

## Valor nutritivo de grãos de sorgo com diferentes texturas do endosperma para leitões

[Nutritive value of sorghum grains with different endosperm textures for piglets]

R.C. Antunes<sup>1</sup>, N.M. Rodriguez<sup>2</sup>, L.C. Gonçalves<sup>2</sup>, J.A.S. Rodrigues<sup>3</sup>, L.G.R. Pereira<sup>4</sup>,  
D.O. Fontes<sup>2</sup>, I. Borges<sup>2</sup>, A.L.C.C. Borges<sup>2</sup>, E.O.S. Saliba<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasília, DF

<sup>2</sup>Escola de Veterinária - UFMG – Belo Horizonte, MG

<sup>3</sup>Embrapa Milho e Sorgo – Sete Lagoas, MG

<sup>4</sup>Embrapa Semi-árido – Petrolina, PE

### RESUMO

Utilizaram-se 20 leitões machos castrados, com 28kg de peso, em ensaio biológico baseado em coleta total de fezes e de urina para a determinação dos valores de digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS), de digestibilidade aparente da proteína bruta (DAPB), de energia digestível aparente (EDA) e de energia metabolizável aparente (EMA) de grãos de sorgo com diferentes texturas do endosperma. Os genótipos avaliados foram BR 007B (textura macia), BR 304 (textura intermediária) e SC 283 (textura dura). As dietas-teste foram compostas por 70% de dieta referência, à base de milho e de farelo de soja, e por 30% de grãos de sorgo. O experimento foi montado em esquema inteiramente ao acaso, com quatro tratamentos e cinco repetições. Os valores de DAMS, de DAPB, de EDA e de EMA, expressos na matéria seca, dos grãos do genótipo BR 007B foram 97,1%, 89,7%, 3.840kcal/kg e 3.685kcal/kg; os do genótipo BR 304 foram 92,0%, 82,9%, 3.645kcal/kg e 3.544kcal/kg; e os do genótipo SC 283 foram 83,3%, 78,5%, 3.078kcal/kg e 3.021 kcal/kg, respectivamente. Todas as quatro variáveis analisadas apresentaram valores mais altos ( $P<0,05$ ) para o genótipo BR 007B em relação ao genótipo SC 283, demonstrando a influência negativa da textura do endosperma sobre o valor nutritivo dos grãos de sorgo para suínos.

Palavras-chave: sorgo, endosperma, suíno, digestibilidade aparente, energia metabolizável

### ABSTRACT

*Twenty hogs averaging 28kg were used in a biological assay based on total feces and urine collection method. The dry matter apparent digestibility (DMAD), the crude protein apparent digestibility (CPAD), the apparent digestible energy (ADE), and the apparent metabolizable energy (AME) values of the sorghum grains with different endosperm texture were calculated. The evaluated genotypes were: BR 007B (soft texture), BR 304 (intermediate texture), and SC 283 (hard texture). The test diets were composed by 70% of reference diet (based on corn and soybean meal) and 30% of sorghum grain. The experiment was a complete random design, with four treatments and five replicates. The DMAD, CPAD, ADE, and AME values, on dry matter basis, calculated for the genotype BR 007B were 97.1%, 89.7%, 3,840kcal/kg, and 3,685kcal/kg; for the genotype BR 304 they were 92.0%, 82.9%, 3,645kcal/kg, and 3,544kcal/kg; and for the genotype SC 283 they were 83.3%, 78.5%, 3,078kcal/kg, and 3,021kcal/kg, respectively. All analyzed variables presented higher values ( $P<0.05$ ) for the genotype BR 007B in relation to the genotype SC 283, demonstrating the negative influence of the endosperm texture on the nutritional value of the sorghum grains for swine.*

*Keywords: sorghum, endosperm, pig, apparent digestibility, metabolizable energy*

---

Recebido em 13 de setembro de 2006

Aceito em 18 de março de 2008

Endereço para correspondência (*corresponding address*)

SGAN 914, Edifício Monte Carlo, Bloco B, N° 208 - Asa Norte

70790-140 – Brasília, DF

E-mail: camargos@cnpq.br

Apoio: CNPq

## INTRODUÇÃO

O milho é o principal alimento energético utilizado na alimentação de suínos em todas as fases da criação, constituindo 50 a 70% das rações. Assim, o milho representa o principal custo de produção de suínos, uma vez que 60 a 70% dos custos da atividade estão relacionados à alimentação dos animais.

A busca por alimentos energéticos que possam substituir parcial ou integralmente o milho nas dietas dos suínos pode ser uma estratégia viável para a sustentabilidade econômica da atividade suinícola. O sorgo grão tem sido utilizado com intensidade crescente na criação de aves (Antunes et al., 2006) e suínos, principalmente nas regiões produtoras desse grão, como substituto ao milho, por apresentar menor custo de produção ou de aquisição, por encontrar-se mais disponível no mercado nos últimos anos (Avaliação..., 2005) e por apresentar valor nutritivo próximo ao do milho (Rooney et al., 1980; Rostagno et al., 2000; Rostagno et al., 2005; Antunes et al., 2006).

A determinação do valor nutritivo de grãos de sorgo para suínos tem sido pouco pesquisada, pois o sorgo sempre foi considerado alimento alternativo na alimentação desses animais (Fialho et al., 1995). Segundo Rostagno et al. (2000), os valores de energia digestível aparente e energia metabolizável aparente dos grãos de milho são 3,4 e 2,8% mais altos que os dos grãos de sorgo somente, o que justifica a substituição integral do milho pelo sorgo nas dietas de animais nas fases de engorda e terminação, se considerado apenas o valor energético dos dois cereais.

O sorgo apresenta grande variabilidade genética para a textura do endosperma, o tecido de reserva do grão. Na literatura, têm sido descritos grãos de sorgo com endosperma completamente farináceo (textura muito macia) até grãos com endosperma completamente vítreos (textura muito dura) (Maxson et al., 1971; Kirleis e Crosby, 1982; Antunes et al., 2007), existindo evidências de que a textura do endosperma esteja relacionada com a taxa e a extensão das digestibilidades da PB e do amido *in vitro* (Hoseney et al., 1974) e ruminal *in situ* em bovinos (Phillipeau et al., 1999). No entanto, não existem experimentos científicos que tenham

avaliado a influência da textura do endosperma dos grãos de sorgo sobre o valor nutritivo desses para suínos.

Dessa forma, os objetivos deste trabalho foram determinar os valores de digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína bruta e os de energia digestível e metabolizável aparentes de grãos de sorgo com diferentes texturas do endosperma para leitões.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para as determinações dos valores de digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS), da proteína bruta (DAPB), da energia digestível aparente (EDA) e metabolizável aparente (EMA) de grãos de sorgo com diferentes texturas do endosperma, foram utilizados 20 leitões mestiços castrados com o peso inicial de 28,0kg (EPM = 1,11kg). Os animais permaneceram em gaiolas de metabolismo metálicas individuais que permitiram livre acesso às dietas experimentais e à água. Estes foram alojados em galpão de alvenaria com livre circulação de ar.

O tratamento 1 (Trat. 1) foi constituído pela dieta-referência, à base de milho, farelo de soja e complexo vitamínico-mineral, fornecida à vontade (Tab. 1), e os demais (Trat. 2, 3 e 4) foram constituídos pelas dietas-teste, compostas por 70% da dieta-referência e por 30% (peso/peso, na base da MN) de grãos de sorgo com diferentes texturas do endosperma moídos a 2mm. Os grãos de sorgo avaliados foram os dos genótipos BR 007B (Trat. 2), de textura macia (farinácea), BR 304 (Trat. 3), de textura intermediária, e SC 283 (Trat. 4), de textura dura (vítreo), todos fornecidos pela Embrapa Milho e Sorgo. A dieta-referência foi balanceada de acordo com os valores nutricionais dos alimentos, conforme citados por Rostagno et al. (2000), para atender às necessidades nutricionais de leitões em fase de crescimento.

O ensaio biológico teve 12 dias de duração, sendo os sete primeiros dias destinados à adaptação dos animais às dietas experimentais, e os cinco últimos para as coletas totais de fezes e de urina e para a mensuração do consumo das rações. Não foi utilizado o óxido férrico como marcador fecal. As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia, às 7 e às 16h.

*Valor nutritivo de grãos de sorgo...*

Tabela 1. Composição da dieta-referência para leitões

Ingrediente	%, na MN	
Milho moído	64,960	
Farelo de soja 46/80	31,928	
Fosfato bicálcico	1,266	
Calcáreo	0,966	
Sal comum	0,400	
Suplemento vitamínico/mineral/aminoácido <sup>1</sup>	0,400	
Cobre suplemento <sup>2</sup>	0,080	
Total, em %	100,000	
Valor nutricional calculado <sup>3</sup>	%, na MN	%, na MS
Matéria seca, %	88,14	100,00
Proteína bruta, %	20,13	22,84
Lisina, %	1,14	1,29
Metionina, %	0,34	0,38
Cálcio total, %	0,80	0,91
Fósforo total, %	0,61	0,69
Fósforo disponível, %	0,35	0,40
EMA, kcal/kg	3.212,00	3.644,20

MN= matéria natural. MS= matéria seca. EMA= energia metabolizável aparente.

<sup>1</sup>Mastersuíno crescimento completo Vaccinar®. Níveis de garantia por kg do produto: treonina: 10.000mg; triptofano: 5000mg; vit. B12: 5.000mcg; vit. C: 12.500mg; vit. B<sub>6</sub>: 500mg; vit. B<sub>2</sub>: 1.000mg; vit. B<sub>1</sub>: 250mg; vit. A: 2.000.000UI/kg; vit. D3: 300.000UI/kg; vit. E: 5.000mg; manganês: 10.000mg; iodo: 200mg; lisina: 100.000mg; metionina: 25.000mg; tilosina: 11.000mg; zinco: 20.000mg; vit. K<sub>3</sub>: 625mg; selênio: 125mg; niacina: 6.250mg; ácido fólico: 150mg; ácido pantotênico: 2.500mg; BHT: 500mg; biotina: 12.500mg; ferro: 17.500mg; colina: 60.000mg; cobre: 5.000mg; cobalto: 125mg.

<sup>2</sup>Cobrevac Vaccinar®. Níveis de garantia por kg do produto: cobre: 150g; zinco: 100g.

<sup>3</sup>Composição calculada de acordo com Rostagno et al. (2000).

A massa de fezes de cada animal foi determinada a cada 12h, escolhendo-se uma amostra de aproximadamente 500g para análises posteriores. A urina foi recolhida em recipiente plástico contendo 10ml de solução de ácido clorídrico 1:1 (vol:vol) para evitar a fermentação e a perda de compostos nitrogenados. O volume de urina de cada animal foi determinado diariamente, após o fornecimento da dieta matinal. Uma alíquota de 10% da produção urinária diária foi recolhida para cada animal e congelada. Ao final do período de coletas, foi feito um *pool* das fezes e outro de urina por animal para posteriores análises laboratoriais.

Amostras dos grãos de sorgo, das dietas fornecidas e das sobras foram analisadas quanto aos valores de energia bruta e quanto aos teores de matéria seca total, de proteína bruta, de extrato etéreo, de cinzas e de fibra bruta (Official..., 1980). Os grãos de sorgo foram também analisados quanto aos teores de fenóis totais pelo método do Azul da Prússia, descrito por Price e Butler (1977). A vitreosidade dos grãos foi obtida por meio da determinação visual

do escore das áreas de endospermas vítreo e farináceo na secção transversal paralela ao gérmen do grão, segundo Maxson et al. (1971). Para a análise, 30 grãos de sorgo de cada genótipo foram colados em suporte de madeira, posicionados com a face do gérmen voltada para cima. Após a colagem completa, os grãos foram cuidadosamente limados até o centro e escoriados visualmente quanto à vitreosidade. O escore 1 foi atribuído aos grãos de textura dura (endosperma vítreo), o 2 aos de textura médio dura, o 3 aos de textura média (metade do endosperma vítreo e metade farináceo), o 4 aos de textura médio macia, e o 5 aos de textura macia (endosperma farináceo).

Cerca de 500g de fezes de cada animal foram secados em estufa de ventilação forçada a 65°C, por 72h, pesadas e moídas em peneira de 1mm de abertura de malha. Posteriormente, foram analisadas quanto aos valores de energia bruta e quanto aos teores de matéria seca total e de proteína bruta (Official..., 1980). Uma amostra de 30ml de urina de cada animal foi analisada quanto ao teor de matéria seca, em estufa de ventilação forçada a 65°C, por 72h, e quanto ao valor de energia bruta.

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente ao acaso, com quatro tratamentos (dietas) e cinco repetições (leitões). As médias dos valores de digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína bruta e de energia digestível aparente e metabolizável aparente dos grãos de sorgo com diferentes texturas do endosperma foram comparadas pelo teste SNK ( $P < 0,05$ ), utilizando-se o SAEG (Sistema..., 1999).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de composição bromatológica e de energia bruta da dieta referência (DR) e dos três grãos de sorgo com diferentes texturas do endosperma são vistos na Tab. 2. Os grãos dos três genótipos de sorgo apresentaram

composições bromatológicas e valores de energia bruta semelhantes. Os teores de PB dos grãos de sorgo avaliados neste experimento foram mais altos que os citados por Rostagno et al. (2000), Valadares Filho et al. (2002) e Rostagno et al. (2005). No entanto, o sorgo pode apresentar grande variabilidade nos teores de PB. Rooney et al. (1980) verificaram que os teores de PB dos grãos de sorgo variaram de 8,7 a 16,8%, em 1.160 amostras de grãos analisadas. Antunes et al. (2007) encontraram maior variação de 9,85 a 18,28% de PB, nos grãos de 33 genótipos de sorgo com diferentes texturas do endosperma. Os teores de fenóis totais dos grãos dos três genótipos de sorgo foram baixos, sendo classificados como sorgo sem taninos, segundo Price e Butler (1977).

Tabela 2. Composição bromatológica e teores de energia bruta, em kcal/kg, da dieta-referência e dos grãos de sorgo com diferentes texturas do endosperma, na matéria seca

Genótipo	MS %	EB Kcal/kg	PB %	FB %	EE %	Cinzas %	Ca %	P <sub>total</sub> %	Fenóis total %
DR	89,43	3.930	19,44	4,03	3,22	5,54	0,95	0,53	ND <sup>9</sup>
BR 007B	88,81	3.934	14,31	1,75	2,63	1,68	ND	ND	0,22
BR 304	89,31	3.840	15,00	2,34	2,79	1,82	ND	ND	0,18
SC 283	88,70	3.858	14,71	2,65	2,71	1,93	ND	ND	0,21

MS= matéria seca; EB= energia bruta; PB= proteína bruta; FB fibra bruta; EE= extrato etéreo; Ca= cálcio; P<sub>Total</sub>= fósforo total; DR= dieta-referência; ND= valores não determinados.

Na Tab. 3 são apresentados os valores de vitreosidade dos grãos de sorgo, de digestibilidades aparentes da matéria seca e da proteína bruta e os valores de energias digestível e metabolizável aparentes da dieta-referência e dos grãos de sorgo com diferentes texturas do endosperma, na matéria seca. De acordo com os

valores de vitreosidade encontrados, os genótipos SC 283, BR 304 e BR 007B foram classificados como grãos de textura do endosperma dura, intermediária e macia, respectivamente, segundo Maxson et al. (1971). O escore de vitreosidade dos grãos do genótipo SC 283 foi semelhante ao encontrado por Cagampang e Kirleis (1984).

Tabela 3. Digestibilidades aparentes da matéria seca e da proteína bruta e valores de energias digestível e metabolizável aparentes dos grãos de sorgo para leitões em crescimento, na matéria seca

Genótipo	Vitreosidade <sup>1</sup>	DAMS %	DAPB %	EDA Kcal/kg	EMA kcal/kg
DR	---	87,19	85,50	3.409	3.314
BR 007B	3,70	97,14a	89,72a	3.840a	3.685a
BR 304	2,70	92,00b	82,86b	3.645b	3.544a
SC 283	1,10	83,27c	78,54b	3.078c	3.021b
EPM	---	0,77	0,80	78,52	70,50
CV, %	---	3,36	3,57	8,52	7,88

Valores seguidos por letras distintas na mesma coluna comparando os grãos dos genótipos de sorgo diferem entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste SNK.

<sup>1</sup>Vitreosidade dos grãos de sorgo: 1= grãos com endosperma 100% vítreo; 3= grãos com endosperma 50% vítreo e 50% farináceo; 5= grãos com endosperma 100% farináceo, segundo Maxson et al. (1971).

DR= dieta-referência; EPM= erro-padrão da média; CV= coeficiente de variação; DAMS= digestibilidade aparente da matéria seca; DAPB= digestibilidade aparente da PB; EDA= energia digestível aparente; EMA= energia metabolizável aparente.

Os valores de DAMS, de DAPB, de EDA e de EMA dos grãos de sorgo do genótipo BR 007B, de textura farinácea, foram sempre mais elevados ( $P < 0,05$ ) que os dos grãos do genótipo SC 283, de textura vítrea. Porém, os valores de EMA dos grãos do genótipo BR 007B (3.685kcal/kg) foram semelhantes aos do genótipo BR 304 (3.544kcal/kg), de textura intermediária. Esses dados sugerem que o desempenho de animais alimentados com grãos de sorgo de textura vítrea poderá ser inferior aos de animais alimentados com grãos de textura macia ou intermediária.

A influência negativa da textura do endosperma sobre os valores de DAMS, DAPB, EDA e EMA pode ser explicada pelas diferenças de composição e de distribuição da matriz protéica e dos corpos protéicos entre os grãos de textura dura e de textura macia. Nos grãos de textura dura (predominância do endosperma vítreo), o amido está fortemente incrustado no arcabouço protéico formado pela matriz protéica espessa e contínua e por corpos protéicos (Sullins e Rooney, 1975). A matriz protéica é constituída por glutelinas, que são proteínas solúveis somente em soluções alcalinas, e os corpos protéicos são constituídos por prolaminas, que são solúveis apenas em substâncias alcoólicas (butanol mais mercaptoetanol) (Chandrashekar e Mazhart, 1999). Ainda, segundo Duodu et al. (2003), as duas frações apresentam baixo coeficiente de digestibilidade em relação aos da albumina e globulinas, proteínas presentes apenas no gérmen do grão, o que explica em parte a menor digestibilidade dos componentes nutricionais dos grãos de sorgo em relação aos outros cereais, como trigo, aveia e cevada. Já nos grãos de textura macia (predominância do endosperma farináceo), a matriz protéica encontra-se presente na forma de lâminas delgadas, é descontínua e está fracamente incrustada aos grânulos de amido, o que torna o amido desse tipo de grão mais disponível ao ataque enzimático (Sullins e Rooney, 1975; Shull et al., 1990).

De acordo com Rooney e Miller (1982), para que o amido dos grãos de sorgo esteja disponível, é necessário que ocorra antes a digestão dessas frações protéicas. Os grãos do genótipo SC 283 possuem o endosperma completamente vítreo. Portanto, são esperados valores mais baixos de energias digestível e metabolizável para os grãos desse genótipo, explicado possivelmente pela

menor disponibilidade do amido à digestão enzimática. Já os grãos do genótipo BR 007B apresentam endosperma completamente farináceo, explicando os maiores valores de digestibilidade da MS e da PB e de energias digestível e metabolizável quando comparado ao genótipo SC 283.

Fialho et al. (1995) determinaram a composição química, a digestibilidade aparente da proteína bruta e os valores de energia digestível aparente e de energia metabolizável aparente de vários alimentos alternativos para leitões. Os valores encontrados para o sorgo sem tanino foram de 78,1% de digestibilidade aparente da PB; de 3.968kcal/kg de EDA e de 3.739kcal/kg de EMA. Os dados obtidos por Rostagno et al. (2000) para os grãos de sorgo sem tanino são bastante semelhantes aos encontrados por Fialho et al. (1995), que são 75% de digestibilidade aparente da PB, 3.856kcal/kg de EDA e 3.719kcal/kg de EM. Os valores de EDA e EM dos grãos de milho apresentados são 3,4 e 2,8% mais altos que os dos grãos de sorgo somente, o que justifica a substituição integral do milho pelo sorgo nas dietas de animais nas fases de engorda e terminação, se considerado apenas o valor energético dos dois cereais.

Os valores de digestibilidade aparente da PB dos grãos de sorgo de textura macia e intermediária foram mais elevados que os encontrados por Fialho et al. (1995). No entanto, os valores de EDA e de EMA obtidos para os grãos de textura dura foram sensivelmente inferiores aos encontrados naquele trabalho, comprovando que a textura do endosperma afetou o valor nutritivo dos grãos de sorgo para leitões.

Os resultados sugerem a necessidade de mais pesquisas sobre a influência da textura do endosperma dos grãos de sorgo sobre o seu valor energético para suínos, pois foi demonstrada forte influência negativa da textura do endosperma dos grãos de sorgo sobre a DAMS, DAPB, EDA e EMA para leitões. Dessa forma, os principais genótipos de sorgo cultivados atualmente no país devem ser avaliados para melhor orientar nutricionistas de suínos e produtores na formulação de rações à base de sorgo para as diversas categorias de suínos. A melhor estimativa do valor energético do sorgo poderá contribuir decisivamente para a substituição parcial ou total do milho nas rações,

podendo reduzir os custos de produção sem prejuízo para o desempenho animal. Os resultados obtidos neste estudo também reforçam a necessidade de que a textura dos grãos de sorgo seja um critério de seleção de genótipos a ser adotado pelas empresas de melhoramento genético de sorgo brasileiras, devido à importância que a textura mostrou ter sobre a digestibilidade e sobre o valor energético dos grãos de sorgo para leitões.

## CONCLUSÕES

Os valores de DAMS, de DAPB, de EDA e de EMA dos grãos de sorgo do genótipo BR 007B, textura macia, foram mais elevados que os dos grãos do genótipo SC 283, textura dura, demonstrando a influência negativa da textura do endosperma sobre o valor nutritivo dos grãos de sorgo para suínos. Os resultados obtidos sugerem que a textura seja um critério de seleção de genótipos no melhoramento genético dos grãos de sorgo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES, R.C.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Composição bromatológica e parâmetros físicos de grãos de sorgo com diferentes texturas de endospermas. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.59, p.1351-1354, 2007.
- ANTUNES, R.C.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Valor nutritivo de grãos de sorgo com diferentes texturas do endosperma para frangos de corte. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.58, p.877-883, 2006.
- CAGAMPANG, G.B.; KIRLEIS, A.W. Relationship of sorghum grain hardness to selected physical and chemical measurements of grain quality. *Cereal Chem.*, v.1, p.100-105, 1984.
- CHANDRASHEKAR, A.; MAZHAR, H. The biochemical basis and implications of grain strength in sorghum and maize. *J. Cereal Sci.*, v.30, p.193-207, 1999.
- AVALIAÇÃO da Safra Agrícola 2004/2005 – Segundo Levantamento. Brasília: Ministério da Agricultura, 2005. 32p. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acessado em: 20 fev. 2005.
- DUODU, K.G.; TAYLOR, J.R.N.; BELTON, P.S. et al. Factors affecting sorghum protein digestibility. *J. Cereal Sci.*, v.38, p.117-131, 2003.
- FIALHO, E.T.; BARBOSA, H.P.; ALBINO, L.F.T. Chemical composition, digestible protein and energy values of some alternative feedstuffs for pigs in Brazil. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.55, p.239-245, 1995.
- HOSENEY, R.C.; DAVIS, A.B.; HARBERS, L.H. Pericarp and endosperm structure of sorghum grain shown by scanning electron microscopy. *Cereal Chem.*, v.51, p.553-558, 1974.
- KIRLEIS, A.W.; CROSBY, K.D. Sorghum hardness: comparison of methods for its evaluation. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SORGHUM GRAIN QUALITY, 1982, Patancheru, India. *Proceedings...* Patancheru, India: ICRISAT, 1982. p.231-241.
- MAXSON, E.D.; FRYAR, W.B.; ROONEY, L.W. et al. Milling properties of sorghum grain with different proportions of corneous to floury endosperm. *Cereal Chem.*, v.48, p.478-490, 1971.
- OFFICIAL methods of analysis. 13.ed. Washington:AOAC, 1980. 1015p.
- PHILIPPEAU, C.; MONREDON, F.D.; MICHALET-DOREAU, B. Relationship between ruminal starch degradation and the physical characteristics of corn grain. *J. Anim. Sci.*, v.77, p.238-243, 1999.
- PRICE, M.L.; BUTLER, L.G. Rapid visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content of sorghum. *J. Agric. Food Chem.*, v.25, p.1268-1273, 1977.
- ROONEY, L.W.; KHAN, M.N.; EARP, C.F. The technology of sorghum products. In: INGLETT, G.E.; MUNCH, L. (Eds). *Cereal for food and beverage*. New York: Academic, 1980. p.513-554.
- ROONEY, L.W.; MILLER, F.R. Variation in the structure and kernel characteristics of sorghum. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SORGHUM GRAIN QUALITY, 1982, Patancheru, India. *Proceedings...* Patancheru, India: ICRISAT, 1982. p.143-162.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. (Eds). *Tabelas brasileiras para aves e suínos*. Viçosa: UFV, 2000. 141p.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. (Eds). *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 2.ed. Viçosa: UFV, 2005. 186p.
- SHULL, J.M.; CHANDRASHEKAR, A.; KIRLEIS, A.W.; EJETA, G. Development of sorghum [Sorghum bicolor (L.) Moench] endosperm in varieties of varying hardness. *Food Struct.*, v.9, p.253-267, 1990.
- SISTEMA de análises estatísticas e genéticas - SAEG. Viçosa: UFV, 1999. 59p.
- SULLINS, R.D.; ROONEY, L.W. Light and scanning electron microscopy studies of waxy and nonwaxy endosperm sorghum varieties. *Cereal Chem.*, v.52, p.361-366, 1975.
- VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA JR., V.R.; CAPPELLE, E.R. (Eds). *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. Viçosa: UFV, 2002. 297p.