

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

VANESSA PIOVESAN

**MILHOS COM DIFERENTES TEXTURAS DE ENDOSPERMA E ADIÇÃO DE
ALFA-AMILASE NA RAÇÃO DE LEITÕES**

Marechal Cândido Rondon

2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

VANESSA PIOVESAN

**MILHOS COM DIFERENTES TEXTURAS DE ENDOSPERMA E ADIÇÃO DE
ALFA-AMILASE NA RAÇÃO DE LEITÕES**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição Animal, para obtenção do título de “Mestre em Zootecnia”.

Orientador: Prof. Dr. Vladimir de Oliveira

Marechal Cândido Rondon

2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

VANESSA PIOVESAN

**MILHOS COM DIFERENTES TEXTURAS DE ENDOSPERMA E ADIÇÃO DE
ALFA-AMILASE NA RAÇÃO DE LEITÕES**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição Animal, para obtenção do título de “Mestre em Zootecnia”.

Marechal Cândido Rondon, _____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Vladimir de Oliveira

Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes

Prof. Dr. Ivan Moreira

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná pela oportunidade e pela excelência do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

Ao Programa de Pós-Graduação em de Zootecnia, professores e funcionários, pela oportunidade e apoio.

Ao professor Dr. Vladimir de Oliveira, pela orientação, compreensão, amizade, incentivo e suporte constante durante todo o curso do mestrado.

Aos professores Dr. Ricardo Vianna Nunes e Dr. Ivan Moreira pela participação na banca e pelas sugestões apresentadas.

Aos colegas Leonardo André Fialkowski Bordignon e William Rui Wesendonck pela colaboração na realização do experimento.

A todos aqueles que contribuíram de alguma forma para o êxito deste trabalho.

Aos meus pais, Carlos e Neiva Piovesan, pelo incentivo, ensinamento e exemplo de vida; minha eterna gratidão, amor e respeito.

Ao meu namorado, Thiago Goulart, pelo apoio, compreensão e carinho.

RESUMO

MILHOS COM DIFERENTES TEXTURAS DE ENDOSPERMA E ADIÇÃO DE ALFA-AMILASE NA RAÇÃO DE LEITÕES

Duas variedades comerciais de milho de diferentes texturas foram cultivadas para determinação das características físicas, químicas e microscópicas dos grãos. Foram estudados os efeitos das duas variedades e adição de amilase no metabolismo e desempenho de leitões. No ensaio de metabolismo, 12 leitões machos castrados foram alojados individualmente em gaiolas projetadas para leitões na fase de creche, utilizando-se três tratamentos com quatro repetições e duas fases com delineamento experimental em bloco casualizado sendo que cada animal consistiu em uma unidade experimental. No desempenho utilizou-se setenta e cinco leitões ($7,87 \pm 0,67$ quilos) distribuídos em blocos casualizados com três tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram de três dietas contendo: 1) grãos de milho semi-dentado; 2) grãos de milho duro; 3) grãos de milho duro + amilase. Os grãos de milho semi-dentado tiveram menor valor de vitreosidade que os grãos de milho duro (69,3 e 74,6 respectivamente), menor densidade ($1,217$ e $1,232$ g/cm³, respectivamente) e menor peso de 1.000 grãos (339,5 e 345,0, respectivamente). A quantidade de proteína no endosperma vítreo foi maior nos grãos de milho duro que nos grãos de milho semi-dentado. A concentração de amido, amilose e amilopectina não variaram entre as duas variedades de milho. Os resultados da micrografia eletrônica de varredura confirmam que existem diferenças qualitativas na estrutura do amido nos dois milhos estudados. Quanto ao metabolismo, valores de energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) foram influenciados pelos tipos de milho, sendo o semi-dentado superior ao milho duro. A inclusão de amilase à dieta com milho duro fez com que os valores de ED e EM se aproximassem aos valores obtidos com milho semi-dentado. Conclui-se, portanto com este estudo, que na fase de creche, leitões consumindo milhos de textura semi-dentada e dura apresentam desempenho semelhantes e a adição de alfa-amilase em rações de leitões contendo milho de textura dura não altera o desempenho animal; o endosperma dos milhos semi-dentado e duro apresentam características químicas e físicas diferenciadas; rações formuladas com milho semi-dentado apresentam maior energia que rações formuladas com milhos duros e a adição de amilase contribui para disponibilizar energia das rações contendo milho duro.

Palavras-chaves: amido, digestibilidade, nutrição animal, suinocultura

ABSTRACT

THE EFFECT OF CORN KERNEL TEXTURE AND ALPHA-AMYLASE ADDITION IN PERFORMANCE AND DIGESTIBILITY OF DIETS FOR WEANED PIGS

Two commercially available corn varieties of different kernel texture were planted to determine their physical and chemical characteristics. The effects of corn varieties and amylase supplementation on nutrient digestibility and piglet's performance were also studied. Twelve castrated piglets weighing initially around 8 kg were individually housed in metabolic crates to determine nutrient digestibility of three experimental diets: 1) semi dent corn kernel; 2) flint corn kernel, and 3) flint corn kernel + amylase. The performance of piglets was also studied using 75 animals weighing around 8 kg distributed in randomized block design with three treatments and five replications. The treatments studied were the same used in digestibility study. In both corn kernels the chemical characteristics were similar and no different from average values found in others studies. The semi dent corn kernel had lower vitreousness index than flint corn kernel (69.3 and 74.6%, respectively), lower density (1.217 and 1.232 g/cm³, respectively) and lower 1,000-kernel weight (339.5 and 345.0 g, respectively). The protein amount of hard endosperm was higher in the flint than semi dent corn kernel. The results of electronic micrograph have indicated differences in qualitative characteristics of starch structures between corns studied. There was effect of treatments in digestible (DE) and metabolisable energy (ME) of diets being semi dent corn kernel diet had more DE and ME values than flint dent corn kernel diet. The amylase addition increased the DE and ME in flint dent corn diet. The corn kernel characteristics have no influenced feed intake, body gain and feed conversion. Amylase addition has no affected the performance characteristics studied. In conclusion there were differences in physical and chemical characteristics between corn kernels evaluated and diets with semi dent corn kernel have more DE and ME in comparison with flint corn kernel diets, although amylase addition increased energy values of flint corn kernel.

Key Words: animal nutrition, digestibility, starch, swine production

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Localização do pericarpo, endosperma farináceo, endosperma vítreo e embrião ou germe do grão de milho..... 13
- Figura 2 – Esquema da macromolécula linear de amilose (A) com grupos redutores nas extremidades (hexágono fechado) e da macromolécula amilopectina (B) com grupos redutores e não redutores (hexágono aberto). As moléculas de glicose são unidas por ligações glicosídicas α -1,4 para formar amilose e para formar amilopectina, ligações glicosídicas α -1,4 na cadeia linear e α -1,6 nas ramificações .. 15
- Figura 3 – Micrografia eletrônica de varredura dos grânulos de amido do endosperma farináceo (a) e vítreo (b) dos milhos duro (1) e semi-dentado (2)..... 30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição química média do grão de milho seco indicado nas estruturas físicas específicas do grão	12
Tabela 2 – Composição centesimal das rações experimentais	21
Tabela 3 – Composição bromatológica das rações experimentais, contendo milho semi-dentado, milho duro e milho duro + amilase, expressos na matéria natural	22
Tabela 4 – Composição química dos milhos semi-dentado e duro, na matéria natural	27
Tabela 5 – Teor de amido, amilose e amilopectina dos milhos semi-dentado e duro, na matéria natural	28
Tabela 6 – Composição física dos milhos experimentais	28
Tabela 7 – Valores de matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo de acordo com o tipo de milho e endosperma, expressos na matéria natural	29
Tabela 8 – Tabela 8 - Coeficientes de digestibilidade (CD) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), amido (AMID), energia bruta (EB), energia digestível (ED), metabolizabilidade da energia bruta (MEB) e energia metabolizável (EM) das rações com milho semi-dentado, milho duro e milho duro + amilase, expressos na matéria seca	32
Tabela 9 – Tabela 9 – Valores de nitrogênio (N) ingerido (NI), excretado nas fezes (NF), excretado na urina (NU) e retido (NR) de suínos ingerindo rações com milho semi-dentado, milho duro e milho duro + amilase, expressos na matéria seca	34
Tabela 10 – Valores de peso inicial (PI), peso final (PF), ganho de peso diário (GPD), consumo de ração diário (CRD) e conversão alimentar (CA) de leitões consumindo rações com milho semi-dentado, duro e duro + amilase.....	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 Características Gerais do Grão de Milho	12
2.2 Estrutura dos Grânulos de Amido	14
2.3 Efeito da Textura do Milho na Digestibilidade e Desempenho	16
2.4 Uso de Enzimas Exógenas e a Digestão dos Carboidratos.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 Cultivo dos Milhos	19
3.2 Análises Físicas dos Grãos	19
3.3 Microscopia do Grânulo de Amido.....	20
3.4 Rações Experimentais	20
3.5 Ensaio de Metabolismo	22
3.6 Ensaio de Desempenho	23
3.7 Análises Químicas.....	24
3.8 Análises Estatísticas	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1 Características Químicas e Físicas dos Milhos.....	27
4.2 Ensaio de Metabolismo	31
4.3 Ensaio de Desempenho	34
5 CONCLUSÕES	37
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

O milho é utilizado como matéria-prima para elaboração de muitos produtos, mas são as cadeias produtivas de suínos e aves que consomem a maior parte, atingindo 70 a 80% de toda a produção brasileira (CONAB, 2009). Normalmente, o milho é incorporado nas rações de suínos em proporções que variam entre 50 a 80%, tendo como principal função fornecer energia para os diferentes processos metabólicos dos animais, embora também contribua para atender as exigências de aminoácidos em razão de seus altos níveis de inclusão.

Grande parte da energia que os suínos conseguem extrair do milho é oriunda da oxidação das moléculas de glicose que formam o amido, um carboidrato que se encontra amplamente distribuído em diversas espécies vegetais e é o principal composto de reserva das plantas superiores. Nos grãos de cereais, o amido forma a maior parte do endosperma, sendo armazenado em estruturas denominadas grânulos. No caso do milho, o endosperma é dividido em farináceo e vítreo, cada qual com características químico-físicas específicas (HOSENEY, 1994). Os grãos de milho duro possuem maior proporção de endosperma vítreo, enquanto milhos dentado ou mole possuem maior proporção de endosperma farináceo. No Brasil as opções de cultivares comercializadas na safra de 2007/2008 foram de 30,72% para milho duro e 51,72% para milho semi-duro; os milhos dentado e semi-dentado foram minoria com 5,64 e 10,97% respectivamente (CRUZ; PEREIRA, 2008).

Acredita-se que os grânulos de amido do endosperma farináceo são mais susceptíveis a ação enzimática porque a matriz protéica que o circunda é relativamente fina e incompleta, apresentando espaços vazios e menor densidade (HUNTINGTON, 1997). Ao contrário, os grânulos de amido do endosperma vítreo são embebidos por uma matriz protéica espessa e contínua, tornando-os menos acessíveis às enzimas amilolíticas (CHOCT et al., 2001). Além disso, os grânulos de amido do endosperma vítreo formam uma estrutura compacta e mais densa, quando comparada ao endosperma farináceo (PHILIPPEAU et al., 1999).

A dureza é uma característica física que influencia a qualidade e o processamento dos grãos de milhos e a vitreosidade é uma medida indireta da dureza do grão (FOX; MANLEY, 2009). A proporção de endosperma vítreo em relação ao endosperma total, obtida por dissecação dos grãos, também vem sendo denominada por alguns autores como vitreosidade (PHILIPPEAU; DOREAU, 1998; CORREA et al. 2002). Resultados de experimentos realizados com suínos em crescimento (CANTARELLI et al., 2007), galinhas poedeiras (GRBESA; KIS, 2005) e bovinos (PHILIPPEAU et al., 1999; CORREA et al., 2002) demonstram a existência de associação negativa entre dureza e digestão do milho.

A influência negativa da dureza do grão sobre o desempenho animal pode ser mais pronunciada em leitões na fase de creche, pois nas primeiras semanas pós-desmame a capacidade de digestão dos alimentos fica comprometida. Isso é particularmente verdadeiro para a digestão de carboidratos de origem vegetal, uma vez que durante a lactação, a principal fonte de carboidrato disponível aos leitões é a lactose (WISEMAN et al., 2000). Sabe-se que ocorre aumento na atividade da amilase pancreática após o desmame, provavelmente devido à necessidade de digestão do amido da ração (LINDEMANN et al., 1986). Contudo, muitos fatores influenciam a quantidade de enzimas secretadas, reduzindo a digestão intestinal do amido pelos leitões. Vários autores apontam os efeitos positivos da suplementação de enzimas exógenas sobre a digestão dos alimentos (CLASSEN, 1996; ZANELLA et al., 1999; COWIESON, 2005).

Baseado nessas informações é possível supor que a adição de amilase na ração de leitões na fase de creche aumente a digestão do amido e, em decorrência, a digestibilidade da energia de milhos com alta vitreosidade, influenciando o desempenho dos animais.

Assim, um estudo foi realizado com os objetivos de: determinar características químicas e físicas de milhos com diferentes texturas de endosperma, verificar o efeito da vitreosidade do milho e adição de amilase na digestibilidade dos nutrientes das rações e desempenho de leitões na fase de creche.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Características Gerais do Grão de Milho

O milho é um dos principais cereais mais cultivados no mundo. No Brasil a produção em 2008 foi em torno de 58,6 milhões de toneladas (CONAB, 2009). O milho é utilizado como matéria prima para elaboração de muitos produtos, nos entando, a indústria de ração animal absorve a maior parte dos grãos produzidos no Brasil. Estima-se que a cadeia produtiva de aves e suínos é responsável pelo consumo de 70% da produção, e destes, uma parte significativa é destinada ao setor de suinocultura (ABIMILHO, 2009). Devido ao alto nível de inclusão na dieta de suínos, o milho contribui para atender exigências de aminoácidos, mas sua principal função é fornecer energia para os processos metabólicos.

O grão de milho pode ser dividido em quatro partes principais: pericarpo, endosperma, embrião ou germe e ponta, cada qual com suas características químicas específicas (Tabela 1). As principais causas de variação na composição química dos grãos de milho são relacionadas às características do material genético, solo, adubação, condições climáticas e estágio de maturação da planta (PATERNIANI; VIÉGAS, 1987; GOMES et al., 2004).

Tabela 1. Composição química média do grão de milho seco indicado nas estruturas físicas específicas do grão

Fração	Grão, %	Amido, %	Proteína, %	Lipídeos, %	Açúcares, %	Minerais, %
Pericarpo	5,0	0,6	2,6	1,3	1,2	2,9
Endosperma	82,0	98,0	74,0	15,4	28,9	17,9
Embrião	11,0	1,3	26,0	82,6	69,3	78,4
Ponta	2,0	0,1	0,9	0,8	0,8	1,0

Fonte: Adaptado de Watson, (1987).

O endosperma exerce grande importância na determinação do valor econômico e nutricional do milho e, por esse motivo, suas características são utilizadas para classificar os grãos. O arranjo e a constituição dos componentes químicos no grão, dados basicamente por proteína e amido estão relacionados com a textura do mesmo (MARTINEZ et al., 2006).

A dureza descreve a resistência do grão à deformações externas, quebra mecânica durante a colheita e o armazenamento. Os grãos mais duros apresentam a característica de boa armazenagem e qualidade de germinação (CRUZ; PEREIRA, 2009). A textura é uma característica que define o grau de dureza do grão e é determinada pela proporção entre endospermas vítreo e farináceo em relação ao endosperma total. No Brasil, a indústria de grãos tem optado por híbridos de textura dura, em que a alta vitreosidade de endosperma é predominante (PEREIRA et al., 2004).

A textura dos grãos das cultivares de milho podem ser agrupados nas seguintes categorias: 1) dentado ou mole: os grânulos de amido são densamente arranjados nas laterais dos grãos, formando um cilindro aberto que envolve parcialmente o embrião; na parte central, os grânulos de amido são menos densamente dispostos e o endosperma farináceo predomina; 2) grão duro ou cristalino: os grãos apresentam reduzida proporção de endosperma farináceo em seu interior, notando-se que a parte dura ou cristalina é a predominante e envolve por completo o endosperma farináceo (Figura 1). Existem ainda os grãos semi-duros e semi-dentados, que apresentam características intermediárias (KOTARSKI et al., 1992).

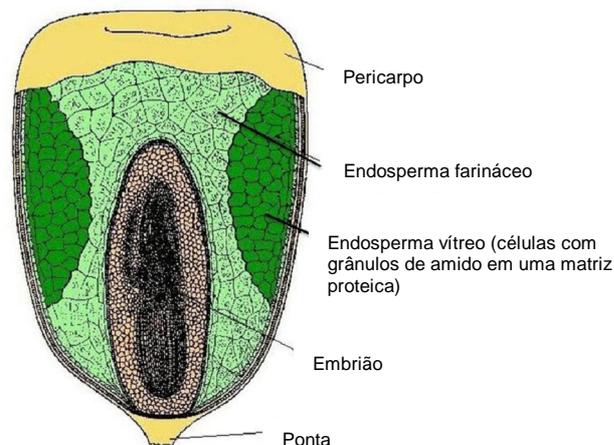


Figura 1. Localização do pericarpo, endosperma farináceo, endosperma vítreo e embrião ou germe do grão de milho.

Dentro das células que compõem o endosperma, os grânulos de amido apresentam-se envoltos na matriz protéica. A densidade dessa matriz varia, dentre outros fatores, com a localização da célula no grão (KOTARSKI et al., 1992). No endosperma farináceo a matriz é esparsa e fragmentada, enquanto que na região vítrea é densa e bem desenvolvida (CHOCT et al., 2001; PHILIPPEAU et al., 1999). Com o desenvolvimento do grão, os grânulos de amido alargam-se e são envolvidos pela matriz protéica, tornando-se firmemente ligados à mesma.

As proteínas do endosperma do milho, que caracterizam a matriz protéica, podem ser classificadas de acordo com a solubilidade em quatro frações: albuminas, globulinas, prolaminas e glutelinas, que constituem respectivamente 3%, 3%, 60% e 34% do total de proteínas do endosperma (PATERNIANI; VIÉGAS, 1987). Estudos têm demonstrado que o conteúdo de proteína, em especial de zeínas, está associado com diferenças na dureza dos grãos de cereais (PRATT et al., 1995; CHANDRASHEKAR; MAZHAR, 1999).

Conforme CHOCT et al. (2001), a configuração química do grão e a estrutura da matriz protéica ao redor dos grânulos de amido também afetam a acessibilidade de enzimas amilolíticas. Estas características podem influenciar a digestibilidade dos nutrientes dos grãos, uma vez que está associada à vitreosidade que, por sua vez, está relacionada com a quantidade de endosperma vítreo e farináceo do grão.

2.2 Estrutura dos Grânulos de Amido

O amido é o carboidrato de reserva da maioria das plantas superiores, ocorrendo como grânulos insolúveis em água, cujo tamanho e forma variam de acordo com a espécie e maturidade da planta. É sintetizado a partir da sacarose, que é translocada para o endosperma durante o seu desenvolvimento. A sacarose é então convertida em glicose-1-fosfato, incorporada em ADP-glicose que, por sua vez, é polimerizada em amilose e amilopectina (SOAVE; SALMINI, 1984). Essas duas moléculas são depositadas como grânulos cristalinos nos amiloplastos, os quais se encontram imersos em uma matriz amorfa (LOPES; LARKINS, 1993).

A amilose é uma molécula essencialmente linear, constituída de unidades de D-glicose conectadas por ligações α -1,4. A amilopectina é um polímero que contém cadeias lineares de vários comprimentos e apresenta ramificações. As ligações glicosídicas que unem os resíduos de glicose nas cadeias de amilopectina são α -1,4 e os pontos de ramificação α -1,6. Apresenta alto grau de organização estrutural que pode ser exemplificada pela distribuição não casual das cadeias lineares e pelas disposições das ramificações (Figura 2). A relação de amilose e amilopectina depositadas no endosperma é responsável pela semi-cristalinidade dos grânulos de amido (KOTARSKI et al., 1992; RUSSEL; GAHR, 2000; BURRELL, 2003).

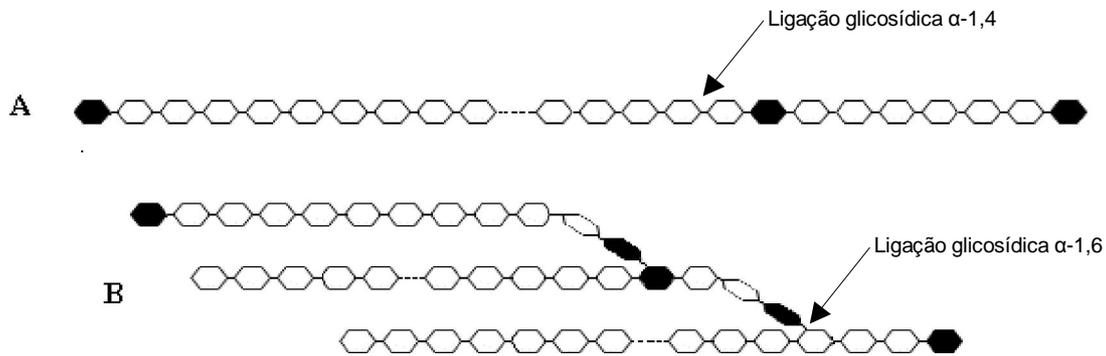


Figura 2. Esquema da macromolécula linear de amilose (A) com grupos redutores nas extremidades (hexágono fechado) e da macromolécula amilopectina (B) com grupos redutores e não redutores (hexágono aberto). As moléculas de glicose são unidas por ligações glicosídicas α -1,4 para formar amilose e para formar amilopectina, ligações glicosídicas α -1,4 na cadeia linear e α -1,6 nas ramificações.

A maioria das moléculas de amido presente nos grãos de cereais contém de 15% a 30% de amilose. No milho normal, essa quantidade é de 25% a 30% de amilose, enquanto 75% do amido é formado pela amilopectina. Alguns cereais, chamados mutantes, são desprovidos de amilose, e apenas a amilopectina forma o grânulo (DENARDIN; SILVA, 2009).

Quanto à localização das duas moléculas no grânulo, acredita-se que as moléculas maiores de amilose estejam concentradas no centro do grânulo e participando de ligações com a amilopectina, enquanto moléculas menores se apresentam na periferia do grânulo, porém a organização exata desses componentes ainda não está totalmente esclarecida (TESTES; QI, 2004).

Imagens da microscopia revelam dois tipos de grânulos de amido, grânulos do tipo A, grandes e de formato lenticular e grânulos B, menores e esféricos (DENARDIN; SILVA, 2009). Os grãos de milho de textura farinácea apresentam grânulos de amido maiores e corpos protéicos menores do que nos grãos vítreos (PEREIRA, 2006).

A superfície do grânulo de amido apresenta certa resistência à permeabilidade de moléculas grandes como as amilases, e a entrada de moléculas hidrolizantes como as enzimas digestivas e a água para o interior do grânulo ocorre por meio de poros ou canais que penetram em uma direção radial ao longo do grânulo, aumentando a superfície de ação dos reagentes e enzimas (ELIASSON, 2004; JIA et al., 2007; DENARDIN; SILVA, 2009).

Dessa forma, variações na estrutura física do grão têm sido associadas a variações no grau de compactação de componentes celulares, espessura da parede celular, tamanho das

células do parênquima de reserva do endosperma, espessura da matriz protéica em contato com os grânulos de amido e à força de adesão entre a matriz protéica e os grânulos de amido.

2.3 Efeito da Textura do Milho na Digestibilidade e Desempenho

O milho é a principal fonte de energia utilizada nas rações de suínos no Brasil. Pequenas variações na digestibilidade do amido podem afetar o valor energético das dietas e por isso, deve ser dada atenção aos fatores que podem afetar a digestibilidade. Enzimas pancreáticas e intestinais são os principais fatores envolvidos na variação da digestibilidade do amido e dificuldades na hidrólise do grânulo de amido implicam em uma incompleta digestão (CARRÉ, 2004).

Estudos têm sido realizados para determinar a digestibilidade do milho, procurando explicar sua associação com a composição química e física, visto que estes dois fatores contribuem diretamente para a disponibilidade da energia para os animais.

Estudos indicam que milhos dentados, que apresentam menor vitreosidade, têm maior valor nutricional quando comparado a milhos duros, pois apresentam coeficientes de digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e energia digestível superiores, quando estudados em suínos na fase de crescimento, atribuídos a maior atuação das enzimas digestivas e melhor digestibilidade dos nutrientes (CANTARELLI et al., 2007).

Peso corporal, conversão alimentar e qualidade de carcaça dos suínos também podem ser afetados pela textura do híbrido de milho adicionados às dietas, relacionados com a dureza e densidade dos grãos e maior teor de amilopectina no endosperma (MOORE et al., 2008). Estudos apontam que o maior conteúdo de amilopectina no amido do milho resultou em melhor conteúdo de energia metabolizável, justificado pela ramificada estrutura da amilopectina (MOORE et al., 2008).

No entanto, resultados controversos são apresentados por Neto (2006), que não verificou diferença significativa no processo digestivo de leitões ao usar rações a base de milho com diferentes vitreosidades.

Diferenças significativas nos valores de digestibilidade também são encontrados no sorgo com diferentes texturas de endosperma, onde, grãos com textura dura apresentam menor valor de energia metabolizável quando fornecidos a aves (ANTUNES et al., 2006).

Na fermentação ruminal a textura do grão de milho influencia a disponibilidade do amido para fermentação destacando-se os grãos macios sobre os duros devido a maior

disponibilidade do amido para atuação das enzimas (PHILIPPEAU; DOREAU, 1999; CORREA et al., 2002; RIBAS et al., 2007).

Em virtude das variações na composição química e física observadas entre variedades de milho, é possível admitir que a digestibilidade dos nutrientes possa ser diferente para milhos com maior ou menor vitreosidade.

2.4 Uso de Enzimas Exógenas e a Digestão dos Carboidratos

As enzimas são proteínas que atuam como catalisadores biológicos e estão envolvidas em todo processo anabólico e catabólico da digestão e metabolismo. A eficiência da atividade enzimática é ótima dentro de condições específicas de pH e temperatura.

Nos suínos, a enzima amilase salivar, ou ptialina, atua sobre as ligações do tipo α -1,4 do amido, atividade esta rapidamente neutralizada pelo baixo pH do estômago e considerada de pouco efeito na digestibilidade total do amido (SVIHUS et al., 2005). No intestino delgado, a digestão do amido ocorre no lúmen pela ação de enzimas pancreáticas como amilase, dextrinases e glicoamilases, produzindo glicose, maltose e maltotriose, sendo a digestão enzimática completada no epitélio do jejuno superior pela atuação de enzimas lactase, sacarase, maltase e α -dextrinase (RUSSEL; GAHR, 2000; SVIHUS et al., 2005). A digestão enzimática dos carboidratos é a principal rota pelo qual suínos produzem a glicose que o organismo necessita (RUSSEL; GAHR, 2000).

A alimentação dos suínos requer atenção especial dos nutricionistas especialmente na fase pós-desmame, uma vez que neste período a ração irá substituir o leite da porca. Deve-se ter o cuidado para que o alimento forneça nutrientes em quantidade e qualidade adequadas para reduzir o estresse e aumentar a taxa de crescimento, sem descuidar dos custos de produção.

Nos leitões, a atividade da amilase pancreática está relacionada à idade, peso corporal, e tipo de dieta. Entretanto, ocorre redução significativa da atividade da amilase imediatamente após o desmame (LINDEMANN et al., 1986; JENSEN et al., 1997; TEIXEIRA et al., 2005; ADEOLA; KING, 2006).

Estudos demonstram que o ganho de peso de leitões é altamente correlacionado com a atividade da amilase no trato digestivo e o desenvolvimento do pâncreas é fundamental para a produção de enzimas no período pós desmame (PASSILÉ et al., 1989). A adaptação da atividade pancreática ao desmame é muito específica para cada enzima (HUGUET et al.,

2006). A função exócrina do pâncreas leva pelo menos três dias após o desmame para iniciar sua adaptação a uma nova dieta e a expressão de genes específicos que codificam o nível de atividade enzimática são adaptados ou estimulados de acordo com condições específicas, tais como idade do leitão, capacidade de ingestão de alimento e valor nutricional da dieta. (MARION et al., 2003).

Vários estudos sobre suplementação enzimática nas dietas de leitões têm sido realizados com objetivo de melhorar o desempenho animal e apontam efeito positivo sobre a digestão dos nutrientes dos alimentos (CLASSEN, 1996; ZANELLA, 1999; NERY et al., 2000; COWIESON, 2005).

A influência negativa da dureza do grão sobre a nutrição e desempenho animal pode ser mais pronunciada em leitões na fase de creche, pois nas primeiras semanas pós-desmame a capacidade de digestão dos alimentos fica comprometida. Isso é particularmente verdadeiro para a digestão de carboidratos de origem vegetal, uma vez que durante a lactação, a principal fonte de carboidrato disponível aos leitões é a lactose (WISEMAN et al., 2000). De acordo com Lindemann et al. (1986) o aumento na atividade da amilase pancreática após o desmame ocorre provavelmente devido à necessidade de digestão do amido da ração.

A utilização de enzimas exógenas (amilase, protease, lipase, xilanase, fitase, etc.) surgiu como uma alternativa para aumentar o valor nutritivo de ingredientes das rações melhorando seus coeficientes de digestibilidade, reduzindo a fração de polissacarídeos não amiláceos estruturais, fatores antinutricionais que não são hidrolisados por enzimas digestivas endógenas e diminuição da viscosidade das dietas (TEIXEIRA et al., 2005).

Melhores valores de digestibilidade dos nutrientes e energéticos nas dietas suínos em crescimento foram verificados com o uso de complexos enzimáticos (Rodrigues et al., 2002). Estudos também indicam que a adição de enzimas melhora o desempenho de suínos alimentados com rações a base de milho (LI et al., 1996).

Para atuação das enzimas é necessário substratos específicos na dieta, dosagem correta de enzimas, capacidade das enzimas ultrapassarem a barreira estomacal determinada pelo baixo pH, ação de enzimas proteolíticas e processamento do alimento (TEIXEIRA et al., 2005).

No entanto, a suplementação das dietas com enzimas exógenas ainda não possui um padrão definido de utilização para melhor eficiência, e estudos apresentam resultados controversos em relação a resultados de digestibilidade, valores energéticos e de desempenho com o uso de enzimas e, não foi encontrado na literatura estudos avaliando o efeito da adição de enzimas em dietas formuladas a base de milhos com textura diferenciada.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Cultivo dos Milhos

Foram utilizadas duas variedades de milho disponíveis comercialmente e selecionadas para o estudo em razão de suas características de endosperma. O cultivo dos milhos foi conduzido em uma propriedade rural do município de Palotina, PR, nas coordenadas geográficas 24°15' de latitude Sul, 53°51' de longitude Oeste, em solo classificado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (EMBRAPA, 1999) como latossolo vermelho eutrófico de textura muito argilosa.

O plantio experimental dos milhos foi realizado na safra agrícola 2007/2008, na mesma propriedade rural, em áreas com características químicas e físicas do solo idênticas. Para evitar a polinização cruzada, os milhos foram plantados com área de isolamento espacial de 100 metros entre as variedades experimentais e vizinhas. Todas as práticas culturais foram iguais para as duas variedades.

Os milhos foram colhidos com colheitadeira convencional, passaram por processo de pré-limpeza mecânico para retirada de resíduos de pó e palha, e foram secos ao sol até atingirem grau de umidade de 13%, para seqüente moagem em peneira de 2 mm e utilização como ingrediente da ração.

3.2 Análises Físicas dos Grãos

A vitreosidade foi determinada pela dissecação manual dos grãos conforme procedimento descrito em Dombrink-Kurtzman e Bietz (1993). Para minimizar o efeito da posição do grão na espiga sobre a vitreosidade, 100 grãos de cada amostra foram selecionados aleatoriamente e divididos em 10 grupos, visualmente homogêneos em tamanhos e forma do grão (PRATT et al., 1995). Posteriormente, os grãos selecionados foram submersos em água destilada por três minutos e secos em papel toalha. Os grãos foram dissecados para remoção do pericarpo e embrião, restando o endosperma total que foi dividido em farináceo e víteo. O peso do endosperma víteo, expresso em proporção do endosperma total foi usado como medida de vitreosidade.

A densidade dos grãos foi determinada em 10 amostras independentes, usando-se um picnômetro de tampa removível. O picnômetro foi pesado com seu volume interno repleto de água destilada e em seguida, aproximadamente 30 gramas de grão foram adicionados ao picnômetro e novamente o volume ajustado com água. A densidade (g/cm^3) foi calculada pela relação do peso do picnômetro com água e do picnômetro com água e os grãos, assumindo-se que a densidade da água era igual a 1,0 conforme descrito por Correa et al. (2002).

O peso de 1000 grãos foi determinado pela contagem manual de grãos secos das duas variedades de milho estudadas. Esse procedimento foi repetido 10 vezes para obtenção de amostras independentes visando análises estatísticas.

3.3 Microscopia do Grânulo de Amido

Os grãos de milho foram fraturados em nitrogênio líquido e montados em suportes de alumínio (stubs) com cola condutora de carbono. Após esse procedimento as amostras receberam cobertura com filme de ouro e foram observadas ao Microscópio Eletrônico de Varredura, na potência de 15 Kv e em alto vácuo.

3.4 Rações Experimentais

Os tratamentos experimentais consistiram de 3 rações formuladas a base de milho, farelo de soja, minerais e vitaminas (Tabela 2) tendo como únicas diferenças os tipos de milho e a adição de enzima, segundo o esquema a seguir: tratamento 1 = milho semi-dentado; tratamento 2 = milho duro; e tratamento 3 = milho duro e adição de amilase na proporção de 0,06%. Foi utilizada uma enzima alfa-amilase comercial de origem fúngica, com atividade enzimática mínima de 4.000 SKB/g, e nível de inclusão conforme recomendado pelo fabricante. O SKB (Sandstedt-Kneen-Blish) descreve o número de gramas de amido que é hidrolizado por um grama de amilase em uma hora sob condições ótimas de pH e temperatura. No experimento de desempenho foi utilizado um programa alimentar composto por duas rações, sendo que cada uma foi fornecida durante 14 dias. No experimento de metabolismo, as rações mencionadas anteriormente, foram fornecidas durante 12 dias. As rações foram formuladas para atender ou superar os níveis nutricionais recomendados pelo National Research Council - NRC (NRC, 1998), conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 2. Composição centesimal das rações experimentais contendo milho semi-dentado, duro e duro + amilase

Ingredientes	Tratamentos		
	Semi-dentado	Duro	Duro + amilase
Fase I (1 – 14 dias)			
Milho semi-dentado, Kg	50,00	-	-
Milho duro, Kg	-	50,00	50,00
Farelo de soja, Kg	25,00	25,00	25,00
Núcleo ¹ , Kg	25,00	25,00	25,00
Alfa-amilase ^{2*} , Kg	-	-	0,06
Fase II (15 – 28 dias)			
Milho semi-dentado, Kg	63,00	-	-
Milho duro, Kg	-	63,00	63,00
Farelo de soja, Kg	32,00	32,00	32,00
Núcleo ¹ , Kg	5,00	5,00	5,00
Alfa-amilase ^{2*} , Kg	-	-	0,06

¹Núcleo contendo soro de leite em pó, leite em pó desnatado, farinha de peixe, açúcar, calcário calcítico, fosfato bicálcico, cloreto de sódio, antioxidante, flavorizante, aditivo acidulante, promotor de crescimento, L-lisina, DL-metionina, L-treonina, premix vitamínico-mineral.

²Enzima alfa-amilase 4.000 SKB. *incluída em substituição ao milho.

A composição bromatológica das rações utilizadas no experimento de digestibilidade e desempenho estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Composição química e energética das rações experimentais, contendo milho semi-dentado, milho duro e milho duro + amilase, expressos na matéria natural

Composição	Tratamentos		
	Semi-dentado	Duro	Duro + amilase
Fase I (1 – 14 dias)			
Energia metabolizável ¹ , Kcal/Kg	3300	3300	3300
Proteína bruta ² , %	19,92	19,36	19,36
Amido ² , %	36,83	36,96	36,96
Cálcio ¹ , %	0,74	0,74	0,74
Fósforo disponível ¹ , %	0,35	0,35	0,35
Lisina total ¹ , %	1,28	1,28	1,28
Metionina e cistina ¹ , %	0,69	0,69	0,60
Treonina ¹ , %	0,88	0,88	0,88
Fase II (15 – 28 dias)			
Energia metabolizável ¹ , Kcal/Kg	3300	3300	3300
Proteína bruta ² , %	20,10	19,39	19,39
Amido ² , %	46,49	46,65	46,65
Cálcio ¹ , %	0,72	0,72	0,72
Fósforo disponível ¹ , %	0,39	0,39	0,39
Lisina total ¹ , %	1,20	1,20	1,20
Metionina e cistina ¹ , %	0,70	0,70	0,70
Treonina ¹ , %	0,85	0,85	0,85

¹Calculado segundo Rostagno et al. (2005). ²Laboratorio de Nutrição Animal - Unioeste.

3.5 Ensaio de Metabolismo

Foram utilizados 12 machos castrados provenientes do cruzamento de fêmeas F1 (Landrace x Large White) e macho da raça Pietrain com peso vivo médio inicial de $7,96 \pm 0,31$ quilos. Os animais foram alojados individualmente em gaiolas de metabolismo projetadas para leitões na fase de creche. Foram utilizados três tratamentos com quatro repetições e duas fases, sendo utilizado o delineamento experimental em bloco casualizado com cada animal consistindo em uma unidade experimental. Os tratamentos consistiram de

ração a base de milho semi-dentado, milho duro e milho duro + enzima alfa-amilase, conforme descrito na Tabela 2.

Os animais tiveram um período de adaptação às gaiolas e às rações experimentais de sete dias, seguidos de cinco dias de coleta total de fezes e urina. Na fase de adaptação foi determinado o consumo mínimo de ração pelos leitões e essa informação utilizada para calcular a quantia fornecida aos demais leitões com o objetivo de fazer com que todos os animais ingerissem a mesma quantia de ração por unidade de peso metabólico. A ração foi umedecida com água na proporção de 15% e fornecida duas vezes ao dia (08:00 e 16:00 horas) e após os leitões terminarem de consumir a ração foi adicionado água no comedouro para que os animais tivessem acesso à vontade.

Para determinar o início e o fim da coleta de fezes, foi utilizado o óxido férrico (Fe_2O_3) como marcador fecal. As fezes foram coletadas diariamente e individualmente e armazenadas em sacos de polietileno a temperatura de -10°C . Ao final do período experimental, as fezes foram pesadas, homogeneizadas e uma amostra de 20% do peso foi retirada para análises químicas subsequentes. A urina foi coletada em recipiente com filtro contendo 20 mL de solução HCl 50%; após medido o volume total de cada coleta, uma amostra de 10% da urina foi armazenada em garrafa à temperatura de -10°C para seqüente utilização nas análises laboratoriais. A coleta de urina foi realizada duas vezes ao dia. Os demais procedimentos metodológicos foram realizados de acordo com o descrito por Oliveira et al. (2001).

As variáveis analisadas nos três tratamentos foram: coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS), coeficiente de digestibilidade da matéria orgânica (CDMO), coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), coeficiente de digestibilidade do amido (CDAMID), coeficiente de digestibilidade da energia bruta (CDEB), coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM), nitrogênio ingerido (NI), nitrogênio excretado nas fezes (NF), nitrogênio excretado na urina (NU) e nitrogênio retido (NR) das rações.

3.6 Ensaio de Desempenho

O experimento de desempenho foi realizado em uma granja comercial, localizada no município de Palotina-PR, nas coordenadas $24^\circ 12'$ latitude sul e $55^\circ 53'$ longitude Oeste. Foi utilizada uma única sala de creche contendo 15 baias suspensas, com piso ripado, cada uma

com capacidade para 5 leitões. As baias estavam equipadas com comedouro semi-automático e bebedouro tipo chupeta.

Setenta e cinco leitões provenientes do cruzamento entre fêmeas F1 (Landrace x Large White) e macho da raça Pietrain, com peso médio inicial $7,87 \pm 0,67$ quilos foram distribuídos em três tratamentos, com 5 repetições, usando o delineamento em blocos casualizados, com base no peso inicial. A unidade experimental foi formada por 3 machos castrados e 2 fêmeas. As únicas diferenças entre os tratamentos experimentais foram os tipos de milho e a adição de enzima.

Os leitões foram submetidos a um programa alimentar composto de duas fases, cada uma com duração de 14 dias. As rações foram formuladas para atender ou superar os níveis nutricionais recomendados pelo NRC (1998), conforme apresentado na Tabela 3. O fornecimento de água e ração foi à vontade.

Foram analisados o consumo diário de ração (CDR), o ganho de peso diário (GPD) e a conversão alimentar (CA). Para a avaliação do ganho de peso, os animais foram pesados individualmente no início, aos 14 e aos 28 dias. As rações e os desperdícios foram pesados para a determinação do consumo. A conversão alimentar foi obtida pela relação entre o consumo de ração e o ganho de peso durante o período experimental.

3.7 Análises Químicas

A matéria seca dos milhos e ingredientes das rações foi determinada em estufa a 105° Celsius. O nitrogênio total foi determinado pelo método Kjeldahl, sendo a proteína bruta obtida pela multiplicação do conteúdo de nitrogênio pelo fator de correção 6,25. O extrato etéreo foi obtido pelo método à quente utilizando éter de petróleo. A fibra bruta foi calculada após a amostra ser submetida à digestões ácida e alcalina, respectivamente. A matéria mineral foi determinada em forno mufla aquecido a 600°C por 4 horas e a energia bruta obtida por combustão completa das amostras em bomba calorimétrica (calorímetro adiabático de Parr). Para obtenção da fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido utilizou-se o método proposto por Van Soest. Todas as análises citadas acima foram realizadas conforme metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002).

Nos milhos e ingredientes da ração foi ainda determinado o teor de amido, pelo método de Lane-Eynon, multiplicando-se o teor e açúcares totais por 0,9; conforme marcha analítica descrita no Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (1992). A porcentagem de

amilose presente no amido total foi determinada pela metodologia descrita pela International Association for Standardization - ISO 6647 (ISO, 1987) e a amilopectina foi obtida pela diferença entre amido e amilose.

As fezes foram secas em estufa com circulação de ar forçado a 55° C até peso constante e moídas em moinho de facas com peneira de 1 mm para determinação de matéria seca, nitrogênio total, cinzas, amido e energia bruta. Na urina, analisaram-se o nitrogênio total e a energia bruta. As análises químicas das fezes e urina foram realizadas conforme metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002), exceto para o amido para o qual se utilizou a metodologia descrita pelo Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (1992).

3.8 Análises Estatísticas

Todas as variáveis foram submetidas à análises descritivas (média, desvio padrão, mínimo, máximo e correlação) para verificar a consistência dos dados experimentais e a presença de valores discrepantes. A distribuição normal dos resíduos e a homogeneidade das variâncias residuais foram testadas usando o MINITAB (MINITAB, 2007).

As variáveis físicas e químicas foram analisadas pelo teste t, considerando que eram normalmente distribuídas e com variância conhecida.

Os dados obtidos no desempenho e metabolismo foram submetidos à análise de variância usando o modelo estatístico descrito a seguir:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + \alpha$$

Y_{ijk} = observação da repetição k, submetida ao tratamento i, no bloco j;

μ = média geral;

T_i = efeito do tratamento i, sendo i = 1, 2 e 3;

B_j = efeito do bloco j, sendo j = 1, 2;

α = erro associado a cada observação, independentemente distribuído, com média 0 e variância σ^2 .

Quando a análise de variância indicou ao menos uma diferença entre as médias obtidas no desempenho e metabolismo, as mesmas foram comparadas pelo teste de Tukey. Adotou-se

como critério para considerar as médias diferentes, a probabilidade de 5% de cometer o erro tipo I.

Todas as análises estatísticas foram realizadas usando o software estatístico MINITAB, versão 15 (MINITAB, 2007).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características Químicas e Físicas dos Milhos

Na Tabela 4 são apresentados os resultados das variáveis químicas dos milhos utilizados no experimento.

Tabela 4. Composição química e energética dos milhos semi-dentado e duro, na matéria natural

Item	Semi-dentado	Duro
Matéria Seca, %	88,7	89,0
Matéria Orgânica, %	87,7	87,9
Proteína Bruta, %	9,6	8,4
Extrato Etéreo, %	3,3	3,3
Fibra Bruta, %	2,6	2,4
Fibra Detergente Neutro, %	12,8	9,6
Fibra Detergente Ácido, %	3,1	3,2
Energia Bruta, Kcal/Kg	4018	3963
Matéria Mineral, %	1,0	1,1

De uma maneira geral, a composição química das duas variedades de milho foram semelhantes entre si e os valores próximos dos citados na literatura (ROSTAGNO et al., 2005; EMBRAPA/CNPSA, 2009), sugerindo que diferenças na textura não alteram as principais variáveis de composição química do grão.

Ao observar a Tabela 5 verifica-se que as duas variedades de milhos tiveram concentrações de amido semelhantes. Philippeau et al. (1999) estudando milhos dentado e duro encontraram teor médio de amido de 68,0 e 67,1%, respectivamente. Também não ocorreu diferença na composição do amido, sendo que as porcentagens de amilose e amilopectina representaram cerca de 20 e 80% do amido, respectivamente. Esses valores situam-se na faixa considerada normal para a maioria dos cereais (TESTER; QI, 2004).

Tabela 5. Teor de amido, amilose e amilopectina dos milhos semi-dentado e duro, na matéria natural

Item	Semi-dentado	Duro
Amido, %	65,5	65,7
Amilose*, %	17,8	17,9
Amilopectina*, %	82,2	82,1

* expresso em proporção do amido.

Considerando que a molécula de amilopectina é mais ramificada que a molécula de amilose sugere-se que o seu conteúdo influencie diretamente a dureza do grão, digestibilidade do amido e valor energético do milho (HASTAD et al., 2005; MOORE et al., 2008). Entretanto, ao analisarem milhos de textura dura e dentada, DePeters et al. (2007) verificaram que o milho duro e o dentado tiveram conteúdos semelhantes de amilose e amilopectina. Além disso, as proporções de amilose e amilopectina foram muito próximas tanto no endosperma vítreo como no endosperma farináceo, independente da textura do grão. Diante desses resultados pode-se especular que o conteúdo de amilopectina, por si só, não seja o principal definidor da textura do endosperma, aos menos das variedades usadas nesse estudo.

Diante dos resultados obtidos no presente experimento e em outros artigos publicados na literatura, fica evidente que a influência da textura nos valores de energia do milho não está associada à quantidade e composição do amido, que é o componente responsável pela maior parte da energia do milho (WISEMAN et al., 2000).

Os resultados das variáveis de composição física dos milhos estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Composição física dos milhos semi-dentado e duro

Item	Semi-dentado	Duro
Vitreosidade*, %	69,3 ^a	74,6 ^b
Densidade, g/cm ³	1,217 ^a	1,232 ^b
Peso mil grãos, g	339,5 ^a	345,0 ^a
Endosperma total, g	0,287 ^a	0,276 ^a
Endosperma vítreo, g	0,199 ^a	0,206 ^b
Endosperma farináceo, g	0,088 ^a	0,070 ^a

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste t (P<0,05).

*Endosperma vítreo expresso em porcentagem do endosperma total.

A proporção de endosperma vítreo do milho semi-dentado foi 69,3%, próxima ao valor de 68,2% encontrado por Cantarelli et al. (2007) para esse tipo de milho. No milho duro, o endosperma vítreo representou 74,6% do endosperma total e foi semelhante ao valor médio de 73,1% observado por Correa et al. (2002) ao analisar cinco variedades de milho duro cultivados no Brasil. Os grânulos de amido do endosperma vítreo são mais resistentes ao ataque físico e enzimático, além de serem relativamente inacessíveis à água e enzimas hidrolíticas (KOTARSKI et al., 1992; STREETER et al., 1993).

O milho duro foi mais denso que o milho dentado ($P < 0,05$), embora as diferenças fossem relativamente pequenas (1,232 e 1,217, respectivamente). Vários autores observaram correlação positiva entre densidade e proporção de endosperma vítreo e, por essa razão, sugere-se que a densidade possa ser usada como indicador da textura ou vitreosidade do grão de milho (LI et al., 1996; et al., 2002; MARTINEZ et al., 2006; BORDIGNON et al., 2007). A maior densidade dos grãos duros pode ser explicada pela grande presença de endosperma vítreo, que apresenta alto grau de compactação dos grânulos de amido e corpos protéicos, além de ausência de espaços inter-granulares (PEREIRA, 2006).

Encontram-se na Tabela 7 os valores de proteína bruta e extrato etéreo analisados no endosperma vítreo e farináceo dos milhos estudados.

Tabela 7. Valores de matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo de acordo com o tipo de milho e endosperma, expressos na matéria natural

Item	Tipo de endosperma			
	Vítreo		Farináceo	
	Semi-dentado	Duro	Semi-dentado	Duro
Matéria Seca, %	85,73	85,54	85,25	84,43
Proteína Bruta, %	8,42 ^a	9,19 ^b	6,81 ^a	6,09 ^b
Extrato Etéreo, %	2,57 ^a	2,64 ^a	0,45 ^a	0,87 ^b

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste t ($P < 0,05$).

Analisando os dois milhos conjuntamente, se percebe que o endosperma vítreo apresentou teor de proteína bruta superior ao endosperma farináceo (8,8 versus 6,4%, respectivamente). Esses resultados possivelmente sejam o indicativo de que o endosperma vítreo é recoberto por uma matriz protéica espessa e contínua, enquanto a matriz protéica do endosperma farináceo é fina e incompleta, conforme vários autores observaram (OPATPATANAKIT et al., 1994; CORREA et al., 2002). Além disso, estudos mostram que

níveis de proteínas solúveis em álcool, especialmente zeínas, foram maiores no endosperma vítreo que no endosperma farináceo (DOMBRINK-KURTZMAN; KNUTSON, 1997).

Entre os dois tipos de milho também houve diferenças na quantidade de proteína dos diferentes endospermas ($P < 0,05$). O milho duro teve maior teor de proteína que o semi-dentado no endosperma vítreo, enquanto o milho semi-dentado teve maior teor de proteína no endosperma farináceo.

A quantidade de extrato etéreo no endosperma vítreo foi semelhante nos dois milhos, com a maior parte (80%) sendo encontrada no endosperma vítreo. No endosperma farináceo, o milho duro apresentou maior ($P < 0,05$) conteúdo de extrato etéreo. Lipídios são encontrados apenas no amido de cereais onde formam complexos com a amilose e afetam a estrutura e funcionalidade dos grânulos de amido (TESTER; KARKALAS, 2001; TESTER; QI, 2004).

Na Figura 3 estão apresentadas as micrografias eletrônicas de varredura dos milhos semi-dentado e duro.

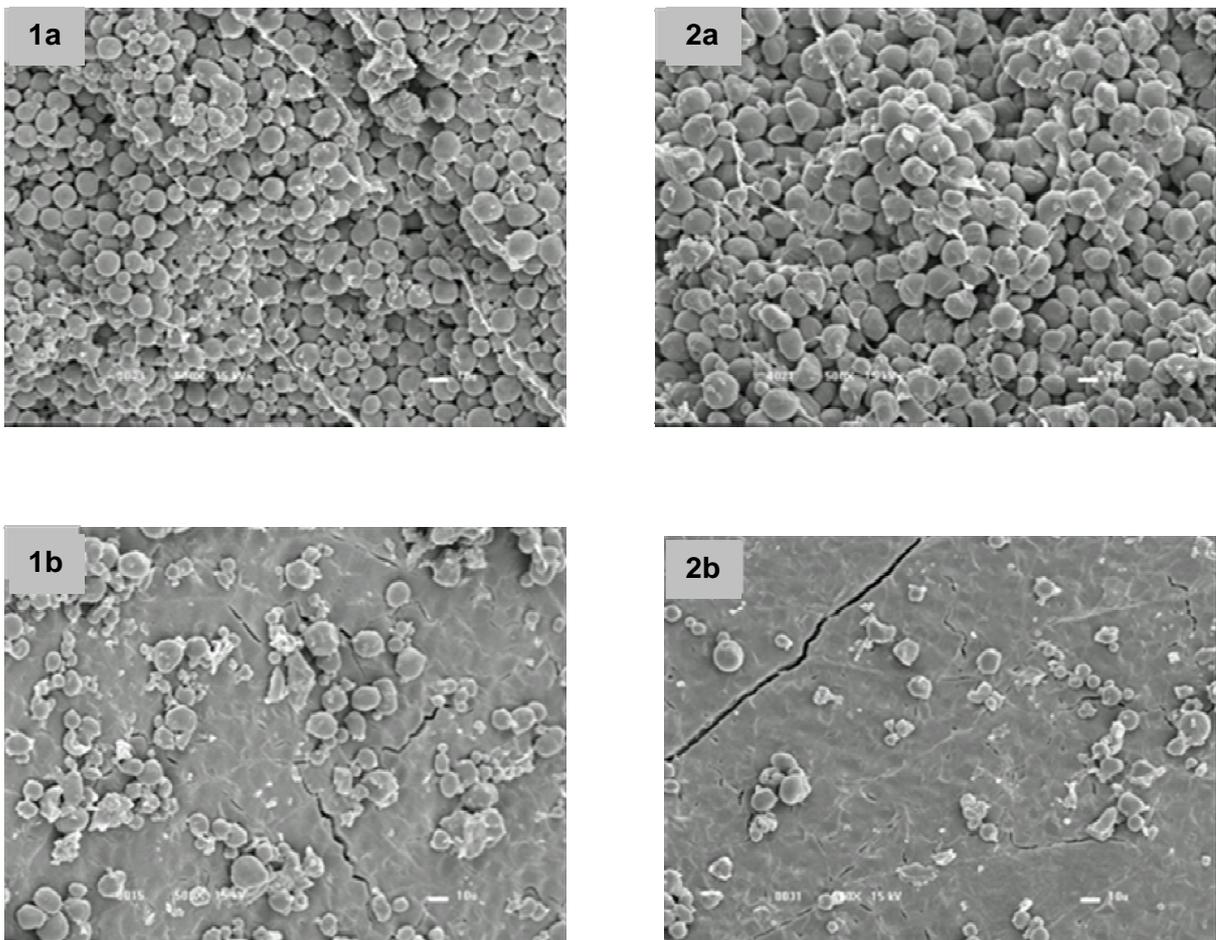


Figura 3 – Micrografia eletrônica de varredura dos grânulos de amido do endosperma farináceo (a) e vítreo (b) dos milhos duro (1) e semi-dentado (2), aumento 500X.

Percebe-se que os grânulos de amido do endosperma farináceo são menos compactados que os do endosperma vítreo. O milho duro, por sua vez, apresenta os grânulos de amido do endosperma farináceo mais arredondados que dos milhos semi-dentados. Com relação ao endosperma vítreo pode-se constatar que a matriz protéica que circunda os grânulos de amido do milho duro parece ser mais espessa e delimitada do que no milho semi-dentado.

Os resultados da micrografia eletrônica de varredura confirmam que existem diferenças na estrutura do amido nos dois milhos estudados. Apesar dessas diferenças serem qualitativas, a importância de análises da micro-estrutura do amido em estudos relacionados à nutrição animal tem sido enfatizada (CHOCT et al., 2001; SVIHUS et al., 2005).

4.2 Ensaio de Metabolismo

Os valores de digestibilidade da matéria seca (CDMS), coeficiente de digestibilidade da matéria orgânica (CDMO), coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), coeficiente de digestibilidade do amido (CDAMID), coeficiente de digestibilidade da energia bruta (CDEB), energia digestível (ED), coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB) e energia metabolizável (EM), para as rações com milho semi-dentado, milho duro e milho duro + enzima alfa-amilase, determinados pelo método de coleta total são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Coeficientes de digestibilidade (CD) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), amido (AMID), energia bruta (EB), energia digestível (ED), metabolizabilidade da energia bruta (MEB) e energia metabolizável (EM) das rações com milho semi-dentado, milho duro e milho duro + amilase, expressos na matéria seca

Item	Tratamento			EPM	Efeito Tratamento
	Semi-dentado	Duro	Duro + Amilase		
CDMS, %	86,99	86,55	86,80	0,71	NS
CDMO, %	88,66	88,10	88,38	0,73	NS
CDPB, %	85,98	84,73	83,91	1,41	NS
CDAMID, %	94,52	95,01	95,43	0,56	NS
CDEB, %	87,29	86,42	86,93	0,78	NS
ED, Kcal/Kg	3872 ^a	3767 ^b	3826 ^{ab}	29,74	<0,05
CMEB, %	85,17	83,96	85,02	0,74	NS
EM, Kcal/Kg	3778 ^a	3660 ^b	3742 ^{ab}	29,84	<0,05

EPM = erro padrão da média amostral.

^{NS}Não-significativo pelo teste de Tukey (P>0,05).

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

As diferenças observadas nos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e da energia não foram grandes o suficiente para serem detectadas pela análise estatística. Por outro lado, tanto os valores de ED como os de EM foram influenciados pelos tratamentos (P<0,05). As rações contendo milho semi-dentado apresentaram ED e EM superior às constituídas por milho duro (P<0,05).

Neto (2006) avaliando a digestibilidade de milhos de diferentes texturas com leitões de peso vivo semelhantes aos desse experimento, constatou que o milho dentado teve ED 70 Kcal/Kg superior ao milho duro, embora não tenha ocorrido diferenças estatísticas entre os milhos. Em experimento realizado com suínos em crescimento, Cantarelli et al. (2007) não verificaram diferenças na ED entre milhos semi-dentado e duro, apesar do milho semi-dentado apresentar 100 Kcal/Kg a mais de ED que o milho duro.

Supõe-se que a superioridade das rações contendo milho semi-dentado, observada nesse experimento, possa ser explicada pelas características do endosperma desse tipo de grão. O milho semi-dentado apresentou menor proporção de endosperma vítreo, que por sua vez possui grânulos de amido relativamente compactados em uma matriz protéica densa e

espessa (TESTER; QI, 2004), o que dificulta o acesso de enzimas e a digestão do amido (DENARDIN; SILVA, 2009).

A matriz protéica do endosperma exerce uma forte influência na digestibilidade do amido (CHOCT et al. 2001), pois forma uma barreira física que precisa ser digerida para que o amido fique disponível para ser hidrolisado pela amilase (KOTARSKI et al., 1992). O maior teor de proteína observado no endosperma vítreo, principalmente no milho duro, pode ser um indicador indireto da grandeza da matriz protéica. Como o milho duro tem maior proporção de endosperma vítreo, a influência da matriz protéica é mais evidente e pode ter determinado os menores valores de energia digestível e metabolizável. Apesar dos maiores valores de ED e EM do milho semi-dentado, a digestibilidade do amido das rações não foi influenciada pelo tipo de milho ($P>0,05$) e, além disso, os coeficientes de digestibilidade do amido foram muito próximos entre si. Uma das possíveis explicações para esses resultados pode estar relacionada à diferenças nas taxas de digestão do amido no intestino delgado. O amido que atinge o intestino grosso é rapidamente utilizado pelos microorganismos para produção de energia ou ácidos graxos voláteis. Com isso, uma possibilidade é que a digestibilidade total tenha superestimado a digestibilidade ileal do milho duro. Weurding et al. (2001) também constataram que amidos de diferentes fontes possuem digestibilidade fecal semelhantes, mas digestibilidade ileal diferentes.

A inclusão de amilase nas rações com milho duro proporcionou aumento dos valores de energia digestível e metabolizável, fazendo com que a ED e EM se aproximassem da energia obtida com rações constituídas de milho semi-dentado.

Nas primeiras semanas após o desmame, os leitões podem apresentar secreção insuficiente de enzimas, o que compromete a digestão dos alimentos e provoca problemas digestivos. A amilase é uma das enzimas que tem sua atividade reduzida imediatamente após o desmame (LINDEMANN et al., 1986; JENSEN et al., 1997) e a amilase exógena pode ter contribuído para o aumento da taxa de digestão do amido contido no endosperma vítreo.

Outros autores têm estudado a adição de amilase exógena sobre a digestibilidade dos nutrientes e da energia de rações para leitões. Nery et al. (2000) não encontraram efeito de amilase bacteriana na ED e EM de rações para leitões com peso inicial aproximado de 17,5 quilos. O peso vivo inicial dos animais utilizados no ensaio de metabolismo no presente experimento (8,0 Kg) foi inferior ao de Nery et al. (2000) e isso pode ter determinado as diferenças.

Na Tabela 9 encontram-se os resultados do balanço de nitrogênio dos leitões alimentados com rações contendo milho de diferentes texturas de endosperma.

Tabela 9. Valores de nitrogênio (N) ingerido (NI), excretado nas fezes (NF), excretado na urina (NU) e retido (NR) de suínos ingerindo rações com milho semi-dentado, milho duro e milho duro + amilase, expressos na matéria seca

Item	Tratamento			EPM	Efeito Tratamento
	Semi-dentado	Duro	Duro + Amilase		
NI, g/d	18,50	19,56	19,27	0,37	NS
NF, g/d	2,55	2,99	3,04	0,20	NS
NU, g/d	4,58	4,18	4,33	0,21	NS
NR, g/d	11,37	12,39	11,89	0,73	NS

EPM = erro padrão da média amostral.

^{NS}Não-significativo pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

Não houve diferenças ($P>0,05$) na quantidade de NI entre os tratamentos experimentais. Esses resultados eram esperados porque o teor de proteína das rações foram próximos e a quantidade de ração fornecida foi ajustada com base no peso dos suínos.

A quantia de NF foi semelhante ($P>0,05$) o que indica que os tratamentos experimentais não influenciaram a digestibilidade aparente da proteína. Da mesma maneira não ocorreram diferenças ($P>0,05$) no NU, sinalizando que os tratamentos não provocaram alterações no aproveitamento metabólico da proteína. Finalmente, como era de se esperar, em razão dos resultados discutidos anteriormente, nenhuma das rações alterou a quantia de NR, reforçando a idéia que o metabolismo do nitrogênio não foi alterado pelos tratamentos.

Ao estudar milhos com diferentes texturas, Neto (2006) também não verificou alterações nos resultados do balanço de nitrogênio, ao avaliar suínos com peso médio de 20,7 quilos.

4.3 Ensaio de Desempenho

Os resultados do ensaio de desempenho, onde foram avaliadas o consumo de ração diário (CRD), ganho de peso diário (GPD) e conversão alimentar (CA) dos leitões alimentados com rações à base de milho semi-dentado, duro ou duro com adição de enzima estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Valores de peso inicial (PI), peso final (PF), consumo de ração diário (CRD), ganho de peso diário (GPD) e conversão alimentar (CA) de leitões consumindo rações com milho semi-dentado, duro e duro + amilase

Item	Tratamento			EPM	Efeito Tratamento
	Semi-dentado	Duro	Duro+amilase		
Fase I (1 - 14 dias)					
PI, g	7.776	7.619	7.772	-	-
PF, g	15.266	14.678	14.756	-	-
CRD, g	702	699	698	0,10	NS
GPD, g	528	508	498	0,23	NS
CA, g/g	1,34	1,39	1,41	0,65	NS
Fase II (15-28 dias)					
PI, g	15.266	14.678	14.756	-	-
PF, g	23.519	22.939	23.091	-	-
CRD, g	902	903	897	0,08	NS
GPD, g	595	599	596	0,20	NS
CA, g/g	1,52	1,52	1,51	0,47	NS
Fase I e II (1-28 dias)					
PI, g	7.776	7.619	7.772	-	-
PF, g	23.519	22.939	23.091	-	-
CRD, g	802	800	798	0,07	NS
GPD, g	562	554	547	0,13	NS
CA, g/g	1,43	1,45	1,46	0,33	NS

EPM = erro padrão da média amostral

^{NS}Não-significativo pelo teste de Tukey (P>0,05).

Médias seguidas de mesma letra na mesma linha não diferem pelo teste de Tukey (P>0,05).

Conforme apresentado na Tabela 10, os tratamentos experimentais não influenciaram as variáveis de desempenho analisadas em nenhuma das fases do experimento. Contudo, é importante registrar que na fase I (1-14 dias) os leitões alimentados com milho semi-dentado apresentaram ganho de peso e conversão alimentar numericamente superior aos demais, embora essas diferenças não foram detectadas pela análise estatística.

Os maiores valores de energia das rações com milho semi-dentado e milho duro com adição de amilase observados no ensaio de metabolismo não provocaram alterações no desempenho dos leitões.

Uma das possíveis causas para esses resultados pode ter sido o consumo insuficiente de aminoácidos. A interação entre consumo de energia e aminoácidos com a deposição de proteína e o desempenho de suínos é bem definida (CAMPBELL, 1988; BIKKER et al., 1996). Na fase inicial de crescimento é comum o consumo de energia limitar a deposição

protéica e os animais responderem à ingestão extra de energia, desde que o consumo de aminoácidos não seja limitante.

No presente experimento, a EM das rações foi superior (3300 *versus* 3265) aos níveis recomendados pelo NRC (1998) e não foram registrados problemas no consumo alimentar, o que indica que a ingestão de energia não foi o limitante para deposição de proteína. Por outro lado, com base nos dados de desempenho, pode-se estimar a quantidade de lisina necessária para suportar o ganho de peso dos leitões usados nesse estudo, por meio do modelo fatorial proposto pelo NRC (1998).

Nesse caso, verifica-se que a quantidade de lisina total necessária para as taxas de ganho observadas é de aproximadamente 10 gramas, o que está de acordo com o consumo médio ingerido, que foi de 9,9 gramas. Esses resultados indiretamente confirmam que a lisina possivelmente tenha limitado a deposição, pois toda a lisina disponível foi usada para manutenção ou deposição de proteína. Assim, é bem provável que a quantidade extra de energia disponível para leitões consumindo rações com milho semi-dentado ou duro mais amilase, pode não ter influenciado o ganho em razão do consumo insuficiente de lisina.

Neto (2006) avaliando o desempenho de leitões dos 7,0 aos 15,0 quilos alimentados com rações contendo milhos de diferentes texturas (duro e dentado) não observaram diferenças no desempenho dos leitões.

5 CONCLUSÕES

O endosperma dos milhos semi-dentado e duro apresentam características químicas e físicas diferenciadas.

Rações formuladas com milho semi-dentado apresentam maior energia que rações formuladas com milhos duros.

A adição de amilase contribui para disponibilizar energia das rações contendo milho duro.

Leitões na fase de creche consumindo rações contendo milhos de textura semi-dentada e dura apresentam desempenho semelhantes e a adição de alfa-amilase em rações de leitões contendo milho de textura dura não altera o desempenho animal.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEOLA, O; KING, D. E. Developmental changes in morphometry of the small intestine and jejunal sucrase activity during the first nine weeks of postnatal growth in pigs. **Journal of Animal Science**, v.84, p. 112-118, 2006.

ANTUNES, R. C. et al. Valor nutritivo de grãos de sorgo com diferentes texturas do endosperma para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.5, p.877-883, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO MILHO – **ABIMILHO**. Disponível em <<http://www.abimilho.com.br/estatistica4.htm>> Acesso em 27 ago. 2009.

BIKKER, P.; VERSTEGEN, M. W.; CAMPBELL, R. G. Performance and body composition of finishing gilts (45 to 85 kilograms) as affected by energy intake and nutrition in earlier life: II. Protein and lipid accretion in body components. **The Journal of Animal Science**, v. 74, p. 817-826, 1996.

BORDIGNON, L. A. et al. Relação entre características físicas e químicas de grãos de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 2007, Londrina. **Anais...** Londrina, 2007.

BURRELL, M. M. Starch: the need for improved quality or quantity – an overview. **Journal of Experimental Botany**, vol.54, n.382, p. 451-456, 2003.

CAMPBELL, R.G. Nutritional constraints to lean tissue accretion in farm animals. **Nutrition Research Reviews**, v.1, p. 233-253, 1988.

CANTARELLI, V. S. et al. Composição química, vitreosidade e digestibilidade de diferentes híbridos de milho para suínos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n.3, p.860-864, 2007.

CARRÉ, B. Causes for variation in digestibility of starch among feedstuffs. **World's Poultry Science Journal**, v.60, p. 76-89, 2004.

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

CHOCT, M. et al. Microstructure of grains as an indicator of nutritive value. **Recent Advances in Animal Nutrition in Australia**, v.13, p.223-228, 2001.

CLASSEN, H. L. Cereal grain starch and exogenous enzymes in poultry diets. **Animal Feed Science and Technology**, v.62, p.21-27, 1996.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – **CONAB**. Disponível em <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/MilhoTotalSerieHist.xls>> Acesso em 27 ago. 2009.

COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Matéria-prima**. Brasília: Sincirações/ANFAR:CBNA, SDR/MA, Método n.34, p.99-102, 1992.

CORREA, C. E. S. et al. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, v.85, n.11, p.3008-3012, 2002.

COWIESON, A. J. Factors that affect the nutritional value of maize for broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.119, p.293-305, 2005.

CRUZ, J. C.; PEREIRA, I. A. P. **Milho – cultivares para 2009/2010**. Disponível em <<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/tabela1-caracteristicas.html>>. Acesso em: 10 jan. 2009.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Revista Ciência Rural**, v.39, n.3, 2009.

DEPETERS, J. et al. Influence of corn hybrid, protease and methods of processing on in vitro gas production. **Animal Feed Science and Technology**, v.135, p.157–175, 2007.

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

DOMBRINK-KURTZMAN, M. A.; KNUTSON, C. A. A study of maize endosperm hardness in relation to amylose content and susceptibility to damage. **Cereal Chemistry**, v.74, p.776-780, 1997.

ELIASSON, A.C. **Starch in food: Structure, function and applications**. New York: Boca Raton, CRC, 2004. 605p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, 1999. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA/CNPISA. Disponível em: <<http://www.cnpisa.embrapa.br/?idp=Pd6b93v2x>>. Acesso em: 11/03/2009.

FOX, G.; MANLEY, M. Hardness methods for testing maize kernels. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v.57, n.13, p.5647-5657, 2009.

GOMES, M. S. et al. Variabilidade genética em linhagens de milho nas características relacionadas com a produtividade de silagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.9, p.879-885, 2004.

GRBESA, D.; KIS, G. Relation between endosperm and *in vitro* kinetic of starch digestibility in maize hybrids for broiler chickens. **Italian Journal of Animal Science**, v.4 (supl. 3), p.139-141, 2005.

HASTAD, C. W. et al. Comparison of yellow dent and NutriDense corn hybrids in swine diets. **American Association of Cereal Chemists**, v.83, p.2624-2631, 2005.

HOSENEY, R.C. Principles of cereal science and technology. **American Association of Cereal Chemists**. 2 ed. St Paul, 1994, 378p.

HUGUET, A. et al. Effects of level of feed intake on pancreatic exocrine secretions during the early post weaning period in piglets. **Journal of Animal Science**, v.84, p. 2965-2972, 2006.

HUNTINGTON, G. B. Starch utilization by ruminants: from basics to bulk. **Journal of Animal Science**, v.75, n.3, p. 852-867, 1997.

INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR STANDARDIZATION. Rice-determination of amylose content. **ISO 6647**, p.5, 1987

JENSEN, M. S.; JENSEN, S. K.; JAKOBSEN, K. Development of digestive enzymes in pigs with emphasis on lipolytic activity in the stomach and pancreas. **Journal of Animal Science**, v.75, p.437-445, 1997.

JIA, L. et al. Starch properties and structure of a wheat mutant high in resistant starch. **The Open Agriculture Journal**, v. 1, p. 5-10, 2007.

KOTARSKI, S. F.; WANISKA, R.D.; THURN, K.K. Starch hydrolysis by the ruminal microflora. **The Journal of Nutrition**, v.122, p.178–190, 1992.

LI, P. X. et al. Determination of endosperm characteristics of 38 corn hybrids using the Stenvert hardness test. **Cereal Chemistry**, v.73, p.466–471, 1996.

LINDEMANN, M. D.; CORNELIUS, S. G.; EL KANDELGY, S. M. Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglet. **Journal of Animal Science**, v.62, p1298-1307, 1986.

LOPES, M. A.; LARKINS, B. Endosperm origin, development and function. **The Plant Cell**, v.5, n.10, p.1383-1399, 1993.

MARION, J. et al. Weaning and feed intake alter pancreatic enzyme activities and corresponding RNA levels in 7-d-old piglets. **The Journal of Nutrition**, v. 133, p. 362 – 368, 2003.

MARTINEZ, G. M. et al. Microstructure of starch granule related to kernel hardness in corn. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v.29, n.2, p.135-139, 2006.

MINITAB: **Minitab Statistical Software for Windows**. São Paulo: Brasil, 2007. Disponível em <<http://www.minitab.com/products/minitab>>. Acesso em 01 jan. 2009.

MOORE, S. M. et al. The correlation of chemical and physical corn kernel traits with growth performance and carcass characteristics in pigs. **Journal of Animal Science**, v.86, p.592-601, 2008.

NERY, V. L. H. et al. Adição de enzimas exógenas para leitões dos 10 aos 30 kg de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.794-802, 2000.

NETO, J.V. **Milho duro e dentado na forma de grãos secos e silagem de grãos úmidos para leitões dos 7 aos 15 kg**. Lavras, 2006. 44p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, 2006.

NRC. **National Research Council**, 10ed. Washington: National Academy Press, p.93, 1998.

OLIVEIRA, V. et al. Substituição do milho por casca de café em rações isoenergéticas para suínos em crescimento e terminação. **Ciência e Agrotecnologia**, v.25, n.2, p.424-436, 2001.

OPATPATANAKIT, Y. et al. Microbial fermentation of cereal grains in vitro. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.45, p.1247-1263, 1994.

PASSILÉ, A. M. B. et al. Relationships of weight gain and behavior to digestive organ weight and enzyme activities in piglets. **Journal of Animal Science**, v.67, p.2921-2929, 1989.

PEREIRA, R. C. **Relação entre características estruturais e bioquímicas e textura do grão de milho**. Lavras, 2006. 54p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, 2006.

PEREIRA, M. N. et al. Ruminal degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. **Scientia Agrícola**, v.61, n.4, p.358-363, 2004.

PHILIPPEAU, C.; DOREAU, M. Influence of genotype and ensiling of corn grain on in situ degradation of starch in the rumen. **Journal of Dairy Science**, n.81, p.2178-2184, 1998.

PHILIPPEAU, C.; DOREAU, M. Maize genotype and ruminant digestion. **Zootecnika**, n.74, p.37-46, 1999.

PHILIPPEAU, C.; MONREDON, F. L. D.; DOREAU, M. Relationship between ruminal starch degradation and the physical characteristics of corn grain. **Journal of Animal Science**, n.77, p.238-243, 1999.

PRATT, R. C. et al. A. Association of zein classes with maize kernel hardness. **Cereal Chemistry**, v. 72, n. 2, p. 162-167, 1995.

RIBAS, M. N.; GONÇALVES, L. C. MAURÍCIO, R. M. Degradabilidade e cinética de fermentação ruminal das silagens de quatro híbridos de milho, avaliadas pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.6, n.2, p.223-233, 2007.

RODRIGUES, P. B. et al. Digestibilidade dos nutrientes e desempenho de suínos em crescimento e terminação alimentados com rações à base de milho e sorgo suplementadas com enzimas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, n.2, p.91-100, 2002.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.

RUSSEL, R. W.; GAHR, S. A. Glucose Availability and Associated Metabolism. In: D'MELLO, J.P.F. **Farm animal metabolism and nutrition**. Cab International, 2000, p. 121-145.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.

SOAVE, C.; SALMINI, F. Organization and regulation of zein genes in maize. **Phylogical Transactions of Society of London**, v.304, n.1120, p.341-347, 1984.

STREETER, M. N. et al. Chemical and physical properties and in vitro dry matter and starch digestion of eight sorghum grain hybrids and maize. **Animal Feed Science and Technology**, v.44, p.45-58, 1993.

SVIHUS, B.; UHLEN, A. K.; HASTAD, O. M. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review. **Animal Feed Science and Technology**, v.122, p.303-320, 2005.

TEIXEIRA, A. O. et al. Utilização de enzimas exógenas em dietas com diferentes fontes e níveis de proteína para leitões na fase de creche. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.900-906, 2005.

TESTER, R. F.; KARKALAS, J. The effects of environmental conditions on the structural features and physical-chemical properties of starches. **Starch**, v.53, p.513-519, 2001.

TESTER, R. F.; QI, X. Molecular basis of the gelatinisation and swelling characteristics of waxy barley starches grown in the same location during the same season. Part I. Composition and alpha-glucan fine structure. **Journal of Cereal Science**, v.39, p.47-56, 2004.

PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G. P. Milhos especiais e seu valor nutritivo. In TOSELLO, G. A. **Melhoramento e produção de milho**. 2 ed., v.1, Campinas: Fundação Cargil, 1987. 338p.

ZANELLA, I. Efeito da adição de enzimas exógenas na dieta sobre a atividade enzimática da amylase e tripsina pancreática em frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO 99 DE CIENCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1999, São Paulo – SP. **Anais...** São Paulo, 1999, p.45.

WATSON, S. A. Structure and composition. In: WATSON, S. A.; RAMSTAD, P. E. **Corn: chemistry and technology**. St Paul: American Association. Cereal Chemistry, 1987. p.53-82.

WEURDING, R. E. et al. In vitro starch digestion correlates well with rate and extent of starch digestion in broiler chickens. **The Journal of Nutrition**, v.131, p.2336-2342, 2001.

WISEMAN, J.; NICOL, N.T.; NORTON, G. Relationship between apparent metabolisable (AME) values and *in vivo/in vitro* starch digestibility of wheat for broilers. **World's Poultry Science Journal**, v.56, p.305-318, 2000.