteiros.** 1999. 63p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiroz, Piracicaba.

- MCALLISTER, T.A.; PHILLIPPE, R.C.; RODE, L.M.; CHENG, K.J. "Effect of the protein matrix on the digestion of cereal grains by ruminal microorganisms." **Journal Animal Science**, Savoy, v.71, n.1, p.205-212, janeiro, 1993.

MCALLISTER, T.A.; RODE, L.M.; MAJOR, D.J.; CHENG, K.J.; BUCHANAN-SMITH, J.G. "Effect of ruminal microbial colonization on cereal grain digestion." **Journal Animal Science**, Savoy, v.70, n.3, p.571-579, março, 1990.

MENDONÇA, S.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; LANA, R.P.; SOARES, C.A.; ASSIS, A.J. "Cana-de-açúcar como forrageira único para vacas de leite: 1. produção e composição do leite." In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba – S.P. **Anais...** Piracicaba – S.P.: SBZ, 2001. p.1212-1214.

MENEZES JUNIOR., M.P.; SANTOS, F.A.P.; GUIDI, M.T.; PIRES, A.V.; RIBEIRO, C.V.D.M. "Processamento do grão de milho e sua substituição parcial por polpa de citrus sobre os parâmetros ruminais e composição do leite de vacas holandesas." In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa - M.G. **Anais ... Viçosa - M.G.: SBZ, 2000. p.474.**

MERTENS, D.R. "Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows." **Journal Dairy Science**, Savoy, v.80, n.7, p.1463-1481, julho, 1997.

MOREIRA, H.A. "Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos." **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.9, n.108, p.14-16, dezembro, 1983.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**, 7.ed. Washington - DC : National Academy of Sciences, 2001. 381p.

OLIVEIRA, J.S. **Utilização de cana + uréia na recria de bovinos**. Coronel Pacheco - M.G.: (Embrapa - Circular Técnico, n.23), 1985, 20p.

ORSKOV, E.R. "Starch digestion and utilization in ruminants." **Journal Animal Science**, Savoy, v.63, n.6, p.1624-1633, junho, 1986.

OWENS, F.N.; ZINN, R.A.; KIM, Y.K. "Limits to starch digestion in the ruminant small intestine." **Journal Animal Science**, Savoy, v.63, n.6, p.1634-1648, junho, 1986.

PAIVA, E.; KRIZ, A.L.; PEIXOTO, M.J.V.V.D.; WALLACE, J.C.; LARKINS, B.A. "Quantitation and distribution of γ - zein in the endosperm of maize kernels." **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.68, n.3, p.276-279, maio-junho 1991.

PASCOAL, L.L.; SANCHEZ, L.M.B.; ZANELLA, I.; GOMES, R.; MOOJEN, E.E.L. "Desempenho de novilhos confinados submetidos a duas diferentes fontes proteicas associadas com capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) ou cana-de-açúcar (*Sacharum officinarum*)." In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 25., 1988, Viçosa - M.G. **Anais ... Viçosa - M.G.: SBZ, 1988. p.97-98.**

PATE, F.M.. "Fresh chopped sugar cane in growing – finishing steer diets." **Journal Animal Science**, Savoy, v.53, n.4, p.881-888, abril, 1981.

PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.deC.; GARCIA, R.; LOURES, E.G.; LEÃO, M.I. "Consumo e digestibilidade total e parcial dos nutrientes de dietas contendo cana-de-açúcar (*Saccharum Officinarum* L.), sob diferentes formas, em bovinos." **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.25, n.4, p.750-762, abril, 1996b.

PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.deC.; GARCIA, R.; RIBEIRO, K.G.; QUEIROZ, A.C.de. "Degradabilidade *in vivo* e *in situ* de nutrientes e eficiência de síntese de proteína microbiana, em bovinos, alimentados com cana-de-açúcar sob diferentes formas." **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.25, n.4, p.763-777, abril, 1996a.

PHILIPPEAU, C.; LANDRY, J.; MICHALET-DOREAU, B. "Influence of the biochemical and physical characteristics of the maize grain on ruminal starch degradation." **Journal Agricultural Food Chemistry**, Washington, v.46, n.10, p.4287-4291, outubro, 1998.

PHILIPPEAU, C.; LANDRY, J.; MICHALET-DOREAU, B. "Influence of the protein distribution of maize endosperm on ruminal starch degradability." **Science Food Agriculture**, v.80, n.2, p.404-408, fevereiro, 2000.

- PHILIPPEAU, C.; LE DESCHAULT DE MONREDON, F.; MICHALET-DOREAU, B. "Relationship between ruminal starch degradation and the physical characteristics of corn grain." **Journal Animal Science**, Savoy, v.77, n.1, p.238-243, janeiro, 1999a.

PHILIPPEAU, C.; MARTIN, C.; MICHALET-DOREAU, B. "Influence of grain source on ruminal characteristics and rate, site, and extent of digestion in beef steers." **Journal Animal Science**, Savoy, v.77, n.6, p.1587-1596, junho, 1999b.

PHILIPPEAU, C.; MICHALET-DOREAU, B. "Influence of genotype and ensiling of corn grain on *in situ* degradation of starch in the rumen." **Journal Dairy Science**, Savoy, v.81, n.8, p.2178-2184, agosto, 1998.

PHILIPPEAU, C.; MICHALET-DOREAU, B. "Influence of genotype and stage of maturity of maize on rate of ruminal starch degradation." **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v.68, n.1, p.25-35, janeiro, 1997.

PINTO, J.B.; SANCHEZ, L.M.B.; ZANELLA, J.R.I.; PIRES, M.B.G. "Avaliação de dietas baseadas em cana-de-açúcar para terminação de novilhos em confinamento." **Ciência Rural**, Santa Maria, v.24, n.1, p.155-160, janeiro, 1994.

PRADO, I.N.; PINHEIRO, A.D.; ALCALDE, C.R.; ZEOULA, L.M.; NASCIMENTO, W.G.; IWAYAMA, P.T. "Níveis de substituição do milho pela polpa de *citrus* peletizada sobre o desempenho e características de carcaça de bovinos mestiços confinados." In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa – M.G. **Anais ... Viçosa - M.G.: SBZ, 2000. p.465.**

PRATT, R.C.; PAULIS, J.W.; MILLER, K.; NELSEN, T.; BIETZ, J.A. "Association of zein classes with maize kernel hardness." **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.72, n.2, p.162-167, março-abril, 1995.

PRESTON, T.R.; LENG, R.A. "Utilization of tropical feeds by ruminants." In: RUCKEBUSCH, Y.; THIVEND, P. "**Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants.**" Connecticut: AVI Publishing Company, 1980. p.621-640.

PRESTON, T.R.. "Urea Y caña de azúcar en la alimentación de bovinos." In:

REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 21., 1984, Belo Horizonte – M.G. **Anais ... Belo Horizonte – M.G.: SBZ, 1984. p.99-100.**

RIBEIRO, E.G.; ESTRADA, L.H.C.; FONTES, C.A.A.; AGUIAR, R.S.; ROCHA, L.V. "Níveis de substituição da silagem de milho pela cana-de-açúcar na alimentação de vacas de leite (consumo alimentar)." In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa – M.G. **Anais ... Viçosa - M.G.: SBZ, 2000. p. 464.**

ROBUTTI, J.L.; HOSENEY, R.C.; WASSON, C.E. "Modified opaque-2 corn endosperms: II- structure viewed with a scanning electron microscope." **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.51, n.2, p.173-179, março-abril, 1974.

RODRIGUES, A.A.; PRIMAVESI, O.; ESTEVES, E.S.N. "Efeito da qualidade de variedades de cana-de-açúcar sobre seu valor como alimento para bovinos." **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.12, p.1333-1338, dezembro, 1997.

RODRIGUES, A.deA.; TORRES, R.A.; ESTEVES, S.N. "Efeito da suplementação com nitrogênio e enxofre no consumo e ganho de peso por novilhas alimentadas com cana-de-açúcar." **ARS Veterinária**, São Carlos, v.8, n.2, p.148-155, fevereiro, 1992.

RODRIGUEZ, N.M.; TORRES, M.P.; FIGUEIRA, D.G.; AROEIRA, L.J.M.; LOPES, F.C.F. "Efeito do nível de uréia sobre a digestibilidade aparente e o balanço de nitrogênio em bovinos alimentados com cana-de-açúcar e farelo de algodão." **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 45, n.1, p.59-70, janeiro, 1993.

ROONEY, L.W.; PFLUGFELDER, R.L. "Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn." **Journal Animal Science**, Savoy, v.63, n.6, p.1607-1623, junho, 1986.

SANTOS, J.E.P.; HUBER J.T.; THEURER, C.B.; NUSSIO, L.G.; TARAZON, M.; SANTOS, F.A.P. "Response of lactating dairy cows to steam-flaked sorghum, steam-flaked corn, or steam-rolled corn and protein sources of differing degradability." **Journal Dairy Science**, Savoy, v.82, n.4, p.728-737, abril, 1999.

SECKINGER, H.L.; WOLF, M.J. "Sorghum protein ultrastructure as it relates to composition." **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.50, n.4, p.455-465, julho-agosto, 1973.

SHABI, Z.; BRUCKENTAL, I.; ZAMWELL, S.; TAGARI, H.; ARIELI, A. "Effects of extrusion of grain and feeding frequency on rumen fermentation, nutrient digestibility, and milk yield and composition in dairy cows." **Journal Dairy Science**, Savoy, v.82, n.6, p.1252-1260, junho, 1999.

SHULL, J.M.; CHANDRASHEKAR, A.; KIRLEIS, A.W.; EJETA, G. "Development of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) endosperm in varieties of varying hardness." **Food Structure**, Peoria, v.9, n.3, p.253-267, 1990.

SOEST, P.J.Van. "Nutritional Ecology of the Ruminant." 2.ed. London: Cornell University Press, 1995. 476p.

THEURER, C.B. "Grain processing effects on starch utilization by ruminants." **Journal Animal Science**, Savoy, v.63, n.6, p.1649-1662, junho, 1986.

THEURER, C.B.; HUBER, J.T.; DELGADO-ELORDUY, A.; WANDERLEY, R. "Invited Review: summary of steam-flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows." **Journal Dairy Science**, Savoy, v.82, n.10, p.1950- 1959, outubro, 1999.

TORRES, R.deA.; SCHALCH, U.; MATOS, L.L.de; BARBOSA, R.B. "Suplementação de pastagens de baixa qualidade com a mistura cana-de-açúcar, uréia e sulfato de cálcio." In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 28., 1991, João Pessoa – PB. **Anais ... João Pessoa – PB: SBZ**, 1991. p.294.

UGARTE, J.; GALINDO, J.; PUJOLS, M.; MORA, E.; DIAZ, S. "Substitution of urea by home made protein molasses (HPM) as a supplement for dairy cows fed sugar cane: effect on milk yield and sugar cane fibre digestibility." **Cuban Journal Agriculture Science**, La Habana, v.28, n.1, p. 161-166, janeiro, 1994.

WALKER, J.A.; HARMON, D.L. "Influence of ruminal or abomasal starch hydrolysis infusion on pancreatic exocrine secretion and blood glucose and insulin concentration in steers." **Journal Animal Science**, Savoy, v.73, n.12, p.3766-3774, dezembro, 1995.

WEAVER, D.E.; COPPOCK, C.E.; LAKE, G.B.; EVERETT, R.W. "Impact of maturation on composition and *in vitro* dry matter digestibility of corn plant parts." **Journal Dairy Science**, Savoy, v.61, n.8, p.1782-1788, agosto, 1978.

WEISS, W.P.; WYATT, D.J. "Effect of oil content and kernel processing of corn silage on digestibility and milk production by dairy cows." **Journal Dairy Science**, Savoy, v.83, n.2, p.351-358, fevereiro, 2000.

WOLF, M.J.; BUZAN, C.L.; MACMASTERS, M.M.; RIST, C.E. "Structure of the mature corn kernel: III microscopic structure of the endosperm of dent corn." **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.29, n.3, p.349-361, maio-junho, 1952.

CAPÍTULO II

DESEMPENHO DE VACAS HOLANDESAS ALIMENTADAS COM CANA-DE-AÇÚCAR E COM SILAGEM DE MILHO COM GRÃOS DE TEXTURA DURA OU MACIA

RESUMO

CORRÊA, Clóvis Eduardo Sidnei. Desempenho de vacas Holandesas consumindo cana-de-açúcar ou silagem de milho diferindo na textura dos grãos. Lavras: UFLA, 2001. 102p. (Tese – Doutorado em Zootecnia) ¹.

O milho cultivado no Brasil é de textura predominantemente dura; estes têm maior perda na digestibilidade do amido por avançar da maturidade que cultivares macios. A utilização de cultivares macios potencialmente amplia o período de ensilagem do milho. A cana-de-açúcar não tem sido utilizada como forrageira dietética única para vacas leiteiras de alta produção, apesar do seu alto potencial agrônômico e nutritivo. Nove vacas Holandesas em lactação foram alocadas em três quadrados latinos 3x3 com períodos de 21 dias. As dietas experimentais continham 200 g de FDN oriundo de diferentes forragens por kg de matéria seca: Silagem de milho de textura dura ensilado no estágio de maturação metade da linha do leite (MD), silagem de milho de textura macia ensilado no estágio de maturação linha negra (MM) ou cana-de-açúcar (CA). Não houve diferença detectável estatisticamente entre híbridos de milho na produção (34,2 vs 34,6 kg/d) e composição do leite, no consumo de matéria seca (23,0 vs 23,2 kg/d) e na digestibilidade aparente de nutrientes no trato digestivo total ($P>0,37$ para o contraste MM vs MD). A cana-de-açúcar deprimiu o consumo (21,5 kg/d) e a produção de leite (31,9 kg/d) ($P<0,05$ para o contraste CA vs MM+MD). A menor digestibilidade da FDN da cana comparada à das silagens (23,1 vs 42,1%, $P<0,001$) foi compensada pela maior digestibilidade da matéria orgânica não-fibrosa (79,8 vs 74,8%, $P=0,02$), igualando a digestibilidade da matéria orgânica (63,9 vs 65,5%, $P=0,52$). A atividade mastigatória e o pH ruminal não foram diferentes entre tratamentos ($P>0,13$). A cana parece ser uma alternativa para alimentar grupos de vacas Holandesas produzindo até 32 kg de leite por dia. A utilização de milho dentado parece ser uma maneira de ampliar o período de colheita do milho para silagem sem reduzir o desempenho animal.

¹ Comitê Orientador: Marcos Neves Pereira - UFLA (orientador); Renzo Garcia Von Pinho - UFLA; José Camisão de Souza - UFLA.

ABSTRACT

CORRÊA, Clóvis Eduardo Sidnei. **Performance of Holsteins cows fed sugarcane or corn silage differing in grain texture silage.** Lavras:UFLA, 2001. 102p. (Thesis - Doctor in Animal Science)¹.

Corn cultivated in Brazil is predominantly of hard texture; these have greater decay in starch digestibility with advancing maturity than soft cultivars. Utilization of soft cultivars potentially increase the ensilaging period of corn. Sugarcane has not been used as the only dietary forage for high producing dairy cows, even having a high agronomic and nutritive potential. Nine lactating Holstein cows were allocated to three 3x3 latin squares with 21-day periods. The experimental diets contained 200 g of NDF from three different forages per kg of dry matter: Hard texture corn silage ensiled at the half milk line stage of maturity (MD), soft texture corn silage ensiled at the black layer stage of maturity (MM) or sugarcane (CA). There was no detectable statistical difference between corn hybrids in milk production (34.2 vs 34.6 kg/d) and composition, dry matter intake (23.0 vs 23.2 kg/d) and total tract apparent digestibility of nutrients ($P>0.37$ for the contrast MM vs MD). Sugarcane decreased intake (21.5 kg/d) and milk production (31.9 kg/d) ($P<0.05$ for the contrast CA vs MM+MD). The lower sugarcane NDF digestibility compared with corn silage (23.1 vs 42.1%, $P<0.001$) was compensated by the higher nonfiber carbohydrate digestibility (79.8 vs 74.8%, $P=0.02$), equalizing the organic matter digestibility (63.9 vs 65.5%, $P=0.52$). The chewing activity and the rumen pH was not different between treatments ($P>0.13$). Sugarcane can be a viable option to feed groups of cows producing up to 32 Kg of milk per day. The utilization of dent corn can be a way to increase the harvest period of corn to produce silage without decreasing animal performance.

¹ Guidance committee: Marcos Neves Pereira - UFLA (Adviser); Renzo Garcia Von Pinho - UFLA; José Camisão de Souza - UFLA.

1 INTRODUÇÃO

Forrageiras com baixo conteúdo de carboidratos fibrosos de degradação lenta no rúmen e alta proporção de carboidratos não fibrosos, como o amido e a sacarose, propiciam a produção de leite com baixo uso de grãos por litro produzido, devido ao seu alto valor energético. A silagem de milho e a cana-de-açúcar são forrageiras com características de alta produção de matéria seca por área e alto valor energético, possibilitando a obtenção de alta lotação animal em dietas formuladas com alta proporção de forragens em relação aos alimentos concentrados. Nas fazendas brasileiras que trabalham com animais especializados em produção de leite, a silagem de milho tem sido a forrageira prevalente. A alta capacidade da cana de acumular sacarose por hectare, vem sendo utilizada pela indústria do açúcar e do álcool, garantindo o alto nível tecnológico desta cultura no Brasil e o potencial de produção por área superior ao do milho. A confirmação científica da possibilidade de se substituir total ou parcialmente a silagem de milho por cana-de-açúcar, pode aumentar a eficiência das fazendas que possuem bovinos de alto potencial leiteiro.

A cana-de-açúcar tem sido recomendada para propriedades leiteiras que utilizam vacas de baixo potencial produtivo, submetidas a regimes alimentares que não buscam alto desempenho lactacional por animal (Preston & Leng, 1980). Em dietas constituídas apenas por cana e uréia, fatores ligados à formulação, e não exclusivamente à cana, podem explicar o baixo consumo (Sucupira, 1998) e a incapacidade de manutenção de balanço energético positivo de vacas não lactantes e não gestantes (Stacchini, 1998). A utilização da cana-de-açúcar, como a de outros alimentos, deveria ser baseada em formulações dietéticas que incorporem recomendações de modelos nutricionais de uso prático (NRC, 2001). Foram observados ganhos diários de peso em torno de 1 kg quando a cana foi utilizada em formulações dietéticas para novilhas Holandeses,

mesmo sendo limitante do desempenho, comparativamente à silagem de milho (Andrade, 1999). A cana também foi adequada para bovinos leiteiros produzindo 20 kg de leite por dia, em dietas formuladas com cerca de 50% da matéria seca de alimentos concentrados (Mendonça et al, 2001). O potencial de suporte produtivo da cana-de-açúcar, em dietas balanceadas, precisa ser melhor definido para direcionar sua recomendação. Não existem dados científicos que suportam a utilização da cana-de-açúcar em dietas formuladas para animais em lactação de alto desempenho.

Os grãos de milho podem ser classificados quanto à textura em dentado ou duro. Os grãos do tipo dentado são constituídos por amido mole e poroso e têm baixa densidade. Os grãos duro têm endosperma duro ou cristalino, ocupando quase todo o volume do grão e possui baixa proporção de endosperma farináceo (Fornasieri Filho, 1992). A vitreosidade é definida como a proporção de endosperma duro (vítreo) com relação ao endosperma total. Grãos duros têm alta vitreosidade e densidade. Na região produtora de milho dos Estados Unidos, o milho cultivado é quase, em sua totalidade, de grãos dentados (Coors, 1994) e o milho cultivado no Brasil é predominantemente duro. Existem evidências de que, quanto maior a vitreosidade do grão de milho, menor a degradabilidade ruminal do amido (Philippeau & Michalet-Doreau, 1997; Philippeau et al, 1999). É necessário compreender o efeito da textura do grão de milho sobre o desempenho de vacas leiteiras alimentadas com silagens de cultivares brasileiros.

Calestine et al. (2001) observaram que a degradação ruminal da matéria seca de grãos de dois híbridos duros e dois dentados, disponíveis no mercado brasileiro, caiu com o avançar do estágio de maturação ($P < 0,001$ para o efeito quadrático de estágio de maturação). Queda acentuada na degradabilidade ruminal ocorreu quando o híbrido passou do estágio de metade de linha do leite para o estágio de linha preta (maturidade fisiológica). O efeito negativo da

maturidade sobre a degradabilidade ruminal foi mais acentuado nos híbridos duros ($P < 0,001$ para a interação entre textura e estágio de maturação), e de maior vitreosidade (67,1 vs 44,3% do endosperma). Parece que a utilização de híbridos dentados, comparativamente a híbridos duros, pode resultar em menor queda relativa na digestão ruminal do amido, em decorrência do atraso no ponto de colheita.

Como a ensilagem de milho no Brasil é feita durante o período chuvoso do ano, esta prática está sujeita a falhas operacionais, que muitas vezes resultam em atraso não proposital no ponto de colheita da planta. Como a queda relativa na degradabilidade ruminal com o avançar da maturação foi menor em grãos dentados que duros (Caletine et al, 2001), testou-se a hipótese de que a utilização de milho dentado seria uma maneira de ampliar a janela de colheita do milho para silagem, sem reduzir o desempenho animal. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho lactacional de vacas Holandesas consumindo uma dieta, contendo silagem de milho dentado ensilado mais tardiamente que a silagem de milho de grãos duros. Concomitantemente, foi avaliado o potencial da cana-de-açúcar em formulações dietéticas para vacas leiteiras de alta produção.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento se desenvolveu em uma fazenda localizada no município de Ijaci, sul de Minas Gerais. Nove vacas Holandesas, 6 multíparas e 3 primíparas, com 123 \bar{X} 33 dias em lactação (média \bar{X} desvio padrão) no início do período experimental, foram alimentadas individualmente em *Tie Stall* com camas de areia e acesso contínuo a água. As multíparas foram bloqueadas em dois grupos de três vacas com base na produção de leite imediatamente anterior ao início do período experimental e aleatoriamente alocadas a uma de três possíveis sequências de tratamentos em dois Quadrados Latinos, 3 x 3 com períodos de 21 dias. Um terceiro quadrado foi composto pelas primíparas. Os três quadrados receberam os tratamentos ao mesmo tempo. Os três tratamentos foram: silagem de milho macio (Agroceres 4051) ciclo do milho colhido no estágio de linha preta (MM), silagem de milho duro (Pioneer 3041) colhido no estágio de metade da linha do leite (MD) e cana-de-açúcar (variedade RB 72454) (CA), cujas composições de nutrientes encontram-se na Tabela 1A. As três opções forrageiras foram utilizadas como forrageira dietética única, em dietas formuladas com mesma relação concentrado volumoso (Tabela 2A) e níveis iguais de PB e FDN de forragem (Tabela 3A).

As silagens foram armazenadas em dois silos do tipo trincheira, com capacidade para 15 toneladas e abertura de boca dimensionada para permitir a retirada de fatias diárias de 20 cm, suficientes para alimentar as três vacas recebendo cada tratamento. A cana-de-açúcar foi colhida diariamente e picada duas vezes ao dia em picadeira estacionária, sem sofrer despalhamento ou retirada de pontas.

Os ingredientes dietéticos (Tabela 2A) foram manualmente pesados e misturados para oferecimento aos animais na forma de dieta completa, fornecida

duas vezes ao dia, às 7:00 horas da manhã e 4:00 horas da tarde, em quantidade suficiente para propiciar 10% do oferecido como sobras. A proporção de ingredientes na matéria seca dietética foi mantida constante, por monitoramento semanal da porcentagem de matéria seca das forragens por secagem em aparelho de desidratação do tipo Koster (Koster Crop Tester, Strongsville, OH, EUA). O Glúten de milho foi utilizado no tratamento com cana-de-açúcar, para elevar a proteína na dieta com cana a teores similares às dietas com silagem de milho, mas mantendo a maior similaridade possível em qualidade protéica.

O peso das sobras alimentares foi determinado duas vezes por dia, durante todo o experimento. A quantidade de alimentos oferecida, menos as sobras alimentares, foi considerada o consumo diário de matéria natural. Nos dias 15 a 20 de cada período, as sobras foram amostradas, congeladas e foi formada uma amostra composta para cada vaca por período, por união de quantidades iguais de matéria natural de cada amostra. Nos mesmos dias, foram coletadas amostras diárias das silagens, da cana-de-açúcar e dos concentrados. As amostras das forrageiras foram congeladas imediatamente após a amostragem e os concentrados foram armazenados em temperatura ambiente, para posterior formação de uma amostra composta de cada alimento por período experimental. O consumo de matéria seca foi calculado, multiplicando o consumo diário de matéria natural de cada alimento, entre os dias 15 e 20 de cada período, por seu teor de MS; deste número foi subtraída a sobra diária de MS.

No 21º dia de cada período, as vacas foram pesadas. As vacas foram ordenhadas diariamente às 2:00, às 10:00 e às 18:00 horas, durante todo o experimento. Nos dias 18, 19 e 20 de cada período, o leite foi pesado e uma amostra de 80 ml de cada ordenha foi coletada individualmente. Em cada amostra, adicionou-se 2 ml do conservante bronopol (DF Control System, Dublin, CA, EUA). As amostras foram armazenadas a 5°C. Ao final da nona

ordena, as amostras foram imediatamente levadas ao laboratório da CCPL-Itambé (Anel Rodoviário km 9, Belo Horizonte, MG), para análise de proteína e gordura por espectroscopia de infravermelho (Bentley Instruments, Chaska, MN, EUA).

Do dia 10 ao 19 de cada período, todos os animais receberam cápsulas contendo 5 g de óxido crômico (Sulfal Química, Belo Horizonte, MG), duas vezes ao dia, para estimativa da produção fecal e determinação da digestibilidade aparente dos nutrientes no trato digestivo total. No dia 16 de cada período, iniciou-se a coleta de fezes. As coletas de fezes ocorreram de 4 em 4 horas, entre os dias 16 e 19, por amostragem direta no reto de cada animal. A cada dia, o horário de coleta foi atrasado em 1 hora, de modo que ao final do quarto dia, havia ocorrido uma coleta em cada uma das 24 horas do dia. Foi formada uma amostra composta das fezes de cada vaca em cada período, por união de amostras isovolumétricas de cada amostra fecal. As amostras de fezes foram mantidas a -20°C da coleta até os procedimentos de análise.

As amostras compostas por período, de alimentos, sobras e fezes, foram desidratadas em estufa ventilada por 72 horas a 58°C e moídas em peneira de 1 mm em moinho tipo Thomas Willey. Uma sub-amostra foi levada a estufa de 105°C por 24 horas, para determinação do teor de matéria seca. A proteína bruta foi determinada por aparelho de destilação a vapor Microkjeldhall (A.O.A.C., 1975). O conteúdo de cinzas foi determinado por incineração a 550°C por 8 horas. A FDN foi determinada por análise não sequencial, de acordo com Van Soest et al (1991). A técnica de FDN utilizou 0,5 g de sulfito de sódio e 200 μl de α -amilase, 100 μl adicionados ao becker, durante a fervura da amostra em solução de detergente neutro e 100 μl , quando da filtragem em cadinho com água quente. A porcentagem de amido foi determinada por degradação enzimática das amostras com amilase (Sigma – A3306) e amiloglicosidase (Sigma, A3514) (Bal et al, 2000). A técnica utilizada faz leitura da concentração

de glicose, após digestão enzimática do amido à glicose. Se a amostra tiver glicose livre antes da digestão enzimática, esta é lida e pode ser interpretada como se fosse resíduo da digestão do amido. Por isso, nesse trabalho, o resultado dessa análise foi expresso como amido + glicose livre. A composição em nutrientes da dieta consumida (Tabela 3A) foi calculada a partir da composição dos alimentos, sua proporção na matéria seca oferecida (Tabela 2A) e a quantidade oferecida a cada vaca, em cada período, seguido por subtração dos nutrientes contidos nas sobras por animal. Os nutrientes consumidos foram então divididos pelo total de matéria seca consumida por tratamento.

A produção fecal foi estimada por análise da concentração de cromo nas fezes (Williams et al, 1962). Uma grama da amostra pré-seca de fezes foi incinerada à 550°C por 8 horas e submetida à digestão com solução formulada com 1000 ml de ácido fosfórico (85%), 30 ml de sulfato de manganês (10%) e 4 ml de bromato de potássio (4,5%), em banho de areia, até terminar efervescência. O material foi então transferido para outro recipiente, onde foi adicionado 25 ml de cloreto de cálcio (4.000 ppm) e o volume foi completado para 100 ml com água destilada. Esta solução foi filtrada em papel de filtro (Whatman n°40), para posterior análise da solução por espectrofotometria de absorção atômica, em aparelho (Varian AA-100) calibrado com padrões contendo 0, 4,0, 8,0, 15,5 e 31,25 ppm de cromo. Foi calculada a digestibilidade aparente no trato digestivo total da matéria seca (DMS), da FDN (DFDN), do Amido e Glicose Livre (DAGL), da matéria orgânica (DMO) e da matéria orgânica não FDN (DMONFDN). O consumo de matéria orgânica digestível (CMOD) foi calculado, multiplicando a DMO estimada entre os 16 e 19 de cada período, pelo consumo de matéria orgânica (MO) determinado entre os dias 15 e 20.

A atividade mastigatória foi determinada no dia 20 de cada período, por observação visual da atividade bucal de cada animal, a cada 5 minutos do dia,

por 24 horas contínuas. As atividades bucais consideradas foram de ingestão de alimento, de ingestão de água, de ruminação e de ócio. O tempo de mastigação em minutos por dia foi definido como a soma dos tempos de ingestão de alimento e de ruminação. Os tempos de mastigação, ingestão e ruminação por unidade de matéria seca consumida, foram determinados com base no consumo diário de matéria seca, determinado entre os dias 15 e 20.

No dia 21 de cada período, foram obtidas amostras de fluido ruminal para determinação do pH. A amostragem ocorreu dez horas após a alimentação da manhã, permanecendo os animais com acesso normal ao alimento durante o período que antecedeu a coleta. A retirada do líquido ruminal foi realizada por aspiração percutânea do saco ventral do rúmen (ruminocentese) (Garret et al, 1999). Os animais foram amostrados aleatoriamente dentro de quadrado. O pH do fluido foi determinado imediatamente após a amostragem, com um medidor portátil de pH (pH-Meter CG 837, Schott Gerãnte).

Análises Estatísticas:

As variáveis foram analisadas usando o procedimento GLM do pacote estatístico SAS (1985) com o seguinte modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + Q_i + V(Q)_{j(i)} + P_k + F_l + \varepsilon_{ijkl}$$

Em que:

μ = média geral;

Q_i = efeito de quadrado ($i = 1$ a 3);

$V(Q)_{j(i)}$ = efeito de vaca dentro de quadrado ($j = 1$ a 9);

P_k = efeito de período ($k = 1$ a 3);

F_l = efeito de forragem ($l = MM, MD, CA$);

ε_{ijkl} = erro residual assumindo independentemente e identicamente distribuído em uma distribuição normal com média 0 e variância σ^2 .

Dois contrastes ortogonais com 1 grau de liberdade foram testados: (MM+MD) versus CA, para testar a diferença entre a silagem de milho e a cana-de-açúcar e MM versus MD, para testar o efeito da textura do híbrido da silagem de milho.

Testou-se as regressões não lineares de consumo de matéria seca por dias do período experimental, para os três tratamentos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As silagens de milho utilizadas neste experimento podem ser consideradas de alta qualidade (Tabela 1A). Fonseca (2000) avaliou a silagem de 60 híbridos de milho cultivados no sul de Minas Gerais e encontrou o valor médio da FDN de 54,5%, o melhor híbrido tinha 44,5%. As silagens também podem ser consideradas de boa qualidade, quando comparadas a dados publicados na literatura internacional (Bal et al, 1997, Oba & Allen, 1999; Clark & Armentano, 1999). Fica clara a possibilidade de confecção de silagem de milho de alta qualidade no Brasil, desde que a cultura tenha tratos culturais, escolha de híbridos e momento de colheita adequados. O teor de matéria seca da silagem de milho macio (Tabela 1A) caracteriza uma planta ensilada tardiamente (Bal et al, 1997).

A cana-de-açúcar apresentou teor de FDN baixo e similar à silagem de milho. A cana se caracteriza pelo alto teor de carboidratos de degradação rápida no rúmen, predominando a sacarose, o que permite formulações dietéticas contendo baixos teores de alimentos concentrados (Tabela 2A). A utilização da cana é uma maneira de conciliar alta produção de leite por hectare, com baixo uso de alimentos concentrados por litro de leite produzido. Como a cana-de-açúcar teve PB mais baixa que as silagens de milho (Tabela 1A), a necessidade de concentrados protéicos para formular dietas iso-nitrogenadas foi maior na dieta com cana (Tabela 2A). Como o custo da proteína por unidade de nutriente é normalmente alto, dietas formuladas com cana-de-açúcar não são necessariamente formulações de baixo custo por kg de matéria seca. A utilização ou não de cana pode ser mais dependente de fatores agrônômicos e daqueles ligados à produção de leite por unidade de área do que de fatores financeiros.

A porcentagem de FDN total e oriundo da forragem foi similar nas dietas consumidas (Tabela 3A), dando suporte à possibilidade de formulação de dietas quimicamente similares por substituição total de matéria seca de silagem de milho, por cana-de-açúcar (Tabela 2A). No entanto, o perfil dietético de carboidratos muda completamente, quando cana-de-açúcar substitui silagem de milho. As inferências deste trabalho se limitam a dietas onde FDN de silagem de milho é substituída por FDN de cana-de-açúcar e amido da silagem é substituído por sacarose. Na dieta com cana, 88,5% do amido e glicose livre são originários do milho do concentrado, enquanto que nas dietas com silagem, o amido do concentrado representa cerca de 59,6% do amido total.

A cana-de-açúcar deprimiu o consumo de matéria seca (Tabela 4A). O consumo de MS como porcentagem do peso vivo foi 3,76 nas dietas com silagem e 3,48 na dieta com cana, representativo de vacas de alta produção em lactação (Pereira et al, 1999) e superior a relatos sobre o desempenho de vacas em lactação, consumindo dietas com cana como forrageira única (Mendonça et al, 2001). O efeito depressivo da cana-de-açúcar sobre o consumo tem sido amplamente relatado na literatura (Preston e Leng, 1980; Andrade, 1999; Ribeiro et al, 2000) e não foi compensado (Tabela 4A) pela suplementação com altos níveis de alimentos concentrados (Tabela 2A) e pela utilização de cana-de-açúcar de bom valor nutricional (Tabela 1A).

Uma possível razão para o baixo consumo de dietas com cana, seria a freqüente suplementação desta forrageira com uréia, um ingrediente de baixa palatabilidade (Huber & KungJr, 1981). Sucupira (1998) observou queda linear no consumo de matéria seca de vacas não lactantes, quando dietas baseadas em cana-de-açúcar foram suplementadas com níveis crescentes de uréia, em um mesmo nível dietético de FDN oriundo da forragem. No entanto, as dietas utilizadas neste trabalho não foram suplementadas com uréia (Tabela 2A). O consumo diário de matéria seca das dietas com silagem de milho, entre os dias 2

e 7 de cada período, foi 22,6 kg e o consumo da dieta com cana, no mesmo período, foi 22,7 kg (Figura 1B), aparentemente mostrando que o efeito depressivo da cana sobre o consumo não está ligado à palatabilidade da forrageira.

Segundo Allen (2000), baixa digestibilidade da fibra pode promover redução do consumo de matéria seca de vacas em lactação. A baixa digestibilidade da fibra (Tabela 5A) pode ser uma possível causa para a redução no consumo induzida pelas dietas com cana. O consumo da dieta com cana de açúcar, ao longo de cada período experimental, teve um comportamento quadrático (Figura 1B). No início de cada período, o consumo foi praticamente constante e houve tendência de queda com o passar dos dias. Esse comportamento dá suporte à possibilidade de que o enchimento do rúmen, com o avançar dos dias, tenha levado a redução do consumo nas dietas com cana-de-açúcar. Como no final do período, o consumo de MS na dieta com cana ainda apresentava tendência de queda, um período experimental mais longo poderia acentuar a diferença entre as forragens. Experimentos com delineamento contínuo elucidariam se o efeito depressivo da cana sobre o consumo de matéria seca se acentua a longo prazo.

A produção diária de leite foi 2,5 kg inferior no tratamento com cana (Tabela 4A). A menor produção de leite no tratamento com cana pode ter sido decorrente do menor consumo (Tabela 4A), desde que a menor DFDN neste tratamento foi compensada pela maior DMONFDN (Tabela 5A). O CMOD foi menor no tratamento com cana, que nos tratamentos com silagem de milho (Tabela 4A). Os dados aparentemente refletem a limitada digestibilidade do amido do grão de milho brasileiro. A substituição de amido da silagem por sacarose de cana resultou em 5 pontos percentuais de aumento na digestibilidade da MONFDN (Tabela 5A). A grande limitação nutricional da cana é a baixa digestibilidade da fibra (Preston e Leng, 1980). Entender a depressão de

consumo nas dietas com cana-de-açúcar, deve ser prioridade em pesquisas com esta forragem. A cana-de-açúcar parece não ser uma opção forrageira para grupos de animais da raça Holandesa, com demanda nutricional máxima. No entanto, produções de leite em torno de 30 kg por dia parecem ser possíveis em dietas contendo cana-de-açúcar como forrageira única.

A produção de proteína do leite foi menor nas dietas com cana, que nas dietas com silagem de milho (Tabela 4A). Embora as dietas tivessem teores semelhantes de PB (Tabela 3A), o consumo diário de PB das dietas com cana-de-açúcar foi 4,22 kg, enquanto que nas dietas com silagem de milho, o consumo foi 4,46 kg. Essa diferença no consumo de PB foi consequência do menor consumo de matéria seca e pode ter resultado em menor absorção de proteína metabolizável (NRC, 2001), no tratamento com cana-de-açúcar. A menor porcentagem de proteína do leite, nos tratamentos com silagem, provavelmente ocorreu por diluição pelo maior volume de produção (Tabela 4A). Julgando-se pela produção de proteína no leite, o atraso no ponto de ensilagem do milho não foi suficiente para afetar a disponibilidade de amido dietético no rúmen e a síntese de proteína microbiana (Tabela 4A).

Nestas dietas formuladas com 45% de forragem (Tabela 2A), o atraso no ponto de ensilagem do milho macio não reduziu significativamente a produção de leite, comparativamente ao milho duro que foi ensilado mais precocemente (Tabela 4A). A digestibilidade do amido dietético não foi significativamente reduzida pelo atraso na ensilagem do milho (Tabela 5A). Não foi detectada diferença significativa no CMOD entre os tratamentos com silagem de milho macio e milho duro (Tabela 4A). O híbrido de textura macia ensilado tardiamente não reduziu o consumo de energia e a produção de leite comparativamente a milho duro ensilado no momento adequado. A utilização de cultivares de grãos dentados tem potencial para aumentar a janela de ensilagem

do milho, resultados que estão em concordância com os dados de degradabilidade *in situ* (Caestine et al, 2001).

A cana-de-açúcar apresentou 5,5% de amido e glicose livre na MS (Tabela 1A) e o tratamento com cana era composto por 45,3% desta forrageira na MS (Tabela 2A). Portanto, dos 21,7% de amido e glicose livre desta dieta (Tabela 3A), 11,5% era da cana e 88,5% era de amido oriundo do concentrado. Assumindo 100% de digestibilidade do amido e glicose livre da cana, a digestibilidade do amido do concentrado deve ser próxima de 94,9% para que este tratamento tenha o valor de digestibilidade de amido e glicose livre total de 95,5% (Tabela 5A). Admitindo que a digestibilidade do amido do concentrado foi a mesma em todos os tratamentos, a estimativa de digestibilidade do amido na silagem de milho macio foi 80,7% e na silagem de milho duro foi 87,5%. A degradabilidade ruminal *in situ* de grãos de milho macio colhidos no estágio de linha preta foi 35% inferior à de híbridos duros colhidos na metade da linha do leite (Caestine et al, 2001). A diferença na digestibilidade estimada do amido entre as silagens neste experimento foi em torno de 8%, indicando a possibilidade da menor degradabilidade ruminal do amido do milho com avançado estágio de maturação, ter sido compensada pela digestão pós-ruminal. A aparente queda na digestibilidade do amido da silagem não foi suficiente para induzir queda na digestibilidade do amido dietético total (Tabela 5A) e na produção de leite (Tabela 4A). Diferenças em qualidade de silagem podem não se refletir em queda no desempenho lactacional, quando dietas são formuladas com cerca de 55% da MS de alimentos concentrados (Tabela 2A). Bal et al (1997) observaram que em dietas com 33% de silagem de milho na MS, o estágio de maturação da planta não afetou o desempenho de vacas em lactação, mesmo sendo observado efeito da maturidade sobre a digestibilidade da fibra e do amido dietéticos.

A porcentagem de gordura no leite, o pH ruminal e o tempo de mastigação podem ser utilizados como avaliadores da efetividade da fibra dietética (Armentano e Pereira, 1997). A porcentagem de gordura do leite (Tabela 4A) parece indicar que mudança no perfil de carboidratos dietéticos de amido para sacarose e FDN de silagem de milho para FDN de cana finamente moída, em dietas com 200 gramas de FDN de forragem por kg de MS dietética (Tabela 3A), não resultou em mudança significativa no perfil de fermentação ruminal. No entanto, a alta inclusão de amido do concentrado em todos os tratamentos pode ter mascarado possíveis diferenças de efetividade na fibra das forragens.

A efetividade física (Armentano e Pereira, 1997) da FDN da cana finamente picada foi semelhante à da silagem de milho (Tabela 6A). O tempo de mastigação por kg de MS não aumentou com a substituição de FDN de milho por FDN de cana (Tabela 6A), contrariamente aos dados de Andrade (1999) que observou maior tempo de mastigação por kg de MS consumida em novilhas consumindo dietas com 35% da MS de FDN oriundo de cana, que em novilhas consumindo a mesma proporção dietética de FDN de silagem de milho. Estes resultados não evidenciaram a necessidade de inclusão de fibra longa em dietas formuladas com cana-de-açúcar e alto teor de concentrados ricos em amido, comparativamente à silagem de milho. Apesar de não mensurado, o tamanho de partículas na dieta com cana foi menor que nas dietas com silagem, mas não resultou em sintomas de acidose ruminal como consumo baixo e variável (Figura 1B), baixo teor de gordura no leite e queda na atividade mastigatória e no pH ruminal (Tabelas 4A e 6A).

A literatura sobre perfil de fermentação ruminal em dietas com cana-de-açúcar relata valores de pH próximos de 7 (Aroeira, 1995, Ludovico e Mattos, 1997, Matarazzo, 1999, Preston e Leng, 1980), bem superiores aos observados neste trabalho (Tabela 6A). Os valores mais baixos aqui observados,

provavelmente, decorrem da utilização de animais em lactação com alto nível de ingestão de dietas ricas em carboidratos de fermentação rápida no rúmen. Gallo et al (2000) também observaram valores de pH ruminal em torno de 6,2 em novilhas Holandesas alimentadas com cana-de-açúcar. Parece que alto pH ruminal não é uma característica de animais consumindo dietas com cana como forrageira única e, sim, uma possível consequência do baixo consumo de matéria seca (Preston e Leng, 1980, Aroeira, 1995, Ludovico e Mattos, 1997, Matarazzo, 1999).

4 CONCLUSÕES

Substituição de silagem de milho por cana-de-açúcar em dietas com 200 gramas de FDN oriundo da forragem por kg de matéria seca dietética deprimiu o consumo e a produção de leite de vacas produzindo 34 kg de leite por dia. A cana parece ser uma alternativa para grupos de vacas Holandesas produzindo até 32 kg de leite por dia.

O desempenho de vacas leiteiras consumindo dietas com silagem de milho dentado ensilado no ponto de maturidade fisiológica foi similar ao desempenho com milho duro ensilado mais precocemente. A utilização de milho dentado parece ser uma maneira de ampliar o período de colheita do milho para silagem, sem reduzir o desempenho animal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS – A.O.A.C. “**Official methods of analysis.**” 12. ed., Washington, D.C., 1975. 1094p. v.1.

ALLEN, M.S. “Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating cattle.” **Journal Dairy Science**, Savoy, v.83, n.7, p.1598-1624, julho, 2000.

ANDRADE, M.A.F. **Desempenho de novilhas Holandesas alimentadas com cana-de-açúcar como forrageira único.** 1999. 56p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ARMENTANO, L.E.; PEREIRA, M.N. “Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials.” **Journal Dairy Science**, Savoy, v.80, n.7, p.1416- 1425, julho, 1997.

AROEIRA, L.J.M.; LOPES, F.C.F.; DAYRELL, M.S.; LIZIEIRE, R.S.; TORRES, M.P. “Digestibilidade, degradabilidade e taxa de passagem da cana-de-açúcar mais uréia e do farelo de algodão em vacas mestiças Holandês x Zebu em lactação.” **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 24, n.6, p.1016-1026, junho, 1995.

BAL, M.A.; COORS, J.G.; SHAVER, R.D. “Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion, and milk production.” **Journal Dairy Science**, Savoy, v.80, n.10, p.2497-2503, outubro, 1997.

BAL, M.A.; SHAVER, R.D.; JIROVEC, A.G.; SHINNERS, K.J.; COORS, J.G. “Crop processing and chop length of corn silage: effects on intake, digestion, and milk production by dairy cows.” **Journal Dairy Science**, Savoy, v.83, n.6, p.1264-1273, junho, 2000.

CALESTINE, G.A.; PEREIRA, M.N.; BRUNO, R.G.S.; PINHO, R.G.Von; CORREA, C.E.S. "Effect of corm grain texture and maturity on ruminal *in situ* degradation." *Journal Dairy Science*, Indianápolis, 24, julho. 2001. Suppl. 1, p.419, v.84.

CLARK, P.W.; ARMENTANO, L.E. "Influence of particle size on the effectiveness of the fiber in corn silage." *Journal Dairy Science*, Savoy, v.82, n.3, p.581-588, março, 1999.

COORS, J.G.; CARTER, P.R.; HUNTER, R.B. "Corn Silage". In: HALLAVER, A.R. *Specialty Corns*. Boca Raton: CRC PRESS, 1994. p.305-341.

FONSECA, A.H. **Características químicas e agronômicas associadas à degradabilidade da silagem de milho**. 2000. 93p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FORNASIERI FILHO, D. "A cultura do milho." Jaboticabal, S. P.: FUNEP, 1992. 273p.

GALLO, P.C.S.; PEREIRA, M.N.; ANDRADE, M.A.F. "Effect of dietary sugarcane concentration on heifer growth." *Journal Dairy Science*, Baltimore, dia 25, julho, 2000. Suppl. 1, p.114, v.83.

GARRET, E.F.; PEREIRA, M.N.; NORDLUND, K.V.; ARMENTANO, L.E.; GOODGER, W.J.; OETZEL, G.R. "Diagnostic methods for the detection of subacute ruminal acidosis in dairy cows." *Journal Dairy Science*, Savoy, v.82, n.6, p.1170-1178, junho, 1999.

HUBER, J.T.; KUNG JR, L. "Protein and nonprotein utilization in dairy cattle." *Journal Dairy Science*, Savoy, v.64, n.6, p.1170-1195, junho, 1981.

LUDOVICO, A.; MATTOS, W.R.S. "Avaliação de dietas a base de cana-de-açúcar e diferentes níveis de sementes de algodão." *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 403-410, fevereiro, 1997.

MATARAZZO, S.V. **Teores de uréia com cana-de-açúcar: fermentação ruminal e concentrações de uréia plasmática em bovinos leiteiros.** 1999. 63p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiroz, Piracicaba.

MENDONÇA, S.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; LANA, R.P.; SOARES, C.A.; ASSIS, A.J. Cana-de-açúcar como forrageira único para vacas de leite: 1. Produção e composição do leite. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba – S.P. **Anais...** Piracicaba – S.P.: SBZ, 2001. p.1212-1214.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**, 7.ed. Washington – DC: National Academy of Sciences. 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.” **Journal Dairy Science**, Savoy, v.82, n.1, p.135-142, janeiro, 1999.

PEREIRA, M.N.; GARRET, E.F.; OETZEL, G.R.; ARMENTANO, L.E. “Partial replacement of forage with nonforage fiber sources in lactating cow diets. I. Performance and health.” **Journal Dairy Science**, Savoy, v.82, n.12, p.2716-2730, dezembro, 1999.

PHILIPPEAU, C.; LE DESCHAULT DE MONREDON, F.; MICHALET-DOREAU, B. “Relationship between ruminal starch degradation and the physical characteristics of corn grain.” **Journal Animal Science**, Savoy, v.77, n.1, p.238-243, janeiro, 1999.

PHILIPPEAU, C.; MICHALET-DOREAU, B. “Influence of genotype and stage of maturity of maize on rate of ruminal starch degradation.” **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v.68, n.1, p.25-35, janeiro, 1997.

PRESTON, T.R.; LENG, R.A. Utilization of tropical feeds by ruminants. In: RUCKEBUSCH, Y.; THIVEND, P. “**Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants.**” Connecticut: AVI Publishing Company, 1980. p.621-640.

RIBEIRO, E.G.; ESTRADA, L.H.C.; FONTES, C.A.A.; AGUIAR, R.S.; ROCHA, L.V. Níveis de substituição da silagem de milho pela cana-de-açúcar na alimentação de vacas de leite (consumo alimentar). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa – M.G. **Anais ... Viçosa - M.G.: SBZ, 2000. p. 464.**

S.A.S. Institute SAS® **User’s guide: STATISTICS.** 5 ed. Cary, NC, 1985. 1290p.

SOEST, P.J.Van; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. “Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition.” **Journal Dairy Science**, Savoy, v.74, n.12, p.3583-3597, dezembro, 1991.

STACCHINI, P.F. **Efeito dos teores de uréia e do farelo de soja sobre a digestibilidade e balanço de nitrogênio em vacas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar.** 1998. 67p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiróz, Piracicaba.

SUCUPIRA, M.C.A. **Efeito de níveis crescentes de uréia no consumo, volume ruminal e taxa de passagem em vacas Holandesas alimentadas com cana-de-açúcar-de-açúcar.** 1998, 66p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de agricultura Luíz de Queiróz, Piracicaba.

WILLIAMS, C.H.; DAVID, D.J.; IISMAA, O. “The determination of chromic oxide in feces samples by atomic absorption spectrophotometry.” **Journal of Agricultural Science**, London, v.59, n.3, p.381-385, novembro, 1962.

CAPÍTULO III

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE GRÃOS DE MILHO BRASILEIROS E NORTE AMERICANOS E DEGRADAÇÃO RUMINAL DA MATÉRIA SECA E DO AMIDO

RESUMO

CORRÊA, Clóvis Eduardo Sidnei. **Características físicas de grãos de milho brasileiros e norte americanos e degradação ruminal da matéria seca e do amido.** Lavras: UFLA, 2001. 102p. (Tese – Doutorado em Zootecnia) ¹.

Os cultivares de milho utilizados no Brasil são principalmente de endosperma vítreo, enquanto os dos Estados Unidos são principalmente de endosperma dentado. Milhos de grãos duros têm maiores proporções de endosperma vítreo do que o milho dentado. Aumento da vitreosidade do grão foi associado com a diminuição da degradação ruminal do amido. Entender melhor a relação entre a vitreosidade do grão e a digestibilidade do amido pode permitir mudança no direcionamento da seleção de cultivares de milho para silagem e (ou) produção de grãos, resultando em maior eficiência de utilização do milho para ruminantes. Os objetivos deste experimento foram avaliar a vitreosidade do grão e a degradação ruminal do amido *in situ* de cultivares de milho brasileiras e norte americanas, colhidos em três estádios de maturação, e determinar a relação entre a vitreosidade do grão e a degradação ruminal do amido *in situ*. Determinou-se a vitreosidade (% de endosperma vítreo no endosperma total) e a densidade (g/cm^3) dos grãos de 14 híbridos dentados norte americanos nos estádios de maturação de metade da linha do leite (ML), linha negra (LN) e maduro (MD), e de 5 híbridos duros ou semi-duros brasileiros no estádio MD. Três híbridos norte americanos e três híbridos brasileiros todos no estádio MD, representando os extremos de vitreosidade de cada país, foram degradados *in situ* em três vacas em lactação com fistulas no rúmen. Posteriormente dois híbridos em três estádios de maturação, representando os extremos de vitreosidade das cultivares norte americanas, foram degradados *in situ* nas mesmas vacas. A vitreosidade e a densidade médias dos cinco híbridos brasileiros foram respectivamente 73,1% e $1,292 \text{ g/cm}^3$, maiores ($P < 0,001$) que as médias (48,2% e $1,201 \text{ g/cm}^3$) dos 14 híbridos norte americanos. A taxa fracional de degradação do amido dos híbridos brasileiros foi 2,7 vezes menor que a dos híbridos norte americanos. A disponibilidade ruminal do amido no rúmen foi maior para os híbridos norte americanos (77,4%) do que para os brasileiros (48,5%). A vitreosidade cresceu linearmente com a maturação dos híbridos norte americanos e a degradação ruminal reduziu com o avanço de maturidade. A correlação entre vitreosidade e degradação ruminal foi 0,75. Grãos de milho brasileiro tem textura mais dura que grãos de milho norte

¹ Comitê Orientador: Marcos Neves Pereira - UFLA (orientador); Renzo Garcia von Pinho - UFLA; José Camisão de Souza - UFLA.

americanos. Com a maturação do milho ocorre aumento na vitreosidade e redução na degradação ruminal. A vitreosidade pode ser uma variável útil na seleção de híbridos de maior degradação ruminal.

ABSTRACT

CORRÊA, Clóvis Eduardo Sidnei. Brazilian e North American corn grain physical characteristics and ruminal dry matter and starch degradation. Lavras:UFLA, 2001. 102p. (Thesis - Doctor in Animal Science)¹.

The corn hybrids grown in Brazil are primarily flint-endosperm cultivars while USA hybrids are primarily dent-endosperm cultivars. Flint corn has a greater proportion of vitreous endosperm than dent corn. Increased kernel vitreousness was associated with decreased ruminal starch degradation. Understanding better the relationship between kernel vitreousness and starch digestibility may allow na improvement in the selection of corn hybrids for silage and (or) grain production resulting in improvements in utilization of corn-based diets by ruminants. The objectives of this experiment were to evaluate kernel vitreousness and ruminal *in situ* starch degradation of Brazilian and USA corn hybrids harvested as mature grain and to determine the relationship between kernel vitreousness and ruminal *in situ* starch degradation. The kernel vitreousness (% of vitreous endosperm in the total endosperm) and density (g/cm^3) were determined in 14 American hybrids at half milk line stage (ML), black layer stage (LN) and mature stage (MD), and in 5 flint or semi-flint Brazilian hybrids in MD. Three American and three Brazilian hybrids at MD, representing the extremes of vitreousness of each country were degraded *in situ* in three lactating cows fitted with rumen cannulae. Subsequently, two hybrids in three maturity stages representing the extremes of vitreousness of the American cultivars were degraded *in situ* in the same cows. The average vitreousness and density of the five Brazilian hybrids were 73.1% and 1.292 g/cm^3 respectively, greater ($P < 0.001$) than the averages (48.2% and 1.201 g/cm^3) of the 14 American hybrids. The fractional starch degradation rate of the Brazilian hybrids was 2.7 times lower than the one of the North American hybrids. The ruminal availability of the starch in the rúmen was greater for the North American hybrids (77.4%) than for the Brazilians (48.5%). The vitreousness increased linearly with the maturity of the North American hybrids and the ruminal degradation decreased with the progress of maturity. The correlation between vitreousness and ruminal degradation was 0.75. Brazilian corn kernels have harder texture than North American corn. Kernel vitreousness increases and

¹ Guidance committee: Marcos Neves Pereira - UFLA (Adviser); Renzo Garcia Von Pinho - UFLA; José Camisão de Souza - UFLA.

rumen degradation decreases with the maturity of the corn. Vitreousness can be a useful parameter to select corn hybrids of high ruminal starch degradation.

1 INTRODUÇÃO

O milho, na forma de silagem ou grãos, tem sido importante fonte de energia para ruminantes nos Estados Unidos e no Brasil. Os cultivares que estão sendo utilizados no Brasil são diferentes dos cultivados nos Estados Unidos. Os cultivares de milho utilizados no Brasil são principalmente de endosperma vítreo, enquanto os dos Estados Unidos são principalmente de endosperma dentado.

Milhos de grãos duros têm maiores proporções de endosperma vítreo (Philippeau et al, 1999) do que o milho dentado. Philippeau & Michalet-Doreau (1997) observaram que o aumento da vitreosidade do grão foi associado com a diminuição da degradação ruminal do amido. O aumento da vitreosidade do grão é uma possível explicação para a redução da digestibilidade do amido, no trato digestivo total observado na silagem de milho colhida em estágio avançado de maturação (Bal et al, 1997) e para a variação na resposta em digestibilidade do amido, após o processamento do grão de silagem de milho (Bal et al., 2000b; Dhiman et al., 2000). A Vitreosidade do grão pode estar relacionada com diferenças entre cultivares de milho na digestibilidade ruminal (Bal et al., 2000c) e também com a digestibilidade do amido no trato total (Bal et al., 2000a). Entender melhor a relação entre a vitreosidade do grão e a digestibilidade do amido pode permitir mudança no direcionamento da seleção de cultivares de milho para silagem e (ou) produção de grãos, resultando em maior eficiência de utilização do milho para ruminantes.

Os objetivos deste trabalho foram avaliar a vitreosidade do grão e a degradação ruminal do amido *in situ* de cultivares de milho brasileiras e norte americanas, colhidos em três estádios de maturação, e determinar a relação entre a vitreosidade do grão e a degradação ruminal do amido *in situ*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Quatorze híbridos comerciais de milho americanos (P3936, J2240, N2555, P38P05, DS1280, RK232, DK440, P37R71, Lemka3090, P35R57, Pfister2025, C4111, Garst8707, K7001) e cinco brasileiros (Z8501, Z8452, AG1051, Agromen3100, Tork) foram cultivados em seus respectivos países. Todos os híbridos americanos possuíam grãos dentados, enquanto os híbridos brasileiros possuíam grãos duros ou semi duros. A partir do estágio dentado inicial de maturidade, a porção média de nove espigas dos híbridos americanos foi avaliada duas vezes por semana e quinze espigas foram colhidas em três estádios de maturação: metade da linha do leite (ML), linha negra (LN), e 21-d depois da linha negra (maduro; MD). Os grãos foram congelados, debulhados enquanto congelados, e secos a 60° C por 48 horas. A matéria seca (MS) dos grãos foi (média \pm desvio padrão): 62.0% \pm 1.2, 74.3% \pm 2.7, e 87.1% \pm 2.9 para ML, LN, e MD, respectivamente. Os híbridos brasileiros foram colhidos apenas no estágio maduro; a matéria seca dos grãos foi 92.0% \pm 1.6. O material colhido foi utilizado para a realização de três experimentos:

Experimento 1. A densidade do grão foi determinada usando um picnômetro com tampa removível, que permitia a inclusão de grãos inteiros. A tampa, com ajuste perfeito, permitiu a manutenção precisa do volume interno. O picnômetro de peso conhecido foi preenchido com água destilada e pesado, determinando o peso de água necessário para preenchê-lo. Aproximadamente, 30 g de grãos secos foram pesados, inseridos dentro do picnômetro, e água destilada foi adicionada para preencher o volume interno. O picnômetro cheio de grãos + água foi então pesado. A densidade (g/cm^3) foi calculada pela divisão do peso da água deslocada pelo peso dos grãos de milho, assumindo a densidade da água igual a 1.

A vitreosidade do milho foi determinada pela dissecação manual dos grãos (Dombrink-Kurtzman & Bietz, 1993). Como a vitreosidade dos grãos varia, dependendo de sua posição na espiga (Pratt et al, 1995), o seguinte procedimento foi adotado para minimizar esse efeito: 100 grãos de cada híbrido em cada estágio de maturação foram selecionados aleatoriamente e divididos em 10 grupos, visualmente homogêneos em tamanho e forma do grão. A vitreosidade foi determinada em um grão de cada grupo selecionado aleatoriamente. Após imersão em água destilada por 3 minutos, os grãos foram secos com papel toalha e o pericarpo e o germe, removidos com bisturi. O que sobrou após a retirada do germe e do pericarpo, foi o endosperma, que foi, então, pesado (endosperma total). Em seguida, o endosperma poroso foi manualmente removido usando o bisturi, e o peso do endosperma vítreo restante foi expresso como porcentagem do endosperma total.

Experimento 2. Três híbridos americanos e três híbridos brasileiros, todos no estágio MD de maturação, foram selecionados para representar os extremos de vitreosidade. Baseado nos dados do Experimento 1, os híbridos com a mais baixa, a intermediária e a mais alta vitreosidade foram selecionados em cada país, para serem incubados no rúmen pela técnica *in situ*. A vitreosidade dos três híbridos americanos foi 34.9, 43.7 e 62.3% e dos brasileiros foi 64.2, 75.5 e 80.0%.

As degradações ruminais da matéria seca e do amido do grão de milho foram determinadas *in situ*, em três vacas holandesas em lactação fistuladas no rúmen. As vacas eram alimentadas *ad libitum* com a seguinte dieta (% de Matéria Seca): 29.4% silagem de milho, 29.4% silagem de alfafa, e 41.2% de um concentrado à base de milho, farelo de soja, minerais e vitaminas. As vacas foram submetidas a um período de adaptação de duas semanas, para iniciar a incubação no rúmen. Grãos de milho secos, como previamente descrito, foram moídos em peneira de 4 mm, em moinho tipo Thomas Willey.

Aproximadamente 5 g de material moído foi pesado e inserido em sacos de nylon de 9X18 cm. Os tempos de incubação ruminal foram 3, 6, 12, 24, e 48 horas. Os sacos foram introduzidos dentro do rúmen em tempos escalonados para que se pudesse remover todos os sacos no mesmo tempo final. Imediatamente depois de serem removidos do rúmen, os sacos foram lavados em máquina de lavar roupas (Cherney et al, 1990) e secos à 60° C por 48 horas. Os sacos de zero hora foram colocados em água morna por 10 minutos e lavados, juntamente com os sacos incubados, durante o mesmo ciclo da máquina de lavar. Os resíduos de matéria seca e de amido foram determinados para cada tempo de incubação dentro de vaca. As análises de amido foram realizadas conforme descrito por Bal et al (2000b). Os parâmetros de degradação *in situ* da matéria seca e do amido foram estimados, usando um modelo de regressão não linear do pacote estatístico SAS (1985). O modelo usado para a descrição da cinética de degradação da matéria seca e do amido, foi uma equação cinética de primeira ordem com uma fração não digerível. A degradação ruminal efetiva do amido e da matéria seca foram calculados, assumindo uma taxa fracional de passagem de 0.08/h (NRC, 2001).

Experimento 3. A degradação ruminal *in situ* de dois híbridos americanos, o híbrido com menor e o híbrido com maior vitreosidade no grão, foi estudada nos três estádios de maturação (ML, LN, e MD). O procedimento de degradação ruminal *in situ* foi igual ao previamente descrito.

Análises Estatísticas.

Experimento 1.

A densidade e a vitreosidade foram analisadas, usando o procedimento GLM do pacote estatístico SAS (1985). Determinou-se a correlação entre todas as variáveis estudadas. O efeito do estádio de maturação foi estudado apenas com os híbridos americanos. O modelo estatístico foi:

$$Y_i = \mu + E_i + \varepsilon_i$$

Em que:

μ = média geral;

E_i = efeito de estágio de maturação ($i=ML, LN, MD$);

ε_i = erro residual, assumindo independentemente e identicamente distribuído em distribuição normal com média zero e variância σ^2 .

O efeito do país de origem foi estudado, usando somente os dados do material colhido no estágio maduro, em ambas as origens. O modelo estatístico foi:

$$Y_i = \mu + O_i + \varepsilon_i$$

Em que:

μ = média geral;

O_i = efeito de origem (EUA, Brasil);

ε_i = erro residual, assumindo independentemente e identicamente distribuído em distribuição normal com média zero e variância σ^2 .

Experimento 2.

Os parâmetros da degradação da matéria seca e amido ruminal foram analisados com o procedimento GLM do SAS (1985) usando o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + V_i + O_j + \varepsilon_{ij}$$

Em que:

μ = média geral;

V_i = efeito da vaca ($i=1,2,3$);

O_j = efeito de origem (EUA, Brasil);

ε_{ij} = erro residual, assumindo independentemente e identicamente distribuído em distribuição normal com média zero e variância σ^2 .

Experimento 3.

Os parâmetros da degradação das matéria seca e amido ruminal foram analisados com o procedimento GLM do SAS (1985) usando o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + V_i + H_j + E_k + HE_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Em que:

μ = média geral;

V_i = efeito da vaca ($i=1,2,3$);

H_j = efeito do híbrido ($j=1,2$);

E_k = efeito estágio de maturidade (ML, LN, MD);

HE_{jk} = interação do híbrido e estágio de maturidade;

ε_{ijk} = erro residual, assumindo independentemente e identicamente distribuído em distribuição normal com média zero e variância σ^2 .

Os dados do experimento 1 e 2 foram agrupados para o estudo de correlação entre os parâmetros de degradação *in situ* e as características físicas dos grãos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A vitreosidade dos cinco híbridos brasileiros no estágio maduro variou de 64,2 a 80,0% do endosperma, com média de 73,1; maior que a média encontrada em 14 híbridos americanos, 48,2, variando de 34,9 a 62,3 ($P < 0,001$ para o efeito do país). Philippeau & Michalet-Doreau (1997), estudando cultivares de grãos duros e dentados nos diferentes estádios de crescimento, descobriram que a vitreosidade no estágio maduro de crescimento foi de 72,3% para o híbrido de grãos duros e de 48,1% para o de grãos dentados. Em outro estudo, a vitreosidade foi de 71,8% para seis híbridos duros e de 51,4% para oito dentados (Philippeau et al, 2000). Baseado na vitreosidade, o híbrido brasileiro utilizado em nosso estudo foi semelhante aos milhos duros utilizados nos estudos europeus.

A densidade dos grãos do híbrido maduro brasileiro variou entre 1,218 e 1,292 g/cm³, média de 1,268; maior que a média encontrada para 14 híbridos americanos, 1,201, variando entre 1,169 e 1,235 g/cm³ ($P < 0,001$ para o efeito do país). O híbrido menos denso nesse estudo (AG1051) foi ranqueado entre 103 híbridos brasileiros no estudo de Guimarães (1997), e também naquele estudo ele foi o de menor densidade. Essa é uma evidência de que este híbrido pode verdadeiramente representar o extremo inferior de vitreosidade dentro das cultivares disponíveis no mercado brasileiro. As cultivares brasileiras têm maior vitreosidade e densidade que as cultivares comerciais da região Centro-Oeste dos Estados Unidos.

A dureza do grão é um índice da proporção relativa do endosperma vítreo para o poroso. A medida direta de vitreosidade é um procedimento trabalhoso de laboratório, enquanto a determinação da densidade do grão com o picnômetro é um procedimento simples e rápido. Considerando que a dureza é o

principal fator que determina a densidade (Bergquist & Thompson, 1992), este parâmetro pode ser uma boa alternativa de medida indireta da vitreosidade (Philippeau et al, 1999). A correlação de 0,87 ($P < 0,001$) entre densidade e vitreosidade, permite concluir que a densidade pode ser um método viável para determinação de textura, quando se tem um grande número de amostras (Figura 2B).

Para os 14 híbridos americanos, a idade das plantas ao corte foi (média \pm D.P.) 139 \pm 4,5 dias para ML, 155 \pm 5,3 para LN e 176 \pm 5,8 para MD. Dentro de cada estágio de maturação, a correlação entre vitreosidade e idade para atingir o estágio de maturação foi negativa (Figura 3B). Genótipos de milho que possuam grãos duros podem permitir corte mais precoce do que híbridos dentados. No entanto, corte precoce não deveria ser a grande preocupação em países tropicais como o Brasil. Manipulação da textura do grão de milho para obter o corte precoce pode não fazer sentido, considerando o risco de se ter uma perda marcante em digestibilidade. O número de dias após a polinização para atingir o estágio metade da linha do leite (ML), foi 51; para LN, foi 67; e para MD, foi 88 dias. A vitreosidade teve maior correlação com o número de dias após o plantio para atingir MD ($r = -0,77$), do que com número de dias após a polinização para atingir MD ($r = -0,63$).

Dentro das cultivares de milho dentado americano estudadas, a vitreosidade aumentou linearmente com o avanço da maturidade (Tabela 7A). O aumento da densidade do grão foi maior do LN para o estágio maduro do que do ML para o LN, mostrando que densidade teve um tipo diferente de resposta, com o avanço da maturidade, se comparado com vitreosidade. Philippeau & Michalet-Doreau (1997) observaram que a vitreosidade do milho dentado aumentou de 26,5 para 48,1%, com o avanço da maturidade, enquanto no milho duro o aumento foi de 38,3 para 72,3%, considerando os mesmos estágios de maturação. Como o aumento absoluto da vitreosidade é menor para os híbridos

dentados, estes podem necessitar de procedimentos laboratoriais mais acurados, para descrever corretamente a textura do grão.

Não houve efeito da maturidade sobre o teor de amido nos híbridos norte americanos (Tabela 7A). Doehlert et al (1994) observaram acentuado aumento linear do teor de matéria seca do grão, entre 15 e 40 dias depois da polinização. Depois deste período, o grão perdeu umidade em menor velocidade e o enchimento do grão cessou, quando a umidade chegou a 37%. Philippeau & Michalet-Doreau (1997) observaram que o conteúdo de amido nos grãos não aumentou depois de 34% de umidade no milho dentado e 37% no milho duro. No experimento 1, a primeira colheita foi feita aos $50,5 \pm 2.5$ (média \pm D.P.) dias depois da polinização e a umidade do grão foi $38,0 \pm 1.2$ % (média \pm D.P.). No atual experimento, provavelmente os híbridos foram colhidos em estádios de maturidade muito avançados, impedindo que fossem observados efeitos da maturidade no conteúdo de amido do grão.

A fração de amido instantaneamente degradável foi cinco vezes maior nos híbridos americanos que nos híbridos brasileiros (Tabela 8A). A taxa fracional de degradação dos grãos dos híbridos brasileiros foi aproximadamente um terço do valor dos híbridos americanos. Os híbridos brasileiros tiveram degradação ruminal bem inferior à dos híbridos americanos. A degradação ruminal do amido aparentemente não tem recebido consideração como critério de seleção das cultivares de milhos industriais brasileiros.

A colonização bacteriana, depois de 48 horas de incubação no rúmen, foi maior para o endosperma poroso do que para o córneo; e a vitreosidade do milho é relacionada com a distribuição de proteína no endosperma (Philippeau et al, 2000; Paulis et al, 1993; Dombrink-Kurtzman & Bietz, 1993), sendo a matriz protéica, o principal limitante da degradação ruminal do amido (McAllister et al, 1993). A maior diferença entre o sorgo e o milho é o tipo e distribuição de

proteínas circundando os grânulos de amido no endosperma. O endosperma periférico, que é extremamente denso, encontra-se em maior proporção no sorgo do que no milho (Rooney & Pflugfelder, 1986) e a maior vitreosidade parece ser a principal justificativa para a maior resposta do sorgo ao processamento pelo calor (Theurer,1986). Como a maior parte dos trabalhos sobre o processamento do grão de milho é baseada em cultivares de grãos dentados (Owens et al,1997; Huntington,1997; Theurer et al,1999) e a maioria das cultivares brasileiras possuem grãos do tipo duro, a extrapolação dos dados da literatura, referentes ao processamento de grãos, para a realidade brasileira, pode ser inadequada. A resposta de cultivares de milho brasileiro ao processamento precisa de melhor avaliação e pode ser uma alternativa interessante para minimizar os efeitos negativos da textura do grão sobre a degradação ruminal.

A vitreosidade média entre maturidades do híbrido de alta vitreosidade usado no Experimento 3 foi de 55,2%; sendo de 49,8% no ML, de 55,8% no LN, e de 60,0% no MD. Para o híbrido de baixa vitreosidade, o valor médio de vitreosidade foi de 36,3%; sendo de 33,0% no ML, de 35,1% no LN, e de 40,8% no MD. A porcentagem de matéria seca do grão para o híbrido de baixa vitreosidade como % de todo o grão foi: 63,2 no ML, 69,8 no LN, e 84,7 no MD. Para o híbrido de alta vitreosidade, a porcentagem de matéria seca foi: 62,8 no ML, 75,7 no LN, e 87,9 no MD. Para estes dois cultivares, a degradação ruminal estimada foi maior para o de baixa vitreosidade (Tabela 9A), indicando que, mesmo em cultivares de milho dentado, a vitreosidade pode ser um parâmetro útil para selecionar híbridos de milho de alta degradação ruminal.

A disponibilidade ruminal do amido e da matéria seca mostrou um declínio mais acentuado, depois do estágio de maturação LN, para o híbrido de alta vitreosidade (Tabela 9A). Bal et al, (1997) observaram redução na digestibilidade do amido, no trato total de vacas leiteiras, quando a colheita de milho para silagem foi atrasada de 2/3 da linha do leite para LN. Caletine et al,

(2001) cortaram grãos de milho em 4 pedaços para simular o processamento de ensilagem e observaram um acentuado declínio na degradação ruminal, com avanço da maturidade de ML para LN. Neste experimento, as amostras de milho foram moídas em peneira de 4 mm., que podem ter diminuído a sensibilidade da técnica *in situ* para detectar a possível diferença na degradação entre ML e LN. Cultivares de milho de maior vitreosidade podem ter maior redução na digestibilidade, em consequência do atraso na colheita, do que cultivares com maior quantidade de endosperma poroso. Milhos de grãos dentados colhidos no estágio de maturação LN suportaram produção similar de leite quando comparados a híbridos de grãos duros colhidos no ML (Corrêa et al, 2000).

A correlação entre vitreosidade e amido disponível no rúmen foi de 0,90 (Figura 4B). Philippeau & Michalet-Doreau (1997) observaram a correlação de 0,86 entre as mesmas variáveis. A correlação de vitreosidade com a fração de amido instantaneamente degradável foi 0,91 e com a taxa fracional de degradação do amido foi 0,66.

As correlações entre taxa fracional de degradação, fração instantaneamente degradável e disponibilidade ruminal da matéria seca e do amido foram de 0,99, 0,99 e 0,98, respectivamente. A degradação ruminal da matéria seca mostrou ser uma medida precisa de degradação ruminal do amido nos grãos de milho. Experimentos *in situ* de degradação ruminal de milho podem determinar somente degradação da MS, possibilitando redução de custo e trabalho requeridos para análises do amido.

4 CONCLUSÕES

Grãos de milho brasileiros têm maior vitreosidade e menor disponibilidade do amido no rúmen que grãos de milho de cultivares americanas. Com o avançar da maturidade dos grãos dentados, a vitreosidade aumentou enquanto a degradação ruminal diminuiu. A degradabilidade do híbrido de maior vitreosidade foi mais afetada pelo avanço da maturidade. A avaliação da vitreosidade pode ser útil para selecionar híbridos de milho com alta degradação ruminal do amido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAL, M.A.; COORS, J.G.; SHAVER, R.D. "Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion, and milk production." **Journal Dairy Science**, Savoy, v.80, n.10, p.2497-2503, outubro, 1997.

BAL, M.A.; SHAVER, R.D.; AL-JOBEILE, H.; COORS, J.G.; LAUER, J.G. "Corn silage hybrid effects on intake, digestion, and milk production by dairy cows." **Journal Dairy Science**, Savoy, v.83, n.12, p.2849-2858, dezembro, 2000a.

BAL, M.A.; SHAVER, R.D.; JIROVEC, A.G.; SHINNERS, K.J.; COORS, J.G. "Crop processing and chop length of corn silage: effects on intake, digestion, and milk production by dairy cows." **Journal Dairy Science**, Savoy, v.83, n.6, p.1264, junho, 2000b.

BAL, M.A.; SHAVER, R.D.; SHINNERS, K.J.; COORS, J.G.; LAUER, J.G.; STRAUB, R.J.; KOEGEL, R.G. "Stage of maturity, processing, and hybrid effects on ruminal *in situ* disappearance of whole-plant corn silage." **Journal Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v.86, n.1, p.83-94, janeiro, 2000c.

BERGQUIST, R.R.; THOMPSON, D.L. "Corn grain density characterized by two specific gravity techniques." **Crop Science**, Madison-WI, v.32, n.6, p.1287-1290, novembro-dezembro, 1992.

CALESTINE, G.A.; PEREIRA, M.N.; BRUNO, R.G.S.; PINHO, R.G.Von; CORREA, C.E.S. "Effect of corn grain texture and maturity on ruminal *in situ* degradation." **Journal Dairy Science**, Indianápolis, dia 24, julho. 2001. Suppl.1, p.419, v.84.

CHERNEY, D.J.R.; PATTERSON, J.A.; LEMENAGER, R.P. "Influence of *in situ* bag rinsing technique on determination of dry matter disappearance." **Journal Dairy Science**, Savoy, v.73, n.2, p.391-397, fevereiro, 1990.

CORREA, C.E.S.; PEREIRA, M.N.; RAMOS, M.H.; OLIVEIRA, S.G.; OTA, M. "Performance of dairy cows feed corn silage differing in kernel texture or sugar cane as the dietary forage." **Journal Dairy Science**, Baltimore, dia 25, julho. 2000. Suppl.1, p.119, v.83.

DHIMAN, T.R.; BAL, M.A.; WU, Z.; MOREIRA, V.R.; SHAVER, R.D.; SATTER, L.D.; SHINNERS, K.J.; WALGENBACH, R.P. "Influence of mechanical processing on utilization of corn silage by lactating dairy cows." **Journal Dairy Science**, Savoy, v.83, n.11, p.2521-2528, novembro, 2000.

DOEHLERT, D.C.; SMITH, L.J.; DUKE, E.R. "Gene expression during maize kernel development." **Seed Science Research**, London, v.4, n.2, p.299-305, junho, 1994.

DOMBRINK-KURTZMAN, M.A.; BIETZ, J.A. "Zein composition in hard and soft endosperm of maize." **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.70, n.1, p.105-108, janeiro-fevereiro, 1993.

GUIMARÃES, V.D. **Fatores que controlam a dureza do grão de milho**. 1997. 67p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

HUNTINGTON, G.B. "Starch utilization by ruminants: from basics to the Bunk." **Journal Animal Science**, Savoy, v.75, n.3, p.852-867, março, 1997.

MCALLISTER, T.A.; PHILLIPPE, R.C.; RODE, L.M.; CHENG, K.-J. "Effect of the protein matrix on the digestion of cereal grains by ruminal microorganisms." **Journal Animal Science**, Savoy, v.71, n.1, p.205-212, janeiro, 1993.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**, 7.ed. Washington – DC: National Academy of Sciences. 2001. 381p.

OWENS, F.N.; SECRIST, D.S.; HILL, W.J.; GILL, D.R. "The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review." **Journal Animal Science**, Savoy, v.75, n.3, p.868- 879, março, 1997.

PAULIS, J.W.; PEPLINSKI, A.J.; BIETZ, J.A.; NELSEN, T.C.; BERGQUIST, R.R. "Relation of kernel hardness and lysine to alcohol-soluble protein composition in quality protein maize hybrids." **Journal Agricultural Food Chemistry**, Washington, v.41, n.12, p.2249-2253, dezembro, 1993.

PHILIPPEAU, C.; LANDRY, J.; MICHALET-DOREAU, B. "Influence of the protein distribution of maize endosperm on ruminal starch degradability." **Science Food Agriculture**, v.80, n.2, p.404-408, fevereiro, 2000.

PHILIPPEAU, C.; LE DESCHAULT DE MONREDON, F.; MICHALET-DOREAU, B. "Relationship between ruminal starch degradation and the physical characteristics of corn grain." **Journal Animal Science**, Savoy, v.77, n.1, p.238-243, janeiro, 1999.

PHILIPPEAU, C.; MICHALET-DOREAU, B. "Influence of genotype and stage of maturity of maize on rate of ruminal starch degradation." **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v.68, n.1, p.25-35, janeiro, 1997.

PRATT, R.C.; PAULIS, J.W.; MILLER, K.; NELSEN, T.; BIETZ, J.A. "Association of zein classes with maize kernel hardness." **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.72, n.2, p.162-167, março-abril, 1995.

ROONEY, L.W.; PFLUGFELDER, R.L. "Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn." **Journal Animal Science**, Savoy, v.63, n.6, p.1607-1623, junho, 1986.

S.A.S. Institute SAS[®] **User's guide: STATISTICS**. 5 ed. Cary, NC, 1985. 1290p.

THEURER, C.B. "Grain processing effects on starch utilization by ruminants." **Journal Animal Science**, Savoy, v.63, n.6, p.1649-1662, junho, 1986.

THEURER, C.B.; HUBER, J.T.; DELGADO-ELORDUY, A.; WANDERLEY, R. "Invited Review: Summary of steam-flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows." **Journal Dairy Science**, Savoy, v.82, n.10, p.1950-1959, outubro, 1999.

ANEXOS

ANEXO A

Pag.

- TABELA 1A** Composição da silagem de milho macio ensilado na linha preta (MM), da silagem de milho duro ensilado na metade da linha do leite (MD) e da cana-de-açúcar (CA). Valores como % da matéria seca, exceto a matéria seca que é % da matéria natural 91
- TABELA 2A** Composição em ingredientes das dietas oferecidas nos tratamentos com silagem de milho macio ensilado na linha preta (MM), com silagem de milho duro ensilado na metade da linha do leite (MD) ou com cana-de-açúcar (CA). Valor como % da matéria seca 91
- TABELA 3A** Composição em nutrientes das dietas consumidas nos tratamentos com silagem de milho macio ensilado na linha preta (MM), com silagem de milho duro ensilado na metade da linha do leite (MD) ou com cana-de-açúcar (CA). Valor como % da matéria seca 92
- TABELA 4A** Peso vivo, Consumo de matéria seca (Consumo) e de matéria orgânica digestível (CMOD), produção e composição do leite em dietas formuladas com silagem de milho macio ensilado na linha preta (MM), com silagem de milho duro ensilado na metade da linha do leite (MD) ou com cana-de-açúcar (CA) Dados de 9 vacas Holandesas em delineamento do tipo Quadrado Latino 3x3, com períodos de 21 dias e replicado 3 vezes 92
- TABELA 5A** Digestibilidade aparente no trato digestivo total (%) da matéria seca (DMS), da FDN (DFDN), do amido e glicose livre (DAGL), da matéria orgânica (DMO) e da matéria orgânica não FDN (DMONFDN) de dietas formuladas com silagem de milho macio ensilado na linha preta (MM), com silagem de milho duro ensilado na metade da linha do leite (MD) ou com cana-de-açúcar (CA). Dados de 9 vacas Holandesas e delineamento do tipo Quadrado Latino 3x3, com períodos de 21 dias e replicado 3 vezes 93

- TABELA 6A** Atividade mastigatória em minutos por dia (min/d) e em minutos por kg de matéria seca ingerida (min/kg) e pH ruminal de dietas formuladas com silagem de milho macio ensilado na linha preta (MM), com silagem de milho dur ensilado na metade da linha do leite (MD) ou com cana-de-açúcar (CA). Dados de 9 vacas Holandesas em delineament do tipo Quadrado Latino 3x3, com períodos de 21 dias e replicado 3 vezes 93
- TABELA 7A** Vitreosidade (% do endosperma), densidade (g/cm³) e amido (% da matéria seca) de grãos de 14 híbridos de milho norteamericanos colhidos nos estádios de maturação metade da linha do leite (ML), linha negra (LN), e maduro (MD). Experimento 1 94
- TABELA 8A** Cinética da degradação ruminal de grãos de milho de híbrido dos Estados Unidos (EUA) e Brasil (BRA). Três híbridos foram selecionados de cada país para representar extremos d vitreosidade. Grãos de milho maduros foram moídos em peneira de 4 mm e incubados concomitantemente em 3 vacas com fistulas ruminais. Parâmetros de degradação fora estimados por regressão não linear. Experimento 2 94
- TABELA 9A** Parâmetros de degradação ruminal de grãos de milho de baix (baixa) e alta (alta) vitreosidade nos estádios de maturação metade da linha do leite (ML), linha negra (LN) e maduro (MD). As amostras de milho foram moídas em peneira 4 mm e incubados concorrentemente em 3 vacas canuladas no rúmen. Parâmetros de digestão foram estimados por regressão não linear. Experimento 3 95

TABELA 1A. Composição da silagem de milho macio ensilado na linha preta (MM), da silagem de milho duro ensilado na metade da linha do leite (MD) e da cana-de-açúcar (CA). Valores como % da matéria seca, exceto a matéria seca que é % da matéria natural.

Alimento	MM	MD	CA	Milho	Ração	Glúten
Matéria Seca	41,7	31,7	33,0	88,9	91,2	92,1
Matéria Orgânica	97,1	96,2	98,3	99,1	91,0	98,7
Proteína Bruta	7,7	7,0	3,0	11,0	48,0	68,0
Fibra em Detergente Neutro	44,0	42,9	43,2	14,6	15,5	2,8
Amido e Glicose Livre	29,6	33,2	5,5	73,0	1,9	2,8

TABELA 2A. Composição em ingredientes das dietas oferecidas nos tratamentos com silagem de milho macio ensilado na linha preta (MM), com silagem de milho duro ensilado na metade da linha do leite (MD) ou com cana-de-açúcar (CA). Valores como % da matéria seca.

Ingredientes	MM	MD	CA
Silagem de milho macio	45,8	-	-
Silagem de milho duro	-	45,8	-
Cana-de-açúcar	-	-	45,3
Milho seco moído	28,4	28,4	25,0
Glúten de milho	-	-	3,9
Farelo de soja	20,5	20,5	20,5
Farinha de carne e ossos	1,4	1,4	1,4
Farinha de sangue	1,4	1,4	1,4
Calcário calcítico	0,7	0,7	0,7
Bicarbonato de sódio	1,1	1,1	1,1
NaCl	0,3	0,3	0,3
Fosfato bicálcico	0,2	0,2	0,2
Premix vitamínico-mineral	0,2	0,2	0,2

Premix vitamínico-mineral (por kg) = Co: 125 mg, Cu: 5625 mg, Fe: 6250 mg, I: 312 mg, Mn: 18125 mg, Se: 144 mg, Zn: 23750 mg, vitamina A: 2000 KUI, vitamina D: 500 KUI, vitamina E: 12500 KUI.

TABELA 3A. Composição em nutrientes das dietas consumidas nos tratamentos com silagem de milho macio ensilado na linha preta (MM), com silagem de milho duro ensilado na metade da linha do leite (MD) ou com cana-de-açúcar (CA). Valores como % da matéria seca.

Nutrientes	MM	MD	CA
MS ¹	58,1	49,0	51,0
PB ¹	19,6	19,1	19,6
FDN ¹	26,9	27,9	27,0
FDN oriundo da forragem	20,1	19,9	19,6
Amido e Glicose Livre	35,1	36,7	21,7
MO ¹	96,3	95,8	96,9
CNF + EE ¹	49,8	48,9	50,3

¹ MS = Matéria seca. PB = Proteína bruta. FDN = Fibra em detergente neutro. MO = Matéria orgânica. CNF + EE = carboidrato não fibroso + extrato etéreo.

TABELA 4A. Peso vivo, Consumo de matéria seca (Consumo) e de matéria orgânica digestível (CMOD), produção e composição do leite em dietas formuladas com silagem de milho macio ensilado na linha preta (MM), com silagem de milho duro ensilado na metade da linha do leite (MD) ou com cana-de-açúcar (CA). Dados de 9 vacas Holandesas em delineamento do tipo Quadrado Latino 3x3, com períodos de 21 dias e replicado 3 vezes.

	MM	MD	CA	EPM ¹	P para forragem	(MM+MD) vs CA ²	MM vs MD ²
Peso vivo (kg)	613	616	618	3,9	0,71	0,48	0,69
Consumo (kg/d)	23,0	23,2	21,5	0,6	0,13	0,05	0,82
CMOD (kg/d)	15,2	14,6	13,4	0,6	0,14	0,06	0,51
Leite (kg/d)	34,2	34,6	31,9	0,4	<0,001	<0,001	0,82
Gordura (kg/d)	1,20	1,22	1,16	0,02	0,13	0,06	0,46
Gordura (%)	3,54	3,57	3,64	0,06	0,44	0,22	0,73
Proteína (kg/d)	1,06	1,08	1,02	0,02	0,11	0,05	0,41
Proteína (%)	3,10	3,13	3,22	0,04	0,06	0,02	0,61

¹ EPM = Erro padrão da média.

² (MM+MD) vs CA = Contraste MM+MD versus CA. MM vs MD = Contraste MM versus MD.

TABELA 5A. Digestibilidade aparente no trato digestivo total (%) da matéria seca (DMS), da FDN (DFDN), do amido e glicose livre (DAGL), da matéria orgânica (DMO) e da matéria orgânica não FDN (DMONFDN) de dietas formuladas com silagem de milho macio ensilado na linha preta (MM), com silagem de milho duro ensilado na metade da linha do leite (MD) ou com cana-de-açúcar (CA). Dados de 9 vacas Holandesas em delineamento do tipo Quadrado Latino 3x3, com períodos de 21 dias e replicado 3 vezes.

	MM	MD	CA	EPM ¹	P para forragem	(MM+MD) vs CA ²	MM vs MD ²
DMS	63,6	63,0	61,4	2,0	0,71	0,43	0,83
DFDN	42,4	41,7	23,1	3,5	0,002	<0,001	0,89
DAGL	89,7	91,7	95,5	1,6	0,06	0,03	0,37
DMO	65,7	65,3	63,9	2,0	0,80	0,52	0,89
DMONFDN	74,5	75,0	79,8	1,6	0,06	0,02	0,84

¹ EPM = Erro padrão da média.

² (MM+MD) vs CA = Contraste MM+MD versus CA. MM vs MD = Contraste MM versus MD.

TABELA 6A. Atividade mastigatória em minutos por dia (min/d) e em minutos por kg de matéria seca ingerida (min/kg) e pH ruminal de dietas formuladas com silagem de milho macio ensilado na linha preta (MM), com silagem de milho duro ensilado na metade da linha do leite (MD) ou com cana-de-açúcar (CA). Dados de 9 vacas Holandesas em delineamento do tipo Quadrado Latino 3x3, com períodos de 21 dias e replicado 3 vezes.

Alimento	MM	MD	CA	EPM ¹	P para forragem	(MM+MD) vs CA ²	MM vs MD ²
Ingestão (min/d)	236	220	234	10	0,52	0,64	0,31
Ruminação (min/d)	469	490	453	24	0,57	0,39	0,54
Mastigação (min/d)	704	710	687	23	0,77	0,49	0,87
Ingestão (min/kg)	10,8	9,3	11,4	0,6	0,10	0,11	0,13
Ruminação (min/kg)	21,3	20,7	22,2	1,3	0,72	0,46	0,77
Mastigação (min/kg)	32,1	30,1	33,6	1,5	0,29	0,19	0,37
pH ruminal	6,01	6,02	6,08	0,12	0,92	0,69	0,96

¹ EPM = Erro padrão da média.

² (MM+MD) vs CA = Contraste MM+MD versus CA. MM vs MD = Contraste MM versus MD.

TABELA 7A. Vitreosidade (% do endosperma), densidade (g/cm³) e amido (% da matéria seca) de grãos de 14 híbridos de milho norte-americanos colhidos nos estádios de maturação metade da linha do leite (ML), linha negra (LN), e maduro (MD). Experimento 1.

	ML	LN	MD	EPM ¹	P para estádio	Linear ¹	Quadrat ¹
Vitreosidade	42,8	46,1	48,2	0,95	0,001	<0,001	0,58
Densidade	1,173	1,176	1,201	0,0029	<0,001	<0,001	<0,001
Amido	79,3	80,1	79,9	0,64	0,70	0,54	0,56

¹ EPM = Erro padrão da média. Efeitos linear e quadrático de estádio de maturação do grão.

TABELA 8A. Cinética da degradação ruminal de grãos de milho de híbridos dos Estados Unidos (EUA) e Brasil (BRA). Três híbridos foram selecionados de cada país para representar extremos de vitreosidade. Grãos de milho maduros foram moídos em peneira de 4 mm e incubados concomitantemente em 3 vacas com fistulas ruminais. Parâmetros de degradação foram estimados por regressão não linear. Experimento 2.

	BRA	EUA	EPM ¹	P para país
Matéria Seca				
A (%)	14,1	31,0	1,3	<0,001
B (%)	80,8	64,6	1,3	<0,001
C (%)	5,2	4,4	0,7	0,48
k _d de B (/h)	0,07	0,18	0,01	<0,001
Disponibilidade (%)	51,0	74,1	1,2	<0,001
Amido				
A (%)	6,1	31,0	21	<0,001
B (%)	91,5	68,3	20	<0,001
C (%)	2,4	0,8	0,6	0,07
k _d de B (/h)	0,07	0,19	0,02	<0,001
Disponibilidade (%)	48,5	77,4	1,7	<0,001
Vitreosidade (% do endosperma)	73,2	47,0	6,6	0,05
Densidade (g/cm ³)	1,265	1,200	0,021	0,09

¹ Erro padrão da média.

A = Fração instantaneamente degradável. B = Fração lentamente degradável. C = Fração indigestível. kd = Taxa fracional de degradação da fração B.

Disponibilidade = A + B [kd/(kd+kp)]. kp de 0,08/h.

TABELA 9A. Parâmetros de degradação ruminal de grãos de milho de baixa (baixa) e alta (alta) vitreosidade nos estádios de maturação metade da linha do leite (ML), linha negra (LN) e maduro (MD). As amostras de milho foram moidas em peneira 4 mm e incubados concorrentemente em 3 vacas canuladas no rúmen. Parâmetros de digestão foram estimados por regressão não linear. Experimento 3.

	Alta			Baixa			EPM ¹	P para vitre ¹	P para estádio	P Vi* Es ¹	Linear ¹	Quadrático ¹
	ML	LN	MD	ML	LN	MD						
Matéria seca												
A (%)	32,1	29,7	26,7	35,2	35,5	36,2	0,66	<0,001	0,03	<0,01	<0,01	0,90
B (%)	64,4	66,4	69,8	60,9	60,4	59,8	0,67	<0,001	0,03	<0,01	<0,01	0,62
C (%)	3,6	3,9	3,5	4,0	4,0	4,0	0,48	0,41	0,87	0,91	0,99	0,61
kd de B (/h)	0,10	0,10	0,08	0,16	0,16	0,12	0,01	<0,001	<0,01	0,58	<0,01	0,03
Disponibilidade (%)	67,8	66,7	61,6	75,2	75,7	72,4	0,80	<0,001	<0,001	0,15	<0,001	0,02
Amido												
A(%)	30,0	26,6	25,7	32,2	36,0	41,6	1,16	<0,001	0,10	<0,001	0,06	0,31
B(%)	69,4	72,9	73,8	67,3	63,8	58,1	1,12	<0,001	0,10	<0,001	0,06	0,26
C(%)	0,6	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,23	0,44	0,72	0,96	0,52	0,64
kd de B (/h)	0,11	0,11	0,08	0,17	0,18	0,13	0,01	<0,001	<0,001	0,32	<0,001	<0,01
Disponibilidade (%)	69,6	69,2	63,6	78,0	79,7	77,4	0,66	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,01

¹. Erro padrão da média. Interação entre vitreosidade e estádio de maturação. Efeito linear e quadrático de estádio de maturação.

A = Fração instantaneamente degradável. B = Fração lentamente degradável. C = Fração indigestível. kd = Taxa fracional de degradação da fração B.

Disponibilidade = $A + B [kd/(kd+kp)]$. Kp de 0,08/h

- FIGURA 1B** Consumo de matéria seca nos vinte primeiros dias de cada período do Quadrado Latino de 9 vacas holandesas alimentadas com dietas contendo silagem de milho macio ensilado na linha preta, silagem de milho duro ensilado na metade da linha do leite ou cana-de-açúcar como forrageira única 97
- FIGURA 1B** Consumo de matéria seca nos vinte primeiros dias de cada período do Quadrado Latino de 9 vacas holandesas alimentadas com dietas contendo silagem de milho macio ensilado na linha preta, silagem de milho duro ensilado na metade da linha do leite ou cana-de-açúcar como forrageira única 98
- FIGURA 1B** Consumo de matéria seca nos vinte primeiros dias de cada período do Quadrado Latino de 9 vacas holandesas alimentadas com dietas contendo silagem de milho macio ensilado na linha preta, silagem de milho duro ensilado na metade da linha do leite ou cana-de-açúcar como forrageira única 99
- FIGURA 2B** Vitreosidade e densidade dos grãos de milho determinada em 14 híbridos norte americanos em 3 estádios de maturação e 5 híbridos brasileiros no estádio maduro. Experimento 1 100
- FIGURA 3B** Vitreosidade do grão e idade no momento da colheita (dias após o plantio) de 14 híbridos norte americanos em três estádios de maturação: Experimento 1 101
- FIGURA 4B** Vitreosidade do grão e disponibilidade ruminal do amido pela técnica *in situ* determinadas em três híbridos norte americanos e três brasileiros no estádio maduro de maturação (Experimento 2) e dois híbridos norte americanos colhidos nos estádios metade da linha do leite, linha negra e maduro (Experimento 3) 102

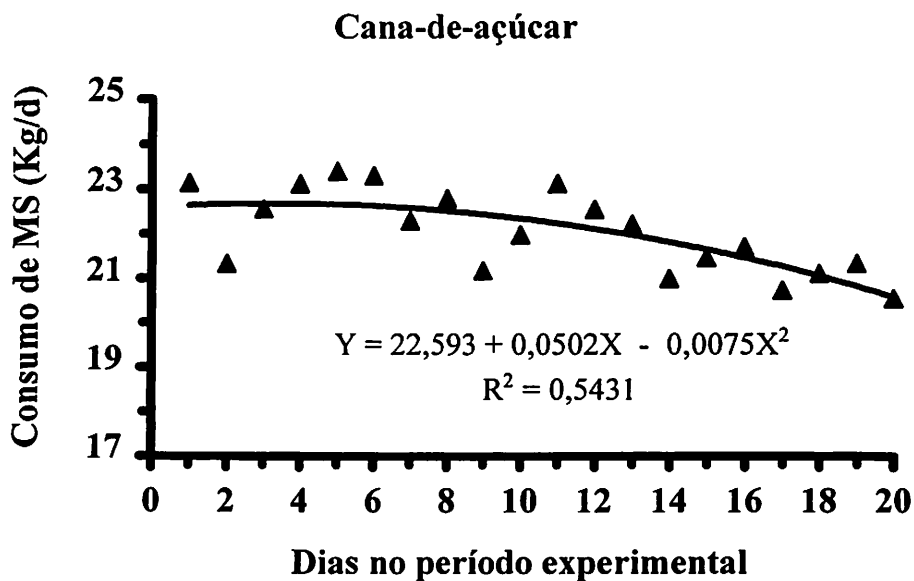


FIGURA 1B. Consumo de matéria seca nos vinte primeiros dias de cada período do Quadrado Latino de 9 vacas holandesas alimentadas com dietas contendo silagem de milho macio ensilado na linha preta, silagem de milho duro ensilado na metade da linha do leite ou cana-de-açúcar como forrageira única.

Silagem de milho duro

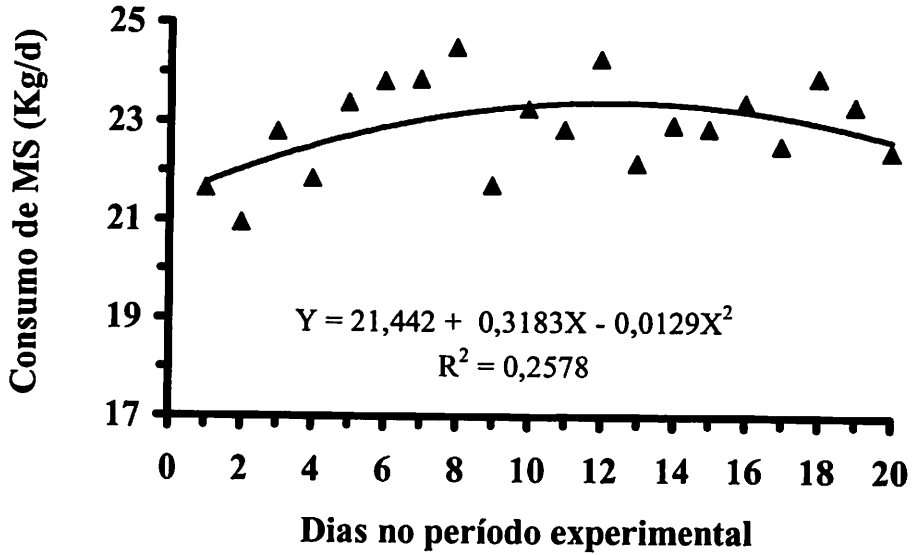


FIGURA 1B. Consumo de matéria seca nos vinte primeiros dias de cada período do Quadrado Latino de 9 vacas holandesas alimentadas com dietas contendo silagem de milho macio ensilado na linha preta, silagem de milho duro ensilado na metade da linha do leite ou cana-de-açúcar como forrageira única.

Silagem de milho macio

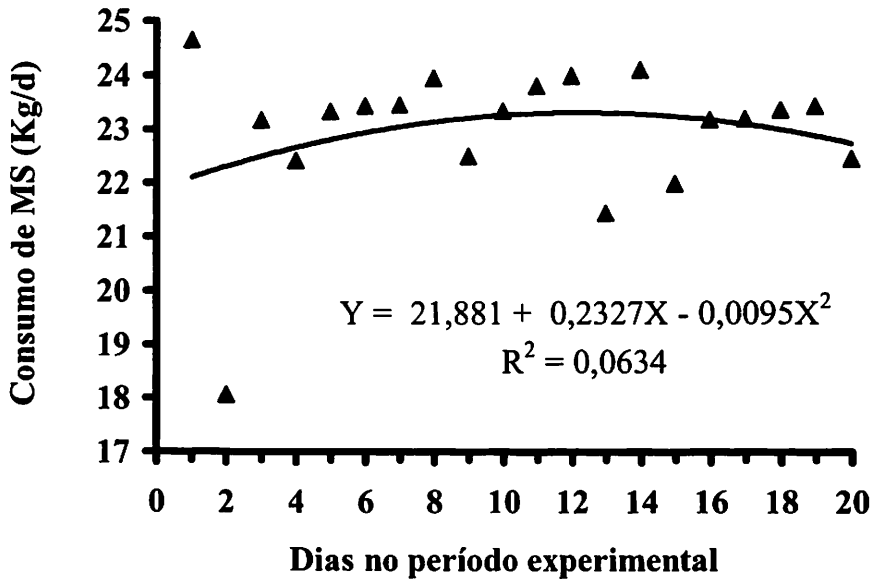


FIGURA 1B. Consumo de matéria seca nos vinte primeiros dias de cada período do Quadrado Latino de 9 vacas holandesas alimentadas com dietas contendo silagem de milho macio ensilado na linha preta, silagem de milho duro ensilado na metade da linha do leite ou cana-de-açúcar como forrageira única.

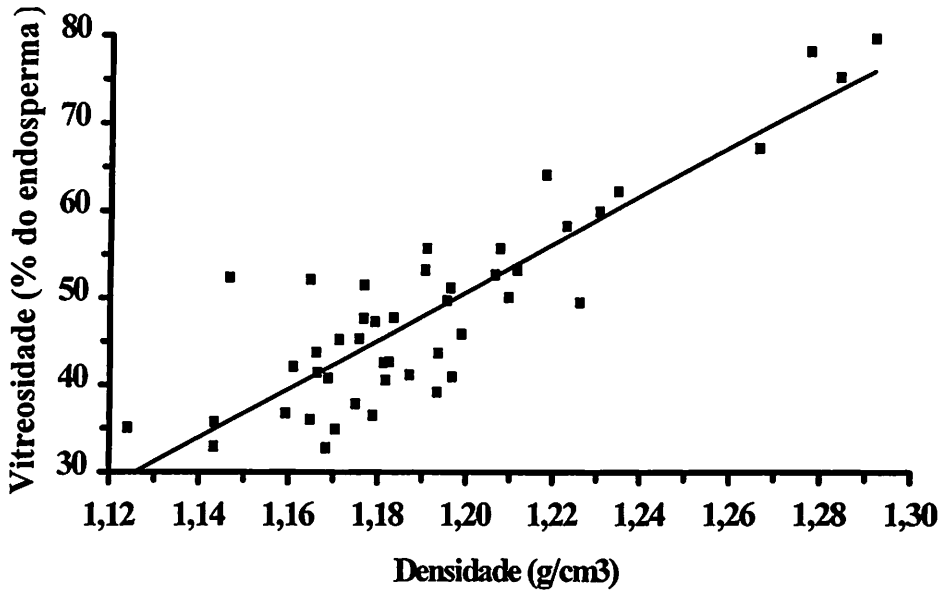


FIGURA 2B. Vitreosidade e densidade dos grãos de milho determinada em 14 híbridos norte americanos em 3 estádios de maturação e 5 híbridos brasileiros no estágio maduro. (Vitreosidade = - 283,2 + 278,2 x Densidade; $R^2= 0,76$). Experimento 1.

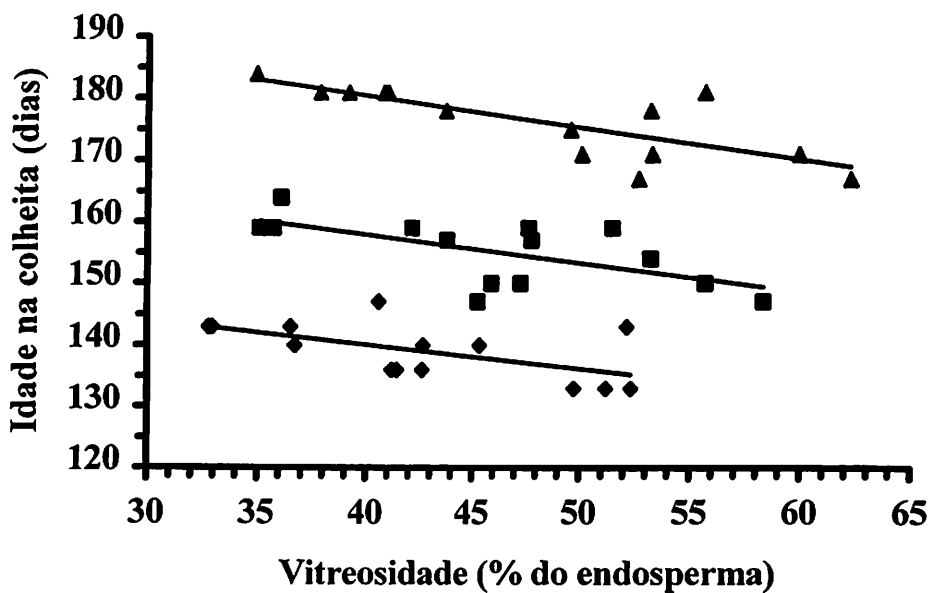


FIGURA 3B. Vitreosidade do grão e idade no momento da colheita (dias após o plantio) de 14 híbridos norte americanos em três estádios de maturação: metade da linha do leite (◆), linha preta (■), maduro (▲). Experimento 1. (Idade para atingir ML = $155,6 - 0,39 \times$ vitreosidade. $R^2 = 0,33$; Idade para atingir LP = $176,5 - 0,46 \times$ vitreosidade $R^2 = 0,39$; Idade para atingir MD = $201,2 - 0,52 \times$ vitreosidade. $R^2 = 0,60$).

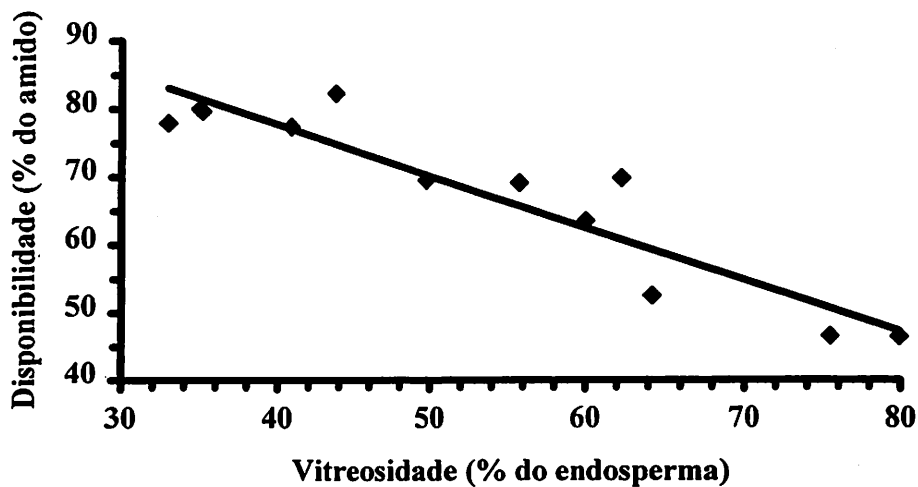


FIGURA 4B. Vitreosidade do grão e disponibilidade ruminal do amido pela técnica *in situ* determinadas em três híbridos norte americanos e três brasileiros no estágio maduro de maturação (Experimento 2) e dois híbridos norte americanos colhidos nos estádios metade da linha do leite, linha negra e maduro (Experimento 3). (Disponibilidade (% do amido) = $A + B [Kd/(Kd + Kp)]$). Kp de 0,08/h; Disponibilidade = $108,2 - 0,7605 \times$ Vitreosidade. $R^2 = 0,87$).