

AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM DUAS GRANULOMETRIAS DE MOAGEM DE GRÃOS DE MILHO DE TEXTURA DENTADA E DURA¹

MARCO AURÉLIO FACTORI², CINIRO COSTA³, MARCO ANTONIO MARTIN BIAGGIONI⁴, MAYRA ANTON DIB SALEH⁵

¹Recebido para publicação em 11/07/07. Aceito para publicação em 29/11/07.

²Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Fazenda Experimental Lageado, CEP 18618-000, Botucatu, SP, Brasil. E-mail: mafactori@yahoo.com.br

³Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, FMVZ, UNESP, Botucatu, SP, Brasil.

⁴Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), UNESP, Botucatu, SP, Brasil.

⁵Departamento de Química e Bioquímica, Instituto de Biociências (IB), UNESP, Botucatu, SP, Brasil.

RESUMO: O trabalho objetivou avaliar o consumo de energia elétrica por meio de medidas de amperagem, sobre dois graus de moagem de grãos de milho para alimentação animal. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso em Esquema Fatorial, com quatro tratamentos e dez repetições. Foram utilizados dois diâmetros geométricos médios (DGM) de 865 e 570mm, grosso e fino, respectivamente, com texturas dentada e dura. Constatou-se maior consumo de energia elétrica na granulometria fina, com aumento na demanda de energia de 14 % para a moagem dos grãos de textura dura em relação aos grãos de textura dentada. Portanto, em granulometria de menor DGM (570mm) deve-se dar preferência por grãos de milho de textura dentada pelo menor consumo de energia elétrica na moagem, enquanto que em granulometria de 865mm, o consumo de energia para ambos os híbridos foi o mesmo.

Palavras-chave: custos, DGM, híbridos de milho.

EVALUATION OF ENERGY POWER CONSUMPTION IN TWO LEVELS OF GRINDING IN CORN GRAIN WITH DENT AND FLINT TEXTURE

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the energy power consumption by amperage measurements in two levels of grinding in corn grain to animal feeding. The experimental design was completely randomized in factorial scheme, with four treatments, 10 replications per treatment. It was tested two average geometric diameters (AGD) with 865 and 570mm, thick and fine respectively, with flint and dent texture. There was higher energy consumption in the fine AGD. It was necessary an energy demand 14 % higher when grains with flint texture were compared to grains with dent texture. In conclusion, the fine AGD (570mm) should be used to grind corn grains with dent texture in order to save energy. In the other hand, the thick AGD (865mm) could be used for both corn hybrids because the energy power consumption was the same.

Keywords: costs, AGD, corn hybrids.

INTRODUÇÃO

O milho como alimento energético pode representar até cerca de 80 % do custo total das rações, especialmente para suínos e aves. O seu processamento é importante por viabilizar sua digestibilidade em decorrência do aproveitamento pelo animal, no entanto, implica em gasto de energia elétrica. Processar um alimento significa alterar sua estrutura original, adotando um conjunto de

operações necessárias de forma a obter o máximo potencial nutricional, com grande importância nas fábricas de rações (BELLAYER e NONES, 2000).

Segundo ZANOTTO e BELLAYER (1996), o grau de moagem é caracterizado de acordo com o tamanho das partículas e para determiná-lo utiliza-se uma variável, de correlação positiva, denominada diâmetro geométrico médio (DGM).

O tamanho das partículas determina o consumo de energia elétrica pelos equipamentos, bem como influencia no rendimento de moagem (ZANOTTO *et al.*, 1996). Entretanto, o processamento ideal do milho varia de acordo com a espécie animal (ZANOTTO e BELLAVER, 1999) e também, em função das formas de armazenamento (REIS, 2006).

Na confecção das rações, quanto maior o tamanho das partículas dos ingredientes, maior a economia de energia elétrica pelos equipamentos de moagem e maior o seu rendimento (PUPA e HANNAS, 2003). Entretanto, não foi verificado na literatura consultada, o gasto de energia em relação à moagem de grãos de milho em função da textura.

CANTARELLI *et al.* (2007) avaliando a composição química, vitreosidade e valores nutricionais de diferentes híbridos de milho para suínos verificaram que os milhos de textura dura apresentam maior vitreosidade em relação ao semidentado e ao dentado, porém, são superiores nos restante dos fatores avaliados em relação aos de textura dura.

As cultivares de milho podem ser agrupadas de acordo com a textura dos grãos classificando-se em: dentado ("dent"), grão duro ou cristalino ("flint") e os grãos semiduros ou semidentados apresentando características intermediárias. Os grãos mais duros apresentam as vantagens de boa armazenagem e qualidade de germinação sendo preferidos pela indústria alimentícia e em algumas situações alcançam preço mais elevado no mercado, enquanto que, os grãos dentados são desclassificados ou comprados por um preço menor (CRUZ *et al.*, 2004).

Desta forma, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a influência da textura do grão de milho sobre o consumo de energia elétrica em dois graus de moagem.

MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se um experimento utilizando o modelo estatístico de Análise de Variância em um Esquema Fatorial (2 x 2), com quatro tratamentos e dez repetições, para se obter a amperagem e conseqüentemente, o consumo de energia elétrica com a moagem de híbridos de milho de texturas dentada e dura nas granulometrias grossa e fina (DGM de 865 e 570 mm), respectivamente. Os tratamentos foram: HDuF – Híbrido de textura dura, moído fino; HDuG – Hí-

brido de textura dura, moído grosso; HDeF – Híbrido de textura dentada, moído fino; HDeG – Híbrido de textura dentada, moído grosso.

Os híbridos utilizados foram o AG 4051 para a textura dentada e DAW 2B 710 para a textura dura, com aproximadamente 150kg por híbrido. Foram utilizadas duas peneiras de crivo de 10 e 3mm, para a obtenção das granulometrias grossa e fina respectivamente, determinadas a partir do método de determinação de granulometria de ingredientes (ZANOTTO e BELLAVER, 1996).

Para moagem, utilizou-se um triturador de marca Nogueira, com duas facas de 15,5cm cada, com diâmetro total da hélice de 14cm e impulsionadores (4 jogos de 5 dedos), com motor elétrico WEG de 7,5 cv, 3500rpm, 220/380V, trifásico.

No controle da quantidade de grãos de milho moídos por hora utilizou-se um alimentador de forma cônica, considerando regulagem de fluxo constante, mensurando o tempo gasto com seis repetições, para se determinar o quanto de milho é moído por unidade de tempo, admitindo-se 327,3kg/hora ou 3kg em 33 segundos.

As medidas de amperagem foram determinadas utilizando amperímetro do tipo alicate, de marca FTG, 200 amperes e 750 volts. O procedimento experimental consistiu na alimentação do moinho com milho por cerca de 30 segundos de forma a condicionar o motor, bem como todo o sistema. Em seguida, depois de estabelecido o fluxo de grãos, coletou-se a leitura após 50 segundos, com a estabilização da corrente elétrica. Após a obtenção do valor de amperagem, a alimentação de grãos foi suspensa e decorridos 20 segundos iniciou-se novamente o procedimento para a obtenção das repetições. Para cada tratamento, o triturador foi desligado para limpeza e condicionamento.

Para o cálculo da potência estimada utilizou-se a fórmula $P = U \times I \times \text{COS } \theta$, onde P é a potência em Watts, U é a tensão elétrica em Volts, I é a corrente elétrica em amperes e COS θ é o fator de potência obtido segundo WEG (Catálogo eletrônico – curva de desempenho), para correntes elétricas utilizadas bem como características do motor. A estimativa de gasto de energia foi mensurada, estando o consumo de energia elétrica diretamente relacionada à sua potência elétrica e ao tempo que determinado equi-

pamento permanece funcionando (Kilowatt*hora - kWh).

Foram retiradas amostras de 250g de grãos de milho de cada tratamento que, depois de secas em estufa a 105 °C por 24h, foram pesadas em balança analítica para se obter os pesos e as porcentagens de amostra retida em peneira com malhas de 4,0; 2,0; 0,85; 0,3mm e fundo. As granulometrias utilizadas no trabalho referem-se -às indicadas por ZANOTTO e BELLAVIER (1999) que encontraram valores adequados para economia de energia elétrica na moagem e melhores desempenho para suínos e aves, com DGM de 500 a 650µm e de 800 a 1000µm, respectivamente.

Os dados foram analisados pelo SAEG - Sistema para Análises Estatísticas utilizando o teste de Tukey, para diferenças entre médias a 5 % de nível de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontram-se os dados sobre as médias de amperagem obtidas em função do DGM e textura. Ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey, não houve diferença significativa entre os híbridos para as duas granulometrias avaliadas

e foi significativa a interação do híbrido de textura dura com as granulometrias fina e grossa, sendo observado maior amperagem e maior consumo de energia elétrica com a granulometria fina.

Tabela 1. Coeficiente de variação e médias de amperagem em função do diâmetro geométrico médio (DGM) e da textura dos híbridos

Textura do Híbrido	Granulometria		Coeficiente de Variação
	Fina DGM 570µm	Grossa DGM 865µm	
Dura	10,84 Aa	7,34 Bb	9,289
Dentada	9,53 Aa	7,38 Bb	

Letras maiúsculas iguais na coluna não diferem (P<0,05) pelo teste de Tukey.

Letras minúsculas distintas na linha diferem (P<0,05) pelo teste de Tukey.

Os dados da Tabela 2 evidenciam 1 % de aumento entre os híbridos na granulometria grossa enquanto que, na granulometria fina, este aumento é de 14 % a mais para o híbrido de textura dura.

Tabela 2. Aumento do consumo de energia elétrica na mesma granulometria com base na amperagem, fator de potência e potência, na voltagem de 228 V e fluxo de 327,3 kg de milho/h, sobre os tratamentos utilizados

Parâmetro	Tratamento			
	HDuF	HDeF	HDeG	HDuG
Amperagem (A)	10,84	9,53	7,38	7,34
Fator de Potência (COS θ)	0,65		0,46	
Potência (kW)	1,61	1,41	0,78	0,77
kWh/1000 kg milho moído	4,91	4,30	2,38	2,34
Aumento do consumo energia elétrica na mesma granulometria (%)	14		1,0	

HDuF - híbrido de textura dura moído fino; HDeF - Híbrido de textura dentada moído fino; HDeG - Híbrido de textura dentada moído grosso; HDuG - Híbrido de textura dura moído grosso.

Para melhor desempenho animal, procura-se adequar para cada espécie a granulometria das rações, enquanto que na fabricação de rações busca-se por moagem “mais grosseira”, em decorrência do rendimento do processo de produção. Desta forma, é considerável o consumo de energia elétrica em menor DGM, onerando o custo de produção.

HAMILTON e PROUDFOOT (1995) compararam diferentes granulometrias em dietas fareladas para frangos de corte e verificaram que o peso corporal e a margem bruta de ganho aumentaram (P<0,01) quando se aumentou a granulometria das dietas.

DEATON *et al.* (1989) avaliaram o efeito do tama-

nho das partículas do milho processado em moinhos de martelos ou de rolos em dietas fareladas, e os diferentes tamanhos de partículas não afetaram o desempenho das poedeiras ($P < 0,05$).

NIR *et al.* (1994) observaram que frangos de corte jovens tiveram melhor desempenho quando consumiram partículas com DGM 769mm. Também verificaram que partículas grandes presentes no intestino delgado proximal aumentam o peristaltismo e melhora a utilização dos alimentos.

A geração de informações mais precisas sobre o grau de moagem do milho, é muito importante no processo de fabricações de ração o que permitiria a escolha da granulometria ideal proporcionando o melhor aproveitamento dos nutrientes e economia energética (ZANOTTO *et al.*, 1995). A eficiência de moagem ou consumo de energia elétrica (kWh) por tonelada de produto moído está relacionado com o tipo de grão e tamanho da partícula desejada (PUPA e HANNAS, 2003). O objetivo principal do processamento dos alimentos é o aumento da viabilidade energética do amido, melhoria das características da mistura e do desempenho animal, tendo em vista que o amido é um nutriente primário e sua utilização pelos animais depende dos métodos de processamento e fonte dos grãos.

Quanto ao tipo de moinhos, podem ser classificados em: moinhos de rolo, martelos e de facas. Na escolha do tipo de moinho, os de faca e martelos têm sido mais utilizados, especialmente os de martelos, uma vez que possibilitam o processamento de maior variedade de ingredientes e permitem moagens mais finas (<600mm) em relação ao moinho de rolos (MARTIN, 1988). No entanto, as variações existentes entre as características dos moinhos podem influenciar a granulometria do milho processado em moinhos de martelos, considerando-se o diâmetro dos furos da peneira, a área de abertura da peneira, a potência do motor, o número de martelos, distância entre os martelos e a peneira, a vazão de moagem, o teor de umidade do grão e o desgaste do moinho (MARTIN, 1988). Nota-se no presente trabalho que não houve diferença significativa entre os híbridos na peneira de 10mm, o que pode ser explicado pelo fato de que a peneira não impôs barreira necessária para imprimir resistência para tal variação associada à potência do motor e número de facas utilizadas.

Em relação à textura do grão, CRUZ e PEREIRA FI-

LHO (2005) verificaram no mercado predominância de grãos semiduros (48,10%) e duros (32,91%). Materiais dentados representaram a minoria (5,4 %) e não tiveram boa aceitação pela indústria. Entretanto, a partir dos dados do presente experimento, pode-se inferir que para a escolha de um híbrido, seja ele de textura dentada ou dura, deve-se levar em consideração a granulometria correta exigida pela espécie animal em questão e a associação entre a textura do grão e o consumo de energia elétrica requerido para processá-lo.

Ao utilizar granulometria menor, o moinho precisa atingir o grão de milho por um número maior de vezes ou mais intensamente e isso requer aumento na demanda de energia. Desta forma, a escolha de um híbrido de textura dura implica em maior gasto de energia ao considerar granulometrias mais finas, com DGM de 570mm com a interação dos fatores.

A textura dura é decorrente do arranjo denso entre o amido e a proteína. Os grãos apresentam reduzida proporção de endosperma amiláceo e nota-se que a parte dura ou cristalina é a predominante e envolve por completo o amido. No entanto, nos híbridos de textura dentada, os grãos de amido estão densamente arranjados nas laterais formando um cilindro aberto que envolve parcialmente o embrião (EMBRAPA, 2002). Na parte central, os grãos de amido são menos densamente dispostos e farináceos demandando menor consumo de energia para quebrá-lo.

ZANOTTO *et al.* (1999b) trabalhando com milho moído em diferentes granulometrias (515, 655 e 905mm) verificaram que o consumo de energia elétrica pôde ser reduzido em até 62% em função do aumento no DGM das partículas do milho de 515 a 905mm.

Com o objetivo de avaliar o desempenho zootécnico em frangos de corte da linhagem ROSS, do 1º ao 42º dia de idade, arraçoados com diferentes DGM 833, 703 e 1058mm, FLEMMING *et al.* (2002) verificaram que o DGM dos tratamentos apresentou influência ($P < 0,05$) sobre o consumo de ração de pintainhos na fase pré-inicial, sendo observadas poucas modificações no desempenho das outras fases de criação e na mortalidade das aves. Entretanto, a lucratividade inerente aos tratamentos, pode ser aumentada em até 2,78%, em função do aumento do DGM.

ZANOTTO *et al.* (1998) verificaram diminuição no consumo de energia em 61 % com uso do DGM de 1060mm para 500mm. WONDRA *et al.* (1995) mostraram que, para diminuir o tamanho das partículas do milho moído de 1000 para 400mm de DGM gastou-se três vezes mais energia, dados que se assemelham ao encontrado no presente experimento com o aumento de 110 % no consumo de energia elétrica quando se reduziu o DGM de 865 para 570 mm para o grão de textura dura, preferido pelo mercado.

A granulometria das rações influencia aspectos de importância técnica e econômica na produção de aves e suínos, tais como custo da ração, custo de moagem, digestibilidade e lesões gástricas. A granulometria do milho associada à economia de energia elétrica e melhoria no rendimento de moagem contribuiu para a redução no custo de produção de frangos de corte (ZANOTTO *et al.*, 1999a).

Considerando a inclusão de 70 % de milho nas dietas, o gasto de energia torna-se fundamental para minimizar os custos de produção a partir da escolha do híbrido correto. Neste trabalho economizou-se em média 14 % no consumo de energia elétrica total por tonelada de milho moído, utilizando-se híbrido de textura dentada na granulometria fina. Outro aspecto a ser considerado é o desgaste abrasivo de lâminas, martelos e outros acessórios utilizados na moagem dos grãos durante a fabricação de rações, o que implica em um maior número de manutenções periódicas, além de aumentar os custos de produção.

Para a alimentação de bovinos adultos, a escolha dos híbridos quanto a sua textura pode ser pouco expressiva, uma vez que a moagem na forma de quirera grossa é suficiente para a quebra dos grãos em três a quatro pedaços, portanto, superior a granulometria utilizada no presente trabalho. BEZERRA *et al.* (2002) verificaram que vacas leiteiras alimentadas com dietas com perfis granulométricos intermediários produziram mais leite. O processamento aumenta a degradação ruminal do amido, com maior produção de ácidos graxos voláteis e proteína microbiana.

CONCLUSÕES

Em granulometria de menor DGM (570mm), deve-se dar preferência por grãos de milho de tex-

tura dentada devido ao menor consumo de energia elétrica na moagem, uma vez preservado o desempenho animal, enquanto que, em granulometria de 865mm, o consumo de energia elétrica para ambos os híbridos é o mesmo.

A escolha da textura correta de híbridos de milho diminui os custos com moagens de rações, principalmente para suínos e aves sendo oportunos mais estudos que envolvam consumo e desempenho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELLAVER, C.; NONES, K. A importância da granulometria, da mistura e da peletização da ração avícola In: IV SIMPÓSIO GOIANO DE AVICULTURA. **Anais...** Goiânia, 2000.

BEZERRA, E.S. et al. Efeito do perfil granulométrico das partículas dietéticas sobre parâmetros de desempenho de vacas leiteiras em lactação. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.31, n.3, p.1511-1520, 2002.

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

CRUZ, J.C. et al **Cultivares de Milho disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2004/05**. Sete Lagoas: 2004.

CRUZ J.C.; PEREIRA FILHO I.A. EMBRAPA Milho e Sorgo: Cultivares de milho disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2005/06, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivadoMilho/cultivares.htm>> Acesso em: 04 maio 2006.

DEATON, J.W.; LOTT, B.D.; SIMMONS, J.D. Hammer mill versus roller mill grinding of corn for commercial egg layers. **Poultry Science**, v. 68, p.1342-1344, 1989.

EMBRAPA MILHO E SORGO. Cultivares para 2002/2003, 2002 Sistema de Produção. Disponível em : <<http://www.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 04 maio 2006.

FLEMMING, J.S. et al. Ração farelada com diferentes granulometrias em frangos de corte. **Archives of Veterinary Science** v.7, n.1, p.1-9, 2002.

HAMILTON, R.M.G.; PROUDFOOT, F.G. Ingredient particle size and feed texture: effects on the performance of broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v.51, n.3-4., p.203-210, 1995.

- MARTIN, S. **Particle size reduction**. NFIA - feed manufacturing short course. Kansas: Kansas State University, 1988. 10p.
- NIR, I.; SHEFET, G.; AARONI, Y. Effect of particle size on performance 1. **Poultry Science**, v. 73, p. 45-49, 1994.
- PUPA, J.M.R.; HANNAS, M.I. Reduzindo o custo de produção animal através da adequação da granulometria das rações. **Publicação eletrônica**, n.2. Ag. 2003 .
- REIS, W. **Degradabilidade de grãos secos e ensilados de híbridos de milho submetidos a formas de processamento**. 2006. 93 f. Tese (Doutorado)- Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2006.
- SAEG. **Sistema de análises estatísticas e genéticas**. Viçosa: UFV, 1995. 52 p.
- WONDRA, K J .et al. Effects of particle and pelleting on growth performance, nutrient digestibility and stomach morphology in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.73, p.757-763, 1995.
- WEG Catálogo Eletrônico 2000. Disponível em: <<http://www.weg.com.br>>.
- ZANOTTO, D.L.; BELLAVER, C. **Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves**. Concórdia: EMBRAPA /CNPSA, 1996. p.1-5. (Comunicado Técnico, 215).
- ZANOTTO, D.L.; BELLAVER, C. Tamanho da partícula do milho na alimentação de suínos e aves poderá comprometer desempenho animal e custos de produção da ração. Artigo Técnico Jan. 1999. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br>>
- ZANOTTO, D.L.; BRUM, P.A.R.; GUIDONI, A.L. Granulometria do milho da dieta e desempenho de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1996, Curitiba. **Anais...** Campinas: FACTA, 1996. p.19.
- ZANOTTO, D.L.; BRUM, P.R.; GUIDONI, A. L. Granulometria do milho, peletização da dieta e metabolismo com frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO, DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1999, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1999a . p.33.
- ZANOTTO, D. L. et al. **Efeito da granulometria sobre o conteúdo energético do milho para frangos de corte**. Concórdia: EMBRAPA, CNPSA, 1998. 2 p.
- ZANOTTO, D.L.; GUIDONI, A.L.; BRUM, P.R. Granulometria do milho em rações fareladas para frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1996, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996b. p.227.
- ZANOTTO, D.L.; NICOLAIEWSKY S.; FERREIRA A.S. Granulometria do milho na digestibilidade em dietas para suínos em crescimento e terminação. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia** v. 24, n. 3, p.428-436, 1995.