

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA, VITREOSIDADE E
DIGESTIBILIDADE DE DIFERENTES
HÍBRIDOS DE MILHO PARA SUÍNOS**

VINÍCIUS DE SOUZA CANTARELLI

2003

VINÍCIUS DE SOUZA CANTARELLI

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA, VITREOSIDADE E DIGESTIBILIDADE DE
DIFERENTES HÍBRIDOS DE MILHO PARA SUÍNOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como exigência do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador
Prof. Elias Tadeu Fialho

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2003

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

Cantarelli, Vinícius de Souza

Composição química, vitreosidade e digestibilidade de diferentes híbridos de milho para suínos / Vinícius de Souza Cantarelli. -- Lavras : UFLA, 2003.

39p. : il.

Orientador: Elias Tadeu Fialho.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Milho. 2. Vitreosidade. 3. Composição química. 4. Digestibilidade. 5. Suínos. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.40855

– 633.15

VINÍCIUS DE SOUZA CANTARELLI

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA, VITREOSIDADE E DIGESTIBILIDADE DE
DIFERENTES HÍBRIDOS DE MILHO PARA SUÍNOS**

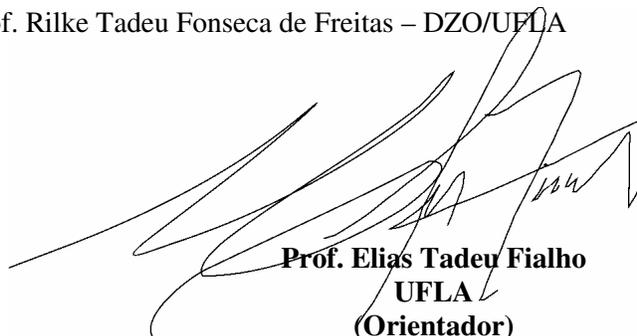
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como exigência do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 29 de Dezembro de 2003.

Prof. José Augusto de Freitas Lima – DZO/UFLA

Prof. Raimundo Vicente de Sousa – DMV/UFLA

Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – DZO/UFLA



Prof. Elias Tadeu Fialho
UFLA
(Orientador)

**LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL**

Aos meus pais, minhas irmãs, meu irmão
e minha avó, pelo carinho, amor e dedicação.

DEDICO

A todos que acreditam nos meus sonhos

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade da realização deste curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao orientador, Prof. Elias Tadeu Fialho, pela orientação, amizade, respeito e confiança, prestados ao longo do curso.

Ao comitê orientador, professores José Augusto de Freitas Lima, Rilke Tadeu Fonseca de Freitas e Raimundo Vicente de Sousa pela orientação e sugestões para a realização deste trabalho.

Aos Profs. Antonio Gilberto Bertechini e Marcos Neves Pereira pela amizade e apoio.

Ao Professor Leonardo Augusto Lopes Muzzi, do DMV/UFLA, pela realização da cirurgia de implantação das cânulas nos animais.

Aos alunos de graduação, José Vieira Neto, Herta Bezerra da Silva, Nicholas Amaral, Leila Lucinda, Érica Viviane Heidenreich da Rocha e Leandro Batista Costa, pela inestimável ajuda nas análises laboratoriais e na condução do experimento.

Às amigas Erin Caperuto de Almeida e Raquel Celidonio Wolp pela amizade e por não terem medido esforços para a realização deste trabalho.

Aos alunos de Pós-graduação, Sidnei Tavares Reis, Silvio Luiz de Oliveira, Reinaldo Kanji Kato, Adriano Kaneo Nagata e Adriano Geraldo de Souza pela amizade e apoio.

Ao aluno de Pós-graduação Leonardo Bôscoli Lara pelo auxílio nas análises dos aminoácidos.

Aos amigos Marcus Leonardo Figueiredo Silva, Reinaldo Kanji Kato Leonardo, Lucio Girão, Ana Ligia Sanches e, em especial, a Hunaldo Oliveira Silva pela amizade e apoio.

Aos meus amigos de república, Walter Henrique Dias, Daniel Veiga Soares, Luiz Gustavo Zillo, Juliano Ramos Senna e Leandro Lyra.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, do Setor de Suinocultura e da Fábrica de Ração.

BIOGRAFIA

VINÍCIUS DE SOUZA CANTARELLI, filho de Pedro Cantarelli Filho e Vera Lucia de Souza Cantarelli, nasceu em 6 de fevereiro de 1979, na cidade de Caconde, no estado de São Paulo.

Em agosto de 1997, ingressou na Universidade Federal de Lavras, graduando-se em Zootecnia em março de 2002.

Em março de 2002 iniciou o curso de pós-graduação em Zootecnia na Universidade Federal de Lavras, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos.

Em 29 de dezembro de 2003 submeteu-se à defesa de dissertação para obtenção do título de “Mestre”.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Composição Química do Milho	3
2.2 Melhoramento genético afetando características agronômicas, composição química e física do milho	7
2.3 Textura do milho.....	10
2.4 Digestibilidade dos nutrientes do milho	13
3 MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Local	15
3.2 Material biológico e instalações.....	15
3.3 Delineamento experimental	15
3.4 Rações experimentais	16
3.5 Variáveis analisadas.....	18
3.6 Metodologia de coleta total de fezes e urina.....	18
3.7 Análises Laboratoriais	19
3.7.1 Análises de composição química	19
3.7.2 Análises de composição física	19
3.8 Análise estatística	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5 CONCLUSÕES	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
ANEXOS	37

RESUMO

CANTARELLI, Vinícius de Souza. **Composição Química, Vitreosidade e Digestibilidade de diferentes híbridos de milho para suínos**. 2003. 39 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

Objetivou-se avaliar a composição química, a vitreosidade e os valores nutricionais de diferentes híbridos de milho através de um ensaio de metabolismo com suínos em crescimento, que foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Foram utilizados 24 suínos em fase de crescimento ($35,6 \text{ Kg} \pm 3,05 \text{ kg de PV}$), machos castrados mestiços (LD x LW), os quais foram mantidos em gaiolas de metabolismo e distribuídos em um delineamento inteiramente ao acaso, totalizando 24 parcelas. Os tratamentos experimentais consistiram de 6 rações que continham, cada uma, um híbrido de milho diferente, suplementadas com vitaminas e minerais. Os híbridos de milho testados foram: milho alto óleo (Móleo) e milho QPM (MQPM), como milhos especiais; e milho dentado (Mdent), milho semidentado (Msemi) e dois milhos duros (Mdur1) e (Mdur2) como milhos comuns de diferentes texturas. Os valores obtidos de vitreosidade, coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB) e energia digestível (ED) para Móleo, MQPM, Mdent, Msemi, Mdur1 e Mdur2 foram 78,5; 71,7; 57,2; 68,2; 75,9; 82,8; 81,68; 80,14; 82,35; 69,71; 76,98; 75,61; 3680; 3426; 3597; 3441; 3340 e 3469, respectivamente. Foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) para os valores de vitreosidade, mostrando que os milhos de textura dura apresentam maior vitreosidade em relação ao semidentado e ao dentado. Houve diferenças significativas no CDMS, CDPB e ED entre os milhos estudados ($P < 0,05$), mostrando que o milho alto óleo (Móleo) e o dentado (Mdent) foram superiores aos demais. Em relação ao nitrogênio retido (%NR), houve diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os milhos estudados. Para esta variável os milhos dentado, QPM e alto óleo mostraram-se superiores aos milhos semidentado e os duros. Conclui-se que o milho dentado apresenta menor vitreosidade e, por isso, melhor valor nutricional, mostrando que a vitreosidade pode ser um bom parâmetro para selecionar híbridos de milho comum. Além disso, foi semelhante ou superior em alguns parâmetros nutricionais, quando comparado aos milhos especiais “alto óleo” e “QPM”, revelando seu potencial de uso para suínos.

¹ Comitê Orientador: Elias Tadeu Fialho – UFLA (Orientador); José Augusto de Freitas Lima – UFLA; Raimundo Vicente de Sousa – UFLA; Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA.

ABSTRACT

CANTARELLI, Vinícius de Souza. **Chemical composition, Vitreousness and Digestibility of different hybrids of corn for swine's**. 2003. 39 p. Dissertation (Master in Animal Science) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.¹

It objectified to evaluate the chemical composition, vitreousness and nutritional values of different hybrids of corn through of a metabolism trial with swine's in growth, which was conducted in the Swine Production Sector of the Animal Science Department of the Universidade Federal de Lavras (UFLA). The metabolism trial were conducted by utilizing 24 crossbred (LD x.LW) barrows in growing phase ($35,6\text{Kg} \pm 3,05\text{Kg}$ of PV) in which they were maintained in metabolism cages and distributed in a randomized completely design. The experimental treatments would consist in six (6) diets that contained, each one, one hybrid of different corn supplemented with vitamins and minerals. The hybrids of corn tested were: corn high oil, corn QPM, as special corns and corn-dent, semi-dent, and two hard corns, as common corns of different textures. The values obtained for Vitreousness, Digestibility Coefficients of the Crude Protein, and Energy Digestible for corns high oil, QPM, dent, semi-dent, hard 1 and hard 2 were 78,5; 71,7; 57,2; 68,2; 75,9; 82,8; 80,14; 82,35; 69,71; 76,98; 75,61; 3680, 3426; 3597; 3441; 3340 and 3469, respectively. Significant differences ($P<0.05$) were observed for the vitreousness values, indicating that corns of hard texture show a bigger vitreousness in relation to the semi-dent and corn dent. There were significant differences in Digestibility Coefficients of Dry Matter, Digestibility Coefficients of Protein Crude and Energy Digestible among the corn studied ($P<0.05$), showing the corn high oil, and the corn dent were higher than others. With to the Nitrogen Retained, there were significant differences ($P<0.05$) among the corns studied. For this variable, the corns dent, QPM and corn high oil showed higher to the semi-dent and hard corns. It follows that the corn with dent shows a little vitreousness and so better nutritional value, showing that the vitreousness can be a good parameter to select hybrids of common corn. Therefore, it was similar or higher in some nutritional parameter, when compared to the special corns, "corn high oil" and "QPM", raveling its potential of use for swine's.

¹ Guidance Committee: Elias Tadeu Fialho - UFLA (Advisor); José Augusto de Freitas Lima - UFLA, Raimundo Vicente de Sousa - UFLA; Rilke Tadeu Fonseca de Freitas - UFLA.

1 INTRODUÇÃO

O milho representa a maior fonte de energia na dieta dos suínos e uma importante fonte de aminoácidos. Em combinação com o farelo de soja, vitaminas e minerais, resulta em dietas que são consideradas nutricionalmente bem balanceadas para suínos.

A produção brasileira de milho nas safras 2001/2002 e 2002/2003 fecharam com uma produção em torno de 40 milhões de toneladas, sendo que a suinocultura demanda aproximadamente 25% desta produção com uma demanda acima de 9 milhões de toneladas.

No custo de produção dos suínos, o principal componente é a alimentação dos animais, sendo o milho o ingrediente que mais contribui para o alto custo das rações, principalmente em épocas de baixa oferta deste grão.

Normalmente este grão é tratado como um ingrediente de composição química conhecida e padronizada, estabelecida pela média de valores e publicada em tabelas de composição de alimentos. No entanto, ocorre variação significativa nestes valores, ou seja, na composição química do milho. Estas variações tem sido observadas em diferentes pesquisas no Brasil. Levantamentos da EMBRAPA/CNPSA mostram grandes diferenças na composição dos híbridos comercializados, com valores de óleo de 2,87 a 6,87%, de proteína bruta de 7,18 a 13,66%, e de energia digestível de 3211 a 3567 Kcal/Kg.

Nos últimos anos, com o advento da engenharia genética, as companhias multiplicadoras de sementes estão alterando seus programas para aumentar o valor nutricional do milho para suínos e aves. Os novos híbridos de milho são referidos como “especiais” ou de “valor adicional” ou “nutricionalmente melhores” que proporcionam características úteis para a produção de suínos.

Todavia, outras características devem ser revistas em relação ao valor nutricional dos milhos normalmente utilizados na alimentação animal. Uma delas é a textura do grão, que normalmente é usada como ferramenta em questões agronômicas, mas por outro lado pode ter efeitos importantes no valor nutricional dos híbridos de milho. Em relação à textura do grão, a vitreosidade é um parâmetro importante, em virtude de estar relacionada com a quantidade de endosperma vítreo e farináceo. Se considerarmos que o endosperma vítreo apresenta uma certa resistência à atuação das enzimas digestivas, a relação deste com o endosperma farináceo pode afetar diretamente a digestibilidade do milho.

Neste sentido, objetivou-se, com o presente trabalho, determinar se a vitreosidade e a composição química de diferentes híbridos de milho podem afetar a digestibilidade e o valor nutricional destes grãos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Composição Química do Milho

A composição química do milho pode variar em função do tipo de semente, do solo, da quantidade de fertilizante usado, das condições climáticas e do estágio de maturação da planta (Tosello, 1978; Pomeranz, 1981).

O grão de milho é composto por endosperma, embrião e pericarpo. O pericarpo representa 5% do peso do grão, sendo pobre em amido e proteína e rico em fibra. O embrião representa 11% do peso do grão, sendo rico em lipídeos e proteína e pobre em amido. O endosperma, que representa mais de 80% do grão, é constituído principalmente de amido (Corrêa, 2001).

Como mostra a Tabela 1, as partes principais do grão de milho diferem consideravelmente em sua composição química. O pericarpo se caracteriza por um elevado conteúdo de fibra bruta, aproximadamente 87%, o qual, por sua vez é composto fundamentalmente por hemicelulose (67%), celulose (23%) e lignina (0,1%) (Burge & Duensing, 1989). O endosperma, por outro lado, contém um nível elevado de amido (87%), aproximadamente 8% de proteína, e um conteúdo de óleo relativamente baixo. Por último, o germe se caracteriza por um elevado conteúdo de óleo (33%), e também um nível relativamente elevado de proteína (20%).

TABELA 1. Composição química proximal das partes principais do grão de milho (%).

Componente químico	Pericarpo	Endosperma	Germe
Proteínas	3,7	7,9	18,3
Extrato etéreo	1,0	0,83	33,5
Fibra bruta	86,7	2,7	8,8
Amido	7,3	87,6	8,0

Fonte: Watson (1987).

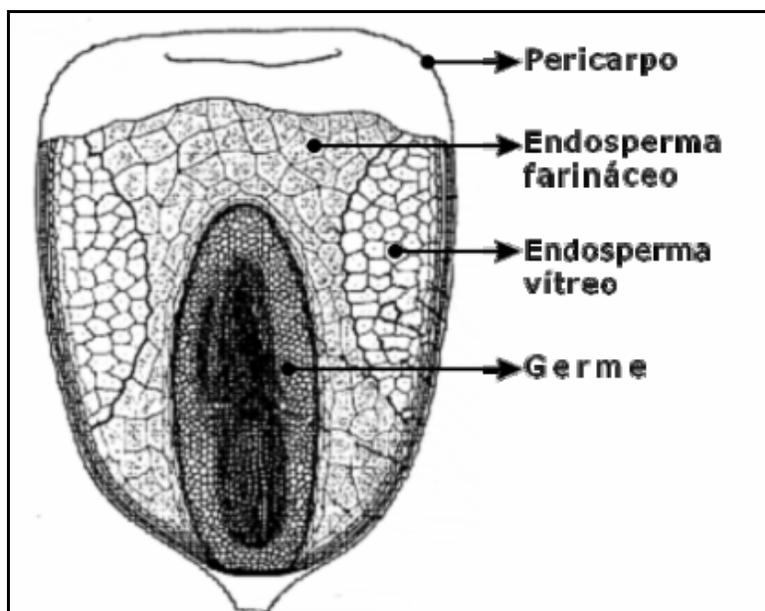


FIGURA 1 – Localização do pericarpo, endosperma farináceo, endosperma vítreo e do germe no grão de milho.

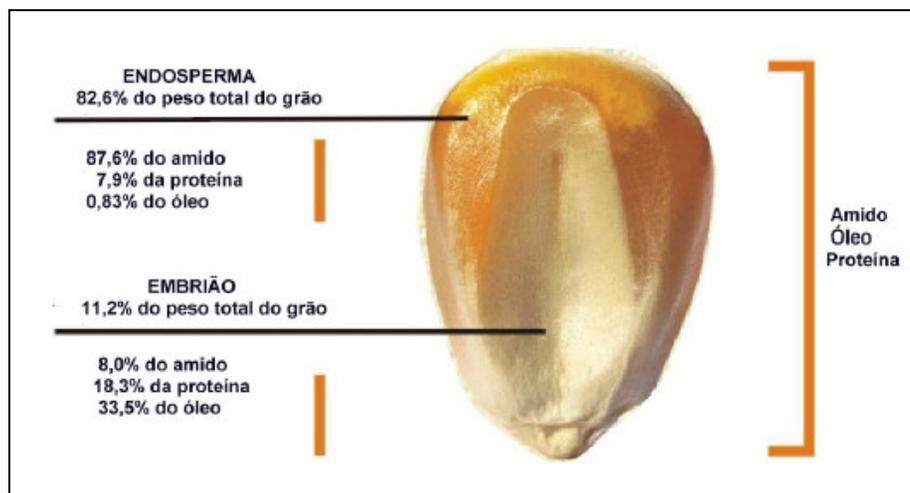


FIGURA 2 – Composição química proximal do germe e endosperma do grão de milho.

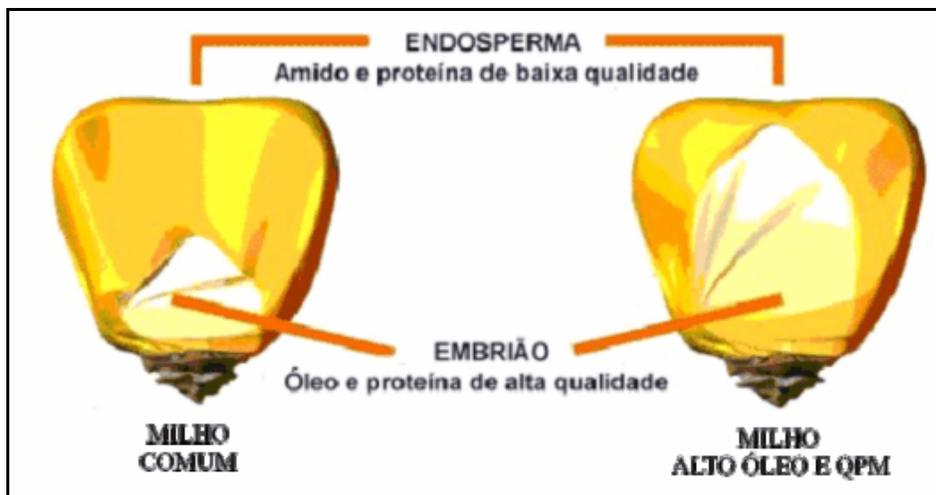


FIGURA 3 – Comparação do tamanho do germe do “milho comum” com os “milhos especiais” (Alto óleo e QPM).

Devido ao seu alto conteúdo de amido, o milho é considerado excelente fonte energética, sendo por isso, largamente utilizado na alimentação animal. O amido constitui cerca de 70% da semente do milho normal, composto de dois polissacarídeos, amilose e amilopectina, encontrados em proporções médias de 27% e de 73%, respectivamente.

Os lipídeos compreendem cerca de 5%, sendo encontrados principalmente no germe (cerca de 80% do total), e apenas 15% no endosperma (Watson, 1987). O conteúdo de proteína é de aproximadamente 10%, estando 80% destes localizados no endosperma. 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. Subseqüente 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. 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).

Aproximadamente 50% das proteínas do milho são formadas pela fração de prolamina. Esta fração que no milho é chamada de zeína, é deficiente em dois aminoácidos essenciais, lisina e triptofano. O baixo valor nutricional da proteína do milho é devido ao seu alto conteúdo da zeína, que possui baixa digestibilidade para monogástricos (Tosello, 1978).

Muito pouco se sabe sobre a composição química do endosperma de muitos híbridos. Além disso, o melhoramento da qualidade nutricional dos grãos tem apresentado dificuldades, pois carece de informações sobre as proteínas do endosperma, que estão totalmente dependentes, tanto da composição química

como da composição física do grão, e contêm aminoácidos que podem ser nutricionalmente desejáveis (Lopes & Larkins, 1991).

Na Tabela 2 são mostrados os valores de matéria seca e porcentagem de nitrogênio das diferentes partes do grão, constatando-se que o aumento na sua proporção propicia alterações na composição química.

TABELA 2. Distribuição do peso na matéria seca e porcentagem de nitrogênio do germe, endosperma e pericarpo de diferentes híbridos de milho.

Partes do milho	Materia seca (%)			Nitrogênio (%)		
	Normal	Normal	Opaco-2	Normal	Normal	Opaco-2
Pericarpo	6,5	7,9	4,0	3,4	4,6	4,2
Endosperma	80,0	84,0	61,0	76,5	80,5	60,7
Germe	13,5	8,1	35,0	20,1	14,9	35,1

Fonte: Landry & Moureaux (1980).

2.2 Melhoramento genético afetando características agronômicas, composição química e física do milho

Atualmente, vários mutantes conhecidos são capazes de provocar mudanças nas propriedades químicas e físicas da semente. Alguns são capazes de alterar a qualidade da proteína no endosperma, resultando em mudanças qualitativas nas frações protéicas (Tosello, 1978, Motto et al., 1989). Também são conhecidos mutantes capazes de alterar o teor de amido no grão, as propriedades físicas e químicas do amido e o teor de polissacarídeos solúveis em água. Em geral, o endosperma desses mutantes é frágil e geralmente está

associado com a baixa capacidade de sintetizar proteínas espaciais, como as prolaminas (Lopes, 1993).

A partir das quatro últimas décadas houve uma maior preocupação em relação ao valor nutricional da semente, e após a descoberta do mutante opaco-2 (capaz de aumentar os teores de lisina e triptofano no grão), por Mertz et al. (1964), grande impulso foi dado a esse campo de estudos. Segundo estes autores, o milho opaco-2 apresenta 69% mais lisina que o normal e um maior conteúdo de triptofano. Além disso, o milho opaco-2 apresenta um perfil de aminoácidos diferente do milho normal, com menores conteúdos de ácido glutâmico, alanina, metionina, leucina e tirosina e quantidades superiores de lisina, histidina, arginina, ácido aspártico, glicina e cisteína. Foi também demonstrado que as diferenças na composição de aminoácidos, entre os milhos opaco-2 e normal, eram atribuídas inteiramente a diferenças nas proteínas de reserva do endosperma, não havendo alteração no perfil de aminoácidos do embrião (Nelson, 1969).

O gene floury-2 é outro que promove o aumento de lisina no milho, além de elevar em 60% a quantidade de metionina em relação ao milho normal (Mertz et al., 1965). Outra característica importante dos mutantes opaco-2 e floury-2 é a textura farinácea e opaca do endosperma, contrastando com o aspecto translúcido do grão normal.

Tanto o gene opaco-2 quanto o floury-2 vêm sendo incorporados em programas de melhoramento. Contudo, por causa de efeitos deletérios associados a este fenótipo, o seu aproveitamento só é possível através do uso de modificadores genéticos capazes de restaurar as características agrônômicas desejáveis. Um desses efeitos indesejáveis seria, por exemplo, o fato de sua semente possuir um endosperma com pouca densidade, o que a torna bastante

susceptível ao ataque de insetos e, além disso, quebra facilmente durante o manuseio.

Em 1988, o Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS) lançou a variedade de milho *Quality Protein Maize* (QPM) de polinização aberta, denominada BR 451, com características semelhantes ao opaco-2, porém com adaptações às condições brasileiras, com maior densidade e menos susceptível ao ataque de insetos. Esta variedade de alto rendimento contém 0,08% de triptofano e 0,36% de lisina na proteína do endosperma branco, porcentagem 50% superior ao teor de lisina presente no milho comum.

Os milhos dentados, em geral, também são susceptíveis ao ataque de insetos e fungos, pois seu endosperma tem características físicas indesejáveis para as condições brasileiras, tanto em relação ao clima como ao processamento e ao armazenamento. Os Estados Unidos, por sua vez possui em condições favoráveis para o cultivo e utilização deste tipo de grão, porque na região produtora de milho, a quase totalidade dos grãos são dentados, de textura macia (Coors, 1994).

Ainda com relação às características agronômicas, inúmeros estudos vêm sendo realizados em melhoramento genético do milho, a partir dos quais procura-se obter materiais de maior rendimento por área e variedades ou híbridos mais resistentes ao ataque de pragas e doenças; porém, o melhoramento acentuado para o aumento de produtividade por área e características agronômicas desejáveis fez com que o milho perdesse, relativamente, nutrientes como proteína e óleo.

Dados dos ensaios de desempenho dos híbridos nos EUA mostraram que em 80 anos de melhoramento a produção de grãos aumentou 74 Kg/ha/ano e a porcentagem de proteína diminuiu 30 Kg/ha/ano. Dudley (1992) observou correlação negativa de 0,70 entre produção de grão e porcentagem de proteína.

Esta situação tem efeito negativo nas dietas dos suínos, visto que o milho corresponde a mais de 60% das formulações, tendo apresentado, nos últimos anos, decréscimo no teor de proteína, com redução no teor de aminoácidos (Regina & Solferini, 2002).

A fim de sanar estes problemas, os grandes centros de pesquisa estão empregando altos investimentos para a criação de ingredientes associando alta especialidade a altas produtividades (Regina & Solferini, 2002).

Trabalhos com suínos foram realizados no sentido de comparar o valor nutritivo destes milhos com o milho normal e o resultado foram valores para alguns parâmetros, tanto nos estudos de Cromwell et al. (1967) e Cromwell et al. (1969), que trabalharam com opaco-2, como nos estudos de Lima et al. (1994), Teixeira et al. (1995) e Fialho et al. (1996), os quais desenvolveram pesquisas utilizando milho QPM. Os parâmetros que apresentam maior variação nestes estudos são com relação ao balanço energético.

2.3 Textura do milho

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 fl_1 , fl_2 “floury endosperm”, O_2 e O_7 “opaque endosperm”. Esses genes promovem aumento no teor de lisina na proteína do milho, devido à redução da fração zeína, e aumento nas frações albumina, globulina e glutelina (Fornasieri Filho, 1992). O grão dentado possui endosperma duro nos lados e farináceo no centro. Com a perda de umidade

durante o processo de maturação fisiológica da planta, o endosperma farináceo e macio reduz o seu volume mais do que as camadas duras; assim se origina a indentação, pelo enrugamento do endosperma livre de camadas córneas no topo da semente. O grão duro, por sua vez, tem um endosperma vítreo ou cristalino ocupando quase todo seu volume e baixa proporção de endosperma farináceo (Corrêa, 2001).

As características do endosperma destes grãos são diferentes, no endosperma mole as células são maiores e os grânulos de amido são frouxamente empacotados, enquanto no endosperma duro as células são pequenas e os grânulos de amido estão firmemente empacotados (Silva, 1998).

Estudos em que é observada a distribuição das proteínas no endosperma do milho demonstram a existência de uma rede de proteínas (matriz protéica) nas células do endosperma, a qual mantém juntos os grânulos de amido e contém corpos esféricos, chamados corpos protéicos. Dentro das células, os grânulos de amido estão embebidos na 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, na região vítrea, é densa e bem desenvolvida (Wolf et al., 1952).

Wolf et al. (1967) relataram ser os corpos protéicos o lugar primário de deposição de zeína no milho. Com o desenvolvimento do grão os corpos protéicos e os grânulos de amido alargam-se e são envolvidos pela matriz protéica, tornando-se firmemente ligados a ela (Christianson et al., 1969). Resultados de alguns experimentos concluem que o corpo das proteínas é responsável pelo tipo de textura do endosperma.

No entanto, alguns pesquisadores (Frey, 1951, Hamilton et al., 1951, Schneider et al., 1952) observaram que a zeína aumentava proporcionalmente ao aumento da proteína bruta, causando modificações profundas na composição

aminoacídica global da semente, com grande aumento no teor de leucina e diminuição no teor de lisina, triptofano e valina. Mertz et al. (1964) mostraram que o gene opaco-2 aumentava consideravelmente o conteúdo de lisina e triptofano do endosperma do milho. Além disso, diminuía o nível de leucina, dando uma proporção mais adequada entre o conteúdo de leucina e isoleucina.

O milho que é usado na alimentação animal normalmente contém ambos: endosperma vítreo e endosperma farináceo. A periferia do grão normalmente contém o endosperma duro. A dureza do endosperma está relacionada diretamente com a composição protéica (Pratt et al., 1995). A conversão do endosperma “farináceo” em “vítreo” foi associada a um aumento na síntese de uma proteína denominada ‘gama-zeína’. Os grãos com endosperma vítreo, possuem características agronômicas desejáveis (Silva, 1998).

Com relação à textura do grão, o mercado brasileiro de milho tem hoje completo domínio de cultivares de grãos duros ou semi-duros. Já nos Estados Unidos ocorre o inverso, pois há maior predominância de milho dentado. A diferença fundamental entre esses materiais é a proporção de endosperma vítreo e endosperma farináceo (Corrêa, 2001)

Se considerarmos que Tabelas de Composição Química americanas, como o NRC (1998), envolvendo o uso de milho, são muitas vezes utilizados como base para os estudos que são desenvolvidos no Brasil, e que as nossas tabelas não consideram as diferenças entre milho duro e dentado, torna-se necessário compreender as diferenças entre o endosperma vítreo e farináceo e suas possíveis implicações sobre a alimentação dos suínos.

2.4 Digestibilidade dos nutrientes do milho

No milho o endosperma vítreo contém grânulos de amido pequenos embebidos em uma densa matriz protéica contendo corpos protéicos. Com a alta concentração de corpos protéicos no endosperma vítreo, o amido é relativamente indisponível para a degradação enzimática. Entretanto, quando o tipo de endosperma é condicionado pelo gene recessivo waxy, a matriz protéica e os corpos protéicos são mais bem distribuídos (Sullins & Rooney, 1975).

Os grânulos de amido waxy são bastante semelhantes ao amido do endosperma farináceo, e são mais susceptíveis à degradação enzimática que os grânulos de amido vítreo. A combinação do aumento da susceptibilidade do amido e alteração da estrutura deste tipo de amido leva a um aumento da eficiência alimentar do grão waxy em comparação ao tratamento com o grão vítreo (Sullins & Rooney, 1975).

O aumento da digestibilidade do milho e do sorgo waxy está relacionado com a susceptibilidade da proteína e amido do endosperma a enzimas digestíveis (Lichtenwalner et al., 1978).

Em um estudo com ruminantes, Dado & Beek (1998) estudaram a digestibilidade ruminal *in vitro* do amido de sete híbridos de milho Opaco-2 em comparação com um híbrido comum. Esses autores observaram que, embora houvesse grande variação entre os híbridos opaco-2, estes apresentaram maior e consistente digestibilidade do amido; esse efeito foi atribuído ao endosperma mole que caracteriza esse tipo de milho.

Com suínos foram feitos diferentes estudos para determinar a digestibilidade do milho. Em um levantamento feito por Lima (2001), com 28 híbridos de milho, verificou-se que a energia digestível (ED) variou de 3211 a 3567 Kcal/Kg. Esta variação pode estar associada à composição química e à

textura do grão, visto que estes dois fatores contribuem diretamente para a maior ou menor disponibilidade de energia para suínos.

Em virtude das variações observadas na composição química e física entre os milhos duros e dentados, torna-se possível admitir que a digestibilidade dos nutrientes pode apresentar diferenças entre estes dois tipos de milho.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

O experimento foi conduzido no mês de dezembro de 2002, na sala de metabolismo do setor de suinocultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras - MG, localizada a 21° 14' de latitude sul e 45° de longitude oeste, a uma altitude de 910 metros. O clima da região, segundo classificação Koppen, é do tipo CWB, tropical úmido com duas estações definidas: chuvosa (novembro/abril) e seca (maio/outubro).

3.2 Material biológico e instalações

Foram utilizados 24 suínos machos castrados mestiços (LD x LW) com peso inicial de 35,6 Kg \pm 3,05 kg de PV, alojados individualmente em gaiolas de metabolismo modelo Pekas (1968). As gaiolas estavam localizadas em sala equipada com ar condicionado, permitindo o controle parcial da temperatura interna da sala.

3.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com 24 parcelas representadas por cada animal que foi utilizado no ensaio de metabolismo, constituindo de 6 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos experimentais consistiram de 6 rações que continham, cada uma, um híbrido de milho diferente. Os milho testados foram: milho alto óleo (Móleo), milho QPM (MQPM), um milho dentado (Mdent), um milho semidentado (Msemi) e dois milhos duros (Mdur1) e (Mdur2).

3.4 Rações experimentais

As rações experimentais eram constituídas dos milhos testados, suplementadas com vitaminas e minerais. Antes de serem incorporados à ração, os milhos passaram por um processo de limpeza convencional para evitar contaminantes que pudessem mascarar o valor nutricional dos grãos, além de serem moídos em peneira de 2 mm.

A composição centesimal e os valores analisados e calculados das rações experimentais encontram-se na Tabela 3.

TABELA 3. Composição centesimal e valores analisados e calculados das rações experimentais.

Ingrediente	Tratamento ¹					
	Móleo	MQPM	Mdent	Msemi	Mdur1	Mdur2
Milho óleo	96,75	-	-	-	-	-
Milho QPM	-	96,75	-	-	-	-
Milho dentado	-	-	96,75	-	-	-
Milho semidentado	-	-	-	96,75	-	-
Milho duro 1	-	-	-	-	96,75	-
Milho duro 2	-	-	-	-	-	96,75
Calcário calcítico	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Fosfato bicálcio	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Sal iodado	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Premix Vit./ Min. ¹	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Valores analisados						
MS % ²	90,35	89,02	88,22	88,60	87,82	88,67
PB % ²	9,65	9,54	9,35	7,42	9,69	9,15
EE % ²	5,21	3,60	3,90	3,28	3,54	3,86
Valores Calculados						
Lisina total ³	0,31	0,36	0,27	0,21	0,28	0,27
Ca ³	0,03	0,037	0,03	0,03	0,03	0,03
Pt ³	0,24	0,20	0,24	0,24	0,24	0,24
Pd ³	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08

¹ Móleo-(milho alto óleo); MQPM-(milho alta lisina); Mdent-(milho dentado); Msem-(milho semidentado); Mdur1 e Mdur2 (milhos duros).

² Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFLA.

³ Valores segundo Rostagno et al. (2000).

3.5 Variáveis analisadas

As variáveis analisadas foram Vitreosidade, Composição Química e, no ensaio de metabolismo, foram Coeficiente de Digestibilidade da Matéria Seca (CDMS), Coeficiente de Digestibilidade da Proteína Bruta (CDPB), Nitrogênio Ingerido em gramas (NI), Nitrogênio Excretado nas Fezes em gramas (NF), Nitrogênio Excretado na Urina em gramas (NU), Nitrogênio Retido em gramas (RN), Percentual de Nitrogênio Retido (%NR) e Energia Digestível (ED).

3.6 Metodologia de coleta total de fezes e urina

Para determinar o início e o fim da coleta de fezes foi utilizado o Óxido Férnico (Fe_2O_3) como marcador fecal. O período I teve duração de 8 dias, sendo 4 para adaptação dos animais às gaiolas e às rações experimentais. O consumo foi estipulado com base no peso metabólico ($\text{pv}^{0,75}$) dos animais. Nos 4 dias restantes foi realizada a coleta total de fezes e urina. O período II teve o mesmo procedimento do período I.

As rações foram fornecidas aos suínos com base no peso metabólico ($\text{PV}^{0,75}/\text{dia}$). Este total era dividido em duas partes equivalentes oferecidas às oito e dezesseis horas, umidificadas para facilitar a ingestão e evitar perdas, sendo fornecida água a seguir, nos dois horários de arraçoamento. A ração foi ajustada pelo consumo do animal de menor ingestão observada no período de adaptação, permitindo a todos os animais o consumo de quantidades iguais de nutrientes.

As fezes foram coletadas diariamente de todas as gaiolas, acondicionadas em sacos de polietileno e mantidas em congelador (-10°C). A urina foi coletada diariamente em um balde plástico, com filtro, com a finalidade de evitar contaminações. Para evitar possíveis perdas de nitrogênio devido à

proliferação de bactérias foram adicionados, no balde, 20 ml de ácido clorídrico (HCl 0,25N). Para padronização do volume de urina coletado em 3000 ml, utilizou-se água destilada. Uma alíquota de 300 ml foi retirada deste total, por animal, a qual foi acondicionada em garrafas e mantida em congelador (-10°C). Ao final do período de coleta, as fezes e a urina foram homogeneizadas para a realização das análises laboratoriais. Os demais procedimentos metodológicos foram realizados de acordo com o descrito por Fialho et al. (1979).

3.7 Análises Laboratoriais

3.7.1 Análises de composição química

Foram analisados o conteúdo de matéria seca, a proteína bruta, o extrato etéreo e a energia de acordo com AOAC (1995). Também foi determinado o perfil de aminoácidos dos milhos utilizando o sistema de cromatografia líquida de alta eficiência de troca iônica usando HPLC Varian®. Todas estas análises foram feitas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Lavras.

3.7.2 Análises de composição física

A vitreosidade é a relação entre o endosperma vítreo e o endosperma total. A determinação da vitreosidade dos milhos foi feita 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 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 farináceo foi manualmente removido, usando o bisturi, e o peso do endosperma vítreo restante foi expresso como porcentagem do endosperma total.

3.8 Análise estatística

O modelo estatístico adotado para análise dos dados foi

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} = observação do tratamento i na repetição j ;

μ = média geral;

T_i = efeito do tratamento i , sendo $i = 1, 2, 3, 4, 5$ e 6 ;

e_{ij} = erro experimental associado a cada observação, independentemente distribuído, com média 0 e variância δ^2 .

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando significativos, aplicou-se o teste Tukey segundo o software estatístico SAS (1985).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de composição em matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) dos diferentes milhos estudados encontram-se na Tabela 4.

TABELA 4. Composição em matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) dos milhos usados no experimento.

Composição ¹	Milhos					
	Móleo	MQPM	Mdent	Msemi	Mdur1	Mdur2
MS (%) ²	90,18	88,65	88,08	88,21	88,04	88,51
PB (%) ²	9,92	9,75	9,45	7,69	9,78	9,43
EE (%) ²	5,57	3,89	4,16	3,57	3,92	4,08

¹ Valores expressos em base de matéria natural.

² Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFLA

Os valores de matéria seca foram semelhantes entre os híbridos de milho. Em relação à proteína bruta (PB), também houve semelhança entre os híbridos estudados, exceto para o milho semidentado (Msemi), que apresentou valor inferior quando comparado com os outros milhos. Para os valores de extrato etéreo (EE), exceto o milho alto óleo, os híbridos também apresentaram semelhança. Mesmo apresentando ligeiras variações numéricas, estes valores estão de acordo com o banco de dados analisados no Laboratório de Análises Físico Químicas da EMBRAPA/CNPSA no período de 1979 e 1997, em que foi observada variação, nos valores de óleo, de 1,41 a 6,09, e nos valores de proteína, de 6,43 a 10,99 (Lima, 2001). Apesar de serem escassas as informações publicadas sobre a composição química do milho brasileiro, o

banco de dados da Embrapa ainda é a fonte com maior detalhamento das informações, especialmente quanto ao número de amostras e desvios.

Os valores de vitreosidade do endosperma dos milhos usados nas rações são apresentados na Tabela 5.

TABELA 5. Valores de vitreosidade do endosperma dos híbridos de milhos testados no presente experimento.

MILHOS	VITREOSIDADE
Móleo	78,5 ab
MQPM	71,7 dc
Mdent	57,2 e
Msemi	68,2 d
Mdur1	75,9 bc
Mdur2	82,8 a
CV%	2,44

¹-Valores seguidos de letras diferentes na mesma linha diferem para $P < 0,05$ (Tukey).

Foi observada diferença significativa ($P < 0,05$) nos valores de vitreosidade, mostrando que os milhos de textura dura apresentam maior vitreosidade em relação ao semidentado e ao dentado. Este resultado está similar aos estudados por Corrêa (2001), que analisou grãos de milhos brasileiros com textura vítrea (duro) e americanos com textura mole (dentado) e observou maior vitreosidade nos milhos brasileiros (73,2%) em relação aos americanos (47%). 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).

Em relação à vitreosidade do milho alto óleo e ao QPM utilizado neste estudo, observou-se uma diferença significativa ($P < 0,05$) entre os híbridos, sendo que o alto óleo mostrou ter um endosperma mais vítreo que o QPM.

Os valores de matéria seca digestível (CDMS), coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), energia digestível (ED) e coeficiente de digestibilidade da energia bruta (CDEB) dos híbridos testados são apresentados na Tabela 6.

TABELA 6. Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS), coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), energia digestível (ED) e coeficiente de digestibilidade da energia bruta (CDEB) das rações formuladas com diferentes híbridos de milho.

Variável ¹	TRATAMENTOS						CV
	Móleo	MQPM	Mdent	Msemi	Mdur1	Mdur2	
CDMS (%)	88,13a	85,60b	88,79a	85,91b	84,98b	85,86b	0,95
CDPB (%)	81,68a	80,14ab	82,35a	69,71d	76,98bc	75,61c	2,28
ED (Kcal/Kg) ²	3680a	3426bc	3597a	3441bc	3340c	3469b	1,37
CDEB (%) [*]	92,97	90,92	93,86	90,86	88,10	89,84	-

¹-Valores seguidos de letras diferentes na mesma linha diferem para $P < 0,05$ (Tukey);

²-Valor expresso em Matéria Natural (MN);

*-Variável não submetida à análise estatística.

Houve diferença significativa no CDMS, CDPB e ED entre os milhos estudados ($P < 0,05$), sendo que o milho alto óleo (Móleo) e o dentado (Mdent) mostraram superiores aos demais. Esta melhora pode ser atribuída a diferentes

características dos milhos. No “Móleo” a maior digestibilidade é devida, possivelmente, ao tamanho maior do germe observado neste tipo de grão, que possui maior teor de óleo e proteína de melhor qualidade (Watson, 1987). No “Mdent” as características físicas do endosperma, como menor vitreosidade, é que contribuem para a maior atuação das enzimas e, conseqüentemente, melhor digestibilidade dos nutrientes.

Nos grãos duros (Mdur1 e Mdir2) com maior proporção de endosperma vítreo (maior vitreosidade), a alta concentração de corpos protéicos deixa o amido relativamente indisponível para a degradação enzimática (Sullins & Rooney, 1975), exigindo maior concentração das enzimas para digerir os grãos de características vítreas como nos grãos duros (Lima, 2001). Esta talvez seja uma explicação para os valores inferiores de CDMS, CDPB, ED e CDEB que estes dois híbridos de milho apresentaram quando comparados com o milho dentado, que é mais susceptível à degradação das enzimas, em virtude de possuir menos endosperma vítreo.

Quando comparado o valor de ED de 3525 Kcal/Kg da tabela americana (NRC, 1998), que apresenta em sua maioria milhos dentados, com o valor de ED de 3476 Kcal/Kg da tabela brasileira (Rostagno et al., 2000), que apresenta em sua maioria milhos duros, pode-se confirmar uma vantagem nutricional dos milhos dentados em relação aos duros.

Um outro aspecto relevante, mesmo que não avaliado neste estudo, é em relação à granulometria. Do ponto de vista de processamento para rações, o milho duro consome mais energia na moagem e dificulta a uniformidade na granulometria da ração, além de proporcionar uma maior granulometria (Lima, 2001). Lawrence (1972) sugeriu que o ingrediente, quando apresenta menor tamanho de partículas, é melhor digerido pelos suínos em relação àqueles com partículas maiores. Menores valores de digestibilidade da MS, em conseqüência

do aumento das partículas dos alimentos, foram também encontrados por Lawrence (1967 e 1970). A redução da ED de grãos duros (Mdur1 e Mdur2) também pode estar relacionada à maior granulometria das rações formuladas com estes milhos.

Na Tabela 7, é mostrado a Composição em aminoácidos totais dos híbridos de milho estudados.

TABELA 7. Composição dos híbridos de milho em aminoácidos totais em base de matéria natural (MN), estudados no presente experimento.

Aminoácido ¹	TRATAMENTO					
	Móleo	MQPM	Mdent	Msemi	Mdur1	Mdur2
Ác. Aspártico	0,31	0,25	0,23	0,35	0,25	0,22
Ác. Glutâmico	0,46	0,69	0,72	0,53	0,96	0,89
Serina	0,20	0,14	0,26	0,10	0,32	0,30
Glicina	0,19	0,32	0,22	0,12	0,23	0,23
Histidina	0,25	0,42	0,26	0,11	0,26	0,25
Arginina	0,29	0,61	0,45	0,15	0,39	0,42
Treonina	0,32	0,55	0,23	0,03	0,24	0,23
Alanina	0,23	0,17	0,23	0,14	0,35	0,33
Prolina	0,46	0,37	0,47	0,33	0,56	0,57
Tirosina	0,32	0,23	0,12	0,06	0,24	0,14
Leucina	0,62	0,64	0,49	0,37	0,64	0,60
Isoleucina	0,18	0,31	0,17	0,07	0,33	0,26
Cistina	0,27	0,33	0,17	0,09	0,20	0,18
Fenilalanina	0,60	0,75	0,45	0,56	0,46	0,37
Metionina	0,22	0,11	0,19	0,11	0,15	0,19
Lisina	0,31	0,37	0,28	0,21	0,27	0,27

¹ Análise realizada no Laboratório de Pesquisa Animal DZO/UFLA.

No caso deste estudo, o perfil aminoacídico dos milhos estudados foi comparado ao banco de dados publicado por Lima (2000), que analisou um grande número de amostras de milhos brasileiros no período de 1979 a 1997.

Os resultados são bastante variáveis e, em alguns casos, não estão de acordo com Lima (2000). Os aminoácidos arginina, histidina, isoleucina, tirosina, treonina, cistina, metionina, lisina e fenilalanina estão de acordo com a literatura referida. Por outro lado, o ácido aspártico, o ácido glutâmico, a alanina, a leucina e a prolina estão inferiores.

Alguns aspectos com relação à diferença aminoacídica entre milhos duros e dentados foram relevantes neste estudo. Os milhos duros apresentaram valores de ácido glutâmico, prolina, serina, leucina, isoleucina e alanina superiores ao milho dentado. Isso se deve à maior proporção de zeína no endosperma de milhos duros, o que está de acordo com os resultados de Paulis & Wall (1971 e 1977) e Sodek & Wilson (1971), que observaram menores teores de ácido glutâmico, isoleucina, leucina, prolina e serina em milhos que apresentavam menor quantidade de zeína.

Com relação aos milhos especiais, o QPM apresentou-se superior quanto ao conteúdo de lisina em relação a outros milhos, estando de acordo com Rostagno et al. (2000). Por outro lado o milho semidentado apresentou quantidades e um perfil qualitativo de aminoácidos bem abaixo dos valores da literatura, como lisina (0,21), histidina (0,11), treonina (0,03), tirosina (0,06), isoleucina (0,07) e cistina (0,09). O desequilíbrio aminoacídico observado no milho semidentado pode ter influenciado o baixo valor de CDPB (69,71%) comparado aos outros híbridos, pois o desequilíbrio dos aminoácidos essenciais diminuiu o valor nutricional da proteína do grão (Whitacre, 1987).

No caso do milho, a digestibilidade dos nutrientes pode ser influenciada pela textura do grão, como foi observado neste estudo. Por outro lado, a

textura também influencia a composição e o perfil aminoacídico, devido à diferença nas frações protéicas de grãos duros e dentados.

Os valores de nitrogênio ingerido em gramas (NI), nitrogênio excretado nas fezes em gramas (NF), nitrogênio excretado na urina em gramas (NU), nitrogênio retido em gramas (RN) e percentual de nitrogênio retido (%NR) pelos suínos consumindo rações com diferentes híbridos de milho estão na tabela 8.

TABELA 8. Valores de nitrogênio ingerido em gramas (NI), nitrogênio excretado nas fezes em gramas (NF), nitrogênio excretado na urina em gramas (NU), nitrogênio retido em gramas (RN) e porcentagem de nitrogênio retido (%NR) de suínos alimentados com diferentes híbridos de milho.

Variável	TRATAMENTO						CV%
	Móleo	MQPM	Mdent	Msemi	Mdur1	Mdur2	
NI (g)	12,86	13,90	13,09	10,83	13,43	12,47	-
NF (g)	2,36	2,76	2,31	3,28	3,09	2,95	-
NU (g)	4,26	3,50	3,12	2,89	4,14	4,27	-
RN (g)	6,25	7,65	7,66	4,89	6,19	5,25	-
%NR	49,05abc	54,96ab	58,36a	41,27c	46,25bc	42,22c	9,44

¹-Valores seguidos de letras diferentes na mesma linha diferem para P<0,05 (Tukey)

Em média, estes resultados estão de acordo com Adeola & Bajjalieh (1997), que observaram valores semelhantes no balanço de nitrogênio, quando utilizaram 97,0% de milho nas rações.

Em relação à porcentagem de nitrogênio retido (%NR), houve diferença significativa (P<0,05) entre os milhos estudados. Os milhos dentado, QPM e alto óleo mostraram-se superiores aos milhos semidentado e os duros. A explicação

para este efeito pode estar relacionada com a textura do grão para o milho dentado e com o tamanho maior do germe normalmente observado nos grãos do milho “alto óleo” e “QPM” (Watson, 1987). O tamanho do germe está relacionado com o valor nutritivo da proteína, uma vez que é composta de proteínas de melhor qualidade, como a glutelina, que contém mais ácido aspártico, arginina, cistina, glicina, lisina e triptofano e menos ácido glutâmico, isoleucina, leucina, prolina e serina do que a zeína (Lloyd & Mertz, 1958, Paulis & Wall, 1971 e 1977, Sodek & Wilson, 1971, Dimler, 1966).

5 CONCLUSÕES

Com os resultados deste experimento, pode-se concluir que o milho dentado apresenta menor vitreosidade e, por isso, melhor valor nutricional quando comparado aos híbridos semidentado e duro, mostrando que a vitreosidade pode ser um bom parâmetro para selecionar híbridos de milho comum. Além disso, foi semelhante ou superior em alguns parâmetros nutricionais quando comparado aos milhos especiais “alto óleo” e “QPM”, revelando seu potencial de uso para suínos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEOLA, O.; BAJJALIEH, N. L. Energy concentration of high oil corn varieties for pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, p. 430-436, 1997.

ASSOCIATION OFFICIAL OF ANALYTICAL CHEMISTRY – AOAC. **Official Methods of Analysis**. 18. ed. Washinton, D. C. 1995. p. 1015.

BURGE, R. M.; DUENSING, W. J. Processing and dietary fiber ingredient applications of corn bran. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 34, n. 7, p. 535-538, July 1989.

CHRITIANSON, D. D.; NIELSEN, H. C.; KHOV, U.; WOLF, M. J.; WALL, J. S. Isolation and chemical composition of protein bodies and matrix proteins in corn endosperm. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 46, n. 4, p. 372, 1969.

COELHO, C. M. **Caracterização das proteínas do endosperma do milho visando alteração das frações que controlam qualidade nutricional**. 1997. 139 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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

CORRÊA, C. E. S. **Silagem de milho ou cana-de-açúcar e o efeito da textura do grão de milho no desempenho de vacas holandesas**. 2001. 102 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CROMWELL, G. L.; PICKETT, R. A.; BEESON, W. M. Nutrition value of opaque-2 corn for swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 26, n. 6, p. 1325-1331, Nov. 1967.

CROMWELL, G. L.; PICKETT, R. A.; CLINE, T. R.; BEESON, W. M.
Nitrogen balance and growth studies of pigs fed opaque-2 and normal corn.
Journal of Animal Science, Champaign, v. 28, n. 4, p. 478-483, Apr. 1969.

DADO, R. G.; BEEK, S. D. In vitro ruminal starch digestibility in Opaque-2 and regular corn hybrids. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 73, n. 1/2, p. 151-160, July 1998.

DIMLER, R. J. Alcohol-insoluble proteins of cereal grains. In: Nutrition Society Symposium. **Federations Proceedings**, Bethesda, v. 25, n. 6 p.1, p. 1670, 1966.

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, Jan./Feb. 1993.

DUDLEY, J. W.; LAMBERT, R. J. Ninety generations of selection for oil and protein in maize. **Maydica**, Bergamo, v. 37, n. 1, p. 81-87, 1992.

FIALHO, E. T.; LIMA, J. A. F.; BERTECHINI, A. G.; FERREIRA, R. A.; MODESTO, E. C. Avaliação do Desempenho de Suínos Alimentados com Milho QPM nas Fases de Crescimento e Terminação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza, Ceará. **Anais...** Fortaleza, Ceará: SBZ, 1996. v. 2, p. 519-521.

FIALHO, E. T.; ROSTAGNO, H. S.; FONSECA, J. B.; SILVA, M. A. Efeito do peso vivo sobre o balanço energético e proteico de rações à base de milho e de sorgos com diferentes conteúdos de tanino para suínos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 8, n. 3, p. 386-397, maio/jun. 1979.

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

FREY, K. J. The interrelationships of proteins and amino acids in corn. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 28, n. 2, p. 123, 1951.

HAMILTON, T. S.; HAMILTON, B. C.; JOHSON, B. C.; MITCHELL, H. H. The dependence of the physical and chemical composition of the corn on soil fertility and cropping system. **Cereal Chemistry**, Minneapolis, v. 28, n. 3, p. 163-176, 1951.

LANDRY, J.; MOUREAUX, T. Distribution and amino acid composition of protein groups located in different histological parts of maize grain. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 28, n. 6, p. 1186-1191, Nov./Dec. 1980.

LAWRENCE, T. L. J. High level cereal diets for the growing/finishing pig. II. The effect of cereal preparation on the performance of pigs fed diets containing high levels of maize, sorghum and barley. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 69, n. 2, p. 271-281, Oct. 1967.

LAWRENCE, T. L. J. A review of some aspects on health and performance of variations in the physical form of the diet of the growing pig. I. Cereal processing. **Veterinary Record**, London, v. 91, n. 1, p. 67-70, Jan. 1972.

LAWRENCE, T. L. J. Some aspects of including differently processed barley in diet of the growing pig. **Animal Production**, Edinburgh, v. 12, n. 1, p. 139-150, Feb. 1970.

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, May 1978.

LIMA, G. J. M. M. de; NONES, K.; KLEIN, C. H.; BELLAVAR, C.; ZANOTTO, D. L.; BRUM, P. A. R. de; PEREIRA, L. R. Composição química de híbridos comerciais de milhos testados na safra 1999/2000. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Reunião Sul Brasileira de Pesquisa de Milho**. Pelotas, RS, 2000. p. 183-192.

LIMA, G. J. M. M. Grãos de Alto Valor Nutricional para a produção de Aves e Suínos: oportunidades e perspectivas. In: A PRODUÇÃO ANIMAL NA VISÃO DOS BRASILEIROS, 2001, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 201. p. 178-194.

LIMA, G. J. M. M.; GUIDONI, A. L.; MARCATO, S.; DALA COSTA, O. A. E ZANOTTO, D. L. Comparação entre milho amarelo (MA) e milho branco com alta lisina (MB) em dietas de suínos dos 26 aos 56 Kg de peso vivo. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 31., 1994, Maringá. **Anais...** Maringá, 1994. p. 24.

LLOID, N. E.; MERTZ, E. T. Studies on corn proteins, III. The glutelins of corn. **Cereal Chemistry**, Minneapolis, v. 35, n 2, p. 156-168, 1958.

LOPES, M. A.; LARKINS, B. A. γ -zein content is related to endosperm modification in Quality Protein Maize (QPM). **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 6, p. 1655-1662, Nov./Dec. 1991.

LOPES, M. A. **Genetic and biochemical characterization of the maize mutants floury-2 and modifield opaque-2**. 1993. 269 p. Thesis (Doctorate in Philosophy) - University of Arizona, Tucson.

MERTZ, E. T.; VERON, O. A.; BATES, L. S.; NELSON, O. E. Growth of rats fed on opaque-2 maize. **Science**, Washington, v. 148, n. 3678, p. 1741, June 1965.

MERTZ, E. T.; BATES, L. S.; NELSON, O. E. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. **Science**, Washington, v. 145, n. 3629, p. 279-280, July 1964.

MOTTO, M.; DI FONZO, N.; HARTINGS, H.; MADDALONI, M.; SALAMINI, P.; SOAVE, C.; THOMPSON, R. D. Regulatory genes affecting maize storage protein synthesis. **The Plant Journal for Cell and Molecular Biology**, Oxford, v. 6, n. 1, p. 87-114, 1989.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient Requirements of Swine**. 10. ed. Washington, D. C., 1998. 194 p.

NELSON, O. E. Genetic modification of protein quality in plants. **Advances in Agronomy**, New York, v. 21, p. 171, 1969.

PAULIS, J. W.; WALL, J. S. Fractionation and characterization of alcohol-soluble reduce corn endosperm glutelin proteins. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 54, n. 6, p. 1223, 1228, Nov./Dec. 1977.

PAULIS, J. W.; WALL, J. S. Fractionation and properties of alkylated-reduced corn glutelin proteins. **Biochemistry Biophys Acta**, Amsterdam, v. 251, n. 1, p. 57, 1971.

PEKAS, J. C.; Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 27, n. 5, p. 1303-1306, Sept. 1968.

PHILIPPEAU, C.; LANDRY, J.; MICHALET-DOREAU, B. Influence of the protein distribution of maize endosperm on ruminal starch degradability. **Journal of Science Food Agriculture**, London, v. 80, n. 3, p. 404-408, Feb. 2000.

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, Jan. 1997.

POMERANZ, Y. Genetic factors affecting protein content and composition of cereal grains. **World Review of Nutrition Dietetics**, Basel, v. 36, p. 174, 1981.

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, Mar./Apr. 199.;

REGINA, R.; SOLFERINI, O. Produção de cultivares de ingredientes de alto valor nutricional: características e benefícios. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2., 2002, Uberlândia, MG. **Anais....** Uberlândia: CBNA, 2002. p. 105-116.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências Nutricionais**. Viçosa: UFV/DZO, 2000.

SAS INSTITUTE. **SAS[®] user's guide:** statistics. 5 ed. Cary, NC, 1985. 1290 p.

SCHNEIDER, E. O.; EARLEY, E. B.; DETURK E. E. Nitrogen fractions of the component parts of the corn kernel as affected by selection and soil nitrogen. **Agronomy Journal**, Madison, v. 44, n. 4, p. 161, Apr. 1952.

SILVA, R. P. **Caracterização dos padrões protéicos do endosperma do milho e sua relação com a estrutura física do grão.** 1998. 79 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SODEK, L.; WILSON, C. M. Amino acid composition of proteins isolated from normal, opaque-2 and floury-2 oorn endosperms by a modified Osborne procedure. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, Washington, v. 19, n. 6, p. 1144-1150, Nov./Dec. 1971.

SULLINS, R. D.; ROONEY, L. W. Ligth and scanning electron microscopy studies of waxy and nonwaxy endosperm sorghum varieties. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 52, n. 3, p. 361-366, May/June 1975.

TEIXEIRA, E. W.; BARBOSA, A. S.; VELOSO, J. A. F.; FERREIRA, W. M. Valor nutritivo do milho BR-451 e do milho comum para leitões da raça Piau e mestiços Landrace e Large White em crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 47, n. 4, p. 571-582, jul./ago. 1995.

TOSELLO, G. A. Milhos especiais e seu valor nutritivo. In: PATERNIANI, E. (Ed.). **Melhoramento e produção do milho no Brasil.** Campinas: Fundação Cargill, 1978. 338 p.

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

WHITACRE, M. E. Current research by degussa. In: DEGUSS TECHNICAL SYMPOSIUM, 1987, Indianapolis, Indiana. **Proceedings...** New Jersey: Degussa Corporation Teterboro, 1987. p. 90-122.

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, May/June 1952.

WOLF, M. J.; KHOV, U.; SECKINGER, H. L. Subcellular structure of endosperm protein in high-lysine and normal corn. **Science**, Washington, v. 157, n. 3788, p. 556, Aug. 1967.

ANEXOS

ANEXO A	Página
TABELA 1A. Resumo da análise de variância dos valores de vitreosidade do endosperma dos híbridos de milhos testados no presente experimento.....	38
TABELA 2A. Resumo da análise de variância dos coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS) de rações contendo diferentes híbridos de milho para suínos em crescimento.....	38
TABELA 3A. Resumo da análise de variância dos coeficientes de digestibilidade da proteína bruta (CDPB) de rações contendo diferentes híbridos de milho para suínos em crescimento.....	38
TABELA 4A. Resumo da análise de variância dos valores de energia digestível (ED) de rações contendo diferentes híbridos de milho para suínos em crescimento.....	39
TABELA 5A. Resumo da análise de variância dos valores de porcentagem de nitrogênio retido (%NR) de rações contendo diferentes híbridos de milho para suínos em crescimento.....	39

TABELA 1A. Resumo da análise de variância dos valores de vitreosidade do endosperma dos híbridos de milhos testados no presente experimento.

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADO MÉDIO	Pr > F
Tratamentos	5	0,0242	0,0001
Resíduo	17	0,0003	

TABELA 2A. Resumo da análise de variância dos coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS) de rações contendo diferentes híbridos de milho para suínos em crescimento.

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADO MÉDIO	Pr > F
Tratamentos	5	9,4110	0,0001
Resíduo	18	0,6831	

TABELA 3A. Resumo da análise de variância dos coeficientes de digestibilidade da proteína bruta (CDPB) de rações contendo diferentes híbridos de milho para suínos em crescimento.

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADO MÉDIO	Pr > F
Tratamentos	5	89,7485	0,0001
Resíduo	18	3,1543	

TABELA 4A. Resumo da análise de variância dos valores de energia digestível (ED) de rações contendo diferentes híbridos de milho para suínos em crescimento.

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADO MÉDIO	Pr > F
Tratamentos	5	89,7485	0,0001
Resíduo	18	3,1543	

TABELA 5A. Resumo da análise de variância dos valores de porcentagem de nitrogênio retido (%NR) de rações contendo diferentes híbridos de milho para suínos em crescimento.

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADO MÉDIO	Pr > F
Tratamentos	5	188,6540	0,0002
Resíduo	18	21,1495	