

Qualidade Nutricional do Milho: Padrões e Valorização Econômica

Gustavo J. M. M. de Lima ^{1,2}; Adsos A. dos Passos ³; Arlei Coldebella ¹; **Waldomiro Barioni Junior** ¹; Alexandre S. Sechinato ³

¹ Pesquisadores da Embrapa; ² Bolsista do CNPq; ³ Tortuga Companhia Zootécnica Agrária

Introdução

A avicultura brasileira é refém da oferta e qualidade do milho. Outros ingredientes podem ser utilizados, mas a disponibilidade irregular, os problemas de logística e armazenagem e a carência de informações técnicas, em alguns casos, acabam por “fazer a cabeça” de nutricionistas e compradores de grãos na preferência pelo milho. Por outro lado, há uma tradição agrônômica de plantio de milho, quer como cultura de fácil comercialização, até para exportação, quer como cultura que se insere bem no rodízio com leguminosas, como a soja. Em outras palavras, o milho é o ingrediente principal das dietas de aves e suínos e vai continuar sendo por muito tempo.

Uma vez que o milho tem tanta importância na produção animal, o bom senso induz a dedicar mais a este grão e tirar o máximo de aproveitamento do seu valor nutricional. O objetivo deste artigo é apresentar argumentos técnicos e econômicos para que os técnicos e as empresas possam adotar medidas que melhorem a estimativa do valor nutricional do milho e de práticas que melhorem sua qualidade.

Milho: um conjunto de alimentos com o mesmo nome

Em muitas situações práticas observa-se que os técnicos não fazem ajustes na matriz de composição nutricional do milho, ao longo do tempo, quando utilizam diferentes partidas do grão na formulação de dietas para aves e suínos. Esta atitude só procederia se a composição do milho não variasse. Entretanto, a composição nutricional do milho varia em função do genótipo, tipo e nível de adubação, condições ambientais em que se desenvolve a lavoura e ataque de insetos.

Schmidt et al. (2001) analisaram valores de composição na matéria natural em 48 amostras de milho produzidas em dois ensaios realizados no Paraná. No primeiro ensaio a média do teor de óleo foi de 3,82% e os valores mínimo e máximo foram 2,48 e 4,80%, respectivamente. No segundo ensaio o teor médio de óleo foi de 3,70%, variando de 1,41 a 4,77%. Nos dois estudos as variações de lisina e metionina não foram tão expressivas, sendo que os valores de lisina variaram de 0,26 a 0,28% e os valores de metionina variaram entre 0,27 a 0,30%.

Em outro levantamento, conduzido por Lima et al. (2000), foram analisadas 86 amostras de milho, coletadas em todo o estado do Rio Grande do Sul (Tabela 1). Neste estudo, foram verificadas grandes variabilidades nos teores de óleo e aminoácidos das amostras.

Lima et al. (2000) analisou 56 híbridos comerciais de milho cultivados em Chapecó, Santa Catarina, na safra de 1999 a 2000. Os resultados das análises de alguns parâmetros podem ser observados na Tabela 2. Também em Santa Catarina, no município de Campos Novos, Lima et al. (2001) obtiveram amostras com valores de óleo variando entre 1,77 e 5,73%, com média de 3,62%.

Na Embrapa Suínos e Aves foram realizados um grande número de análises e experimentos de digestibilidade com milho, sendo apresentado na Tabela 3 um conjunto de dados com estas informações. A variabilidade na composição nutricional do milho, ou de qualquer outro grão, não é exclusividade das condições brasileiras. Nos anos de 1987, 1988 e 1989, Hurburgh (1994) avaliou o milho das regiões de cinturão de milho oeste dos Estados Unidos (Iowa, Kansas, Minnesota, Missouri, Dakota do Norte, Nebraska, Dakota do Sul) e do cinturão de milho leste (Illinois, Indiana, Michigan, Ohio, Wisconsin). Os parâmetros analisados foram proteína bruta, óleo e amido. Em relação aos fatores de composição em nutrientes no cinturão de milho oeste, os valores de proteína bruta tiveram uma variação entre 5,5% a 10,9%; os valores de óleo apresentaram variação entre 2,3% a 5,2% e os teores de amido variaram entre 56,4% a 62,8%. No cinturão de milho leste os valores de proteína bruta variaram entre 4,8% e 10,5%; enquanto a amplitude dos valores de óleo foi de 2,2% a 5,5% e dos valores de amido foi de 55,8% a 64,2%, sendo estes dados expressos em 84,5% de matéria seca. Segundo o autor, esta variabilidade foi economicamente significativa, pois cada ponto porcentual (de qualquer um dos três fatores) teve um impacto teórico de 6 a 12 centavos de dólar por bushel (35,23 litros). Houve também alguma variação ao longo dos anos, porém esta não teve a mesma amplitude de variabilidade que a verificada entre diferentes regiões. Nos anos de 1987, 1988 e 1989, os teores de proteína bruta, óleo e amido foram, respectivamente, 8,3%, 3,3% e 59,8%; 8,0%; 3,6% e 60,2%; e 7,6%; 3,5% e 60,1%.

Tabela 1. Resultados de análises de milho coletado no Rio Grande do Sul.

	MS	PB	EE	Trp	Lys	Met	Thr
Média, %	86,60	9,09	3,97	0,09	0,27	0,29	0,28
Mínimo, %	76,96	6,83	2,45	0,05	0,25	0,26	0,17
Máximo, %	93,91	12,33	5,29	0,14	0,28	0,31	0,40

Lima et al. (2000). Valores expressos em base natural.

MS = matéria seca; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; Trp = triptofano; Lys = lisina;

Met = metionina; Thr = treonina.

Tabela 2. Composição química e valor energético de amostras de milho coletadas em Chapecó, SC na safra de 1999 – 2000, dados na MS.

	EE%	PB%	Trp%	Lys%	Met%	Thr%
Média	5,13	10,90	0,09	0,26	0,31	0,30
Mínimo	3,61	8,31	0,07	0,25	0,29	0,24
Máximo	6,87	13,66	0,11	0,27	0,32	0,36

Lima et al. (2000).

EE = extrato etéreo; PB = proteína bruta; Trp = triptofano; Lys = lisina; Met = metionina;

Thr = treonina.

Causas de variabilidade

GENÉTICA

Os mutantes de milho opaco-2 e floury-2, que são grãos com alterações na síntese de aminoácidos do grão, foram estudados por Nelson (1980). No caso do opaco-2, as proteínas do endosperma possuíam maiores teores de lisina que o milho comum. A mutação que resultou na formação do floury-2 resultou na produção de endosperma com maior teor de lisina e metionina. Nos dois casos os teores de triptofano foram maiores em relação ao milho comum. Essas mudanças ocorreram devido à redução da síntese de zeína, fração da prolamina, do milho, que possui baixos teores de lisina, e um aumento das frações de globulina e de albumina, que são frações mais ricas em lisina que a prolamina. Além disso, houve um aumento dos teores de aminoácidos livres. Outra mudança observada nestes grãos foi o maior embrião do milho opaco-2.

Tabela 3. Resultados de análises químicas e experimentos de digestibilidade com milho obtidos na Embrapa Suínos e Aves.

Parâmetro	N	Média	Valor Mínimo	Valor Máximo	Desvio padrão
Matéria Seca, %	489	87,68	82,69	91,97	1,75
Proteína Bruta, %	637	8,49	6,43	10,99	0,81
Extrato Etéreo, %	356	3,67	1,41	5,09	0,87
Cinza, %	305	1,15	0,24	2,00	0,31
Fibra Bruta, %	362	2,25	1,10	3,48	0,43
FDA, %	49	4,54	3,09	6,29	0,88
FDN, %	45	14,41	8,12	25,10	3,64
Energia Bruta, kcal/kg	347	3944	3430	4427	113
Energia Digestível, Suínos, kcal/kg	21	3472	3211	3567	94
Energia Metabolizável, Suínos, kcal/kg	28	3421	2952	3937	217
Energia Metabolizável, Aves, kcal/kg	23	3229	3045	3407	113
Energia Metabolizável Verdadeira Aves, kcal/kg	5	3639	3440	3820	135
Ca, %	273	0,04	0,01	1,05	0,08
P, %	281	0,26	0,11	0,88	0,07
Mg, %	23	0,10	0,08	0,12	0,01
K, %	10	0,35	0,30	0,41	0,03
Na, %	3	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu, mg/kg	47	4,65	0,91	19,39	3,72
Fe, mg/kg	43	58,67	22,48	182,30	32,19
Mn, mg/kg	44	7,34	1,10	20,00	3,27
Zn, mg/kg	47	27,39	13,93	151,88	20,21
Asp, %	94	0,54	0,43	0,70	0,06
Glu, %	94	1,54	0,95	2,13	0,29
Ala, %	95	0,63	0,48	0,78	0,08
Arg, %	92	0,37	0,27	0,55	0,07
Cis, %	75	0,28	0,18	0,37	0,04
Fen, %	90	0,40	0,24	0,56	0,07
Fen+Tir, %	92	0,66	0,40	0,96	0,13
Gli, %	88	0,32	0,25	0,40	0,03
Gli+Ser, %	93	0,71	0,57	0,85	0,07
His, %	88	0,24	0,18	0,40	0,05
Iso, %	93	0,28	0,17	0,37	0,05
Leu, %	93	1,00	0,72	1,32	0,15
Lys, %	95	0,24	0,19	0,31	0,03
Met, %	74	0,21	0,14	0,27	0,04
Met+Cis, %	75	0,48	0,32	0,62	0,08
Pro, %	93	0,81	0,54	1,13	0,13
Ser, %	92	0,39	0,30	0,48	0,04
Tyr, %	91	0,27	0,16	0,43	0,07
Thr, %	92	0,27	0,22	0,33	0,03
Trp, %	119	0,05	0,02	0,14	0,02
Val, %	92	0,37	0,23	0,49	0,07

Valores expressos em base natural. N = número de amostras.

Nas Tabelas 4 e 5 são apresentados os teores de aminoácidos e proteínas do milho normal e o milho opaco-2, podendo-se observar a menor fração de prolamina e a maior porcentagem de albumina e globulina no milho opaco-2.

Tabela 4 - Aminoácidos do endosperma de grãos de milho expressos em gramas por 100 gramas de proteína bruta.

Aminoácido, g/100 g de proteína bruta	Normal	Opaco-2
Lys	1,6	3,7
Arg	3,4	5,2
Asp	7,0	10,8
Gly	3,0	4,7
Trp	0,3	0,7
Pro	8,6	8,6
Leu	18,8	11,6
Ala	10,1	7,2

Fonte: Nelson (1976), citado por Nelson (1980).

Tabela 5. Frações protéicas do milho comum e opaco-2 expressas em porcentagem de proteína total.

Fração, %	Milho normal	Milho opaco
Albumina + globulina	5	17
Prolamina	47	23
Glutena	35	50

Fonte: Jimenez (1966), citado por Nelson (1980).

Os genótipos iniciais de milho opaco-2 possuíam muitas características negativas. O grão era mole, a produtividade era baixa e possuía alta susceptibilidade a doenças e danos mecânicos. Por meio de esquemas de cruzamentos e seleção recorrente, pesquisadores do Centro Internacional de Melhoramento de Milho (CIMMYT) no México, desenvolveram novos híbridos de milho chamados de QPM (*quality protein maize*). Esses novos materiais genéticos tornaram-se viáveis pelas melhorias nas características dureza e densidade do grão, menor susceptibilidade aos fungos e insetos e maturidade antecipada (NRCI, 1988). Na Embrapa Milho e Sorgo foi desenvolvido o BR-451, adaptado às condições brasileiras, a partir de material genético oriundo do CIMMYT (Parentoni et al., 1989). Bellaver & Lima (1997) analisaram partidas de milho QPM e milho comum e obtiveram os resultados apresentados na Tabela 6.

Outra característica que se tem buscado no melhoramento genético do milho são os grãos com altos teores de óleo. O óleo ocorre quase exclusivamente na porção do escutelo do germe. O conteúdo de óleo no grão é afetado pela posição do grão na espiga, podendo ser encontradas variações de 0,1% a 0,6% entre grãos da base, do meio e do topo da espiga, sendo que as porções mais elevadas em óleo eram encontradas no meio dela. Estes grãos, além de possuírem mais óleo, costumam ser mais uniformes em tamanho, comparados aos grãos maiores na base e os menores ao topo da espiga.

O teor de óleo é uma característica de alta herdabilidade. Na Universidade de Illinois, após 85 gerações de seleção para alto óleo e baixo óleo, foram obtidos valores de 20,4% para a seleção de altos teores de óleo e 0,3% para a seleção de baixos teores de óleo. Constatou-se que o tamanho do germe e a porcentagem de óleo no germe aumentaram, mas o endosperma e o peso dos grãos diminuiu, bem como a produtividade. Desta maneira, foi possível aumentar a porcentagem de óleo no grão aumentando-se o tamanho do germe e reduzindo-se o tamanho do endosperma.

Na Tabela 6 são mostradas as diferenças entre o milho QPM e o milho comum para as características de composição química e energia.

Tabela 6 - Diferenças de composição química e energética do milho QPM e comum.

Parâmetro	Milho QPM	Milho Comum
Matéria seca, %	88,30	87,33
Proteína Bruta, %	7,71	9,67
Extrato Etéreo, %	4,45	4,18
Cinza, %	0,58	1,29
Energia Bruta, kcal/kg	3970	3906
Energia Metabolizável, Suínos, kcal/kg	3565	3361
Fibra Bruta, %	2,54	3,21
FDN, %	16,86	34,67
Lys, %	0,33	0,23
Met + Cys, %	0,48	0,49
Thr, %	0,29	0,30
Trp, %	0,07	0,06

Fonte: Bellaver & Lima (1997).

Em uma avaliação feita por Dale, citada por Bellaver & Lima (1997), foram analisadas 29 amostras de milho e observou-se variação nos teores de óleo de 1,3% a 2,9%, ajustado para 86% de matéria seca.

Maier & Briggs (1997) analisaram dados de análises de grãos recebidos durante os anos de 1996 e 1997 na Universidade de Purdue. Os autores verificaram as médias dos resultados das análises de óleo e não encontraram diferenças de um ano para outro. No entanto, quando se tomaram os híbridos como fonte única de variação foram detectadas diferenças. Os híbridos com altos teores de óleo apresentaram valor médio de óleo de 7,1%, com amplitude de 4,0% a 7,2%. Os híbridos comuns obtiveram média de óleo de 4,7%, com valores mínimo e máximo de 4,3% e 5,3%, respectivamente. Todos estes valores eram expressos em base seca.

ADUBAÇÃO

Vasconcellos (1989) revisou a importância da adubação na qualidade do milho e evidenciou a influência da adubação nitrogenada sobre os teores de proteína bruta (PB). De uma maneira geral, o aumento da adubação nitrogenada proporciona um aumento dos teores de proteína bruta, sendo este aumento relacionado ao aumento da zeína, que é uma proteína de baixo valor nutricional. A adubação nitrogenada também exerce influência sobre o equilíbrio dos aminoácidos. O aumento dos teores de PB levou a um decréscimo da concentração de aminoácidos. Na Tabela 7 são apresentados os valores dos coeficientes de determinação dos teores de aminoácidos em relação ao teor de proteína bruta.

Outros fatores a serem observados na adubação nitrogenada são os teores de amônio (NH_4) e nitrato (NO_3). Murphy & Lewis (1987), citado por Vasconcellos (1989), verificaram alterações nos teores de aminoácidos na presença de NH_4 , NO_3 ou no equilíbrio das duas formas de nitrogênio (Tabela 8).

A adubação com potássio aumenta a eficiência da adubação nitrogenada melhorando a quantidade e a qualidade da proteína. Keeney (1970), citado por Vasconcellos (1989), comparou um grupo controle, um grupo com adubação nitrogenada e um grupo com adubação nitrogenada e potássica. Os teores de proteína bruta e lisina foram de 7,0; 7,7 e 8,4%; e 0,23%; 0,25% ; e 0,26% respectivamente. Aumentos nas mesmas proporções foram observados para treonina, valina e leucina.

CONDIÇÕES DE AMBIENTE

Cloninger et al. (1975) observaram diferenças nos teores de proteína bruta (9,8%; 10,3% e 10,2%) em grãos de milho plantados nos anos de 1969, 1970 e 1971. Os menores teores de proteína bruta em 1969 foram atribuídos a três períodos de seca durante aquele ano. Cada um destes períodos teve pelo menos 15 dias consecutivos com precipitações diárias menores que 0,6mm.

A influência da temperatura sobre os teores de óleo foi observada por Thompson et al. (1973) que verificaram que os teores de óleo foram menores nas salas de vegetação, onde as plantas foram produzidas, com maior temperatura, com exceção de um genótipo (Tabela 9).

Tabela 7 - Relação entre teores de aminoácidos e o teor de proteína total em grãos de milho.

Aminoácidos	Valores dos coeficientes de determinação
Lys	- 0,904**
Thr	- 0,721**
Cys	- 0,556*
Leu	0,328
Val	- 0,546
Arg	- 0,822**
Asp	- 0,824**
Gly	- 0,902**
Ser	0,352

Fonte: Keeney (1970), citado por Vasconcellos (1989)
* = significativo a 5%. ** = significativo a 1%.

Tabela 8 - Relação entre NH₄/NO₃ e o teor de aminoácidos (N/ml) presentes no xilema do milho.

	EE	PB	CHO	SQ	DS	IAA	DR
PB	0,16/SI						
CHO	0,58/0,48	-0,35/-0,44					
SQ	-0,16/SI	-0,42/-0,42	SI/SI				
DS	0,54/0,48	0,39/0,33	SI/-0,17	-0,15/ SI			
IAA	SI/-0,34	-0,29/-0,18	0,21/SI	SI/-0,14	-0,30/-0,48		
DR	0,46/0,44	0,64/0,41	SI/-0,15	-0,23/-0,19	0,81/0,72	-0,32/ -0,41	
P1000	-0,36/SI	SI/SI	-0,31/ SI	SI/SI	-0,16/SI	SI/ -0,26	SI/SI

Fonte: Murphy & Lewis (1987), citado por Vasconcellos (1989).
Asp = ácido aspártico; Glu = ácido glutâmico; Lys = lisina.

Tabela 9 - Porcentagem de óleo no grão milho de diferentes genótipos (em base seca) produzidos em 5 ambientes com temperaturas diferentes.

Genótipo	Temperatura (oC dia/oC noite)				Não controlada
	18/14	22/18	26/22	30/26	
Pa36	2,28	2,54	2,38	1,92	2,38
GE 82	2,61	2,22	3,66	3,01	4,13
70-242-5	5,05	5,19	5,58	4,00	5,31
Gasp-flint	5,30	5,36	5,17	4,92	4,01
Média	3,93	3,83	4,20	3,46	3,96

Fonte: Thompson et al. (1973).

Weller et al. (1989) avaliaram o efeito da umidade à colheita no conteúdo de óleo no germe de grãos. Para umidade de 29,6, 21,9 e 17,2%, os teores de óleo do germe foram de 43,3%; 46,2% e 46,5%,

respectivamente. Pode ser observado que os grãos colhidos com menores valores de umidade apresentaram maiores teores de óleo no germe.

Em outro estudo realizado em Purdue, por Maier & Watkins (1998), grãos de milho alto óleo foram secos a diferentes temperaturas (100°F, 140°F, 180°F e 220°F) e fornecidos a patos com a finalidade de analisar os teores de nitrogênio, matéria seca e energia nas fezes, não sendo verificada correlação entre temperatura de secagem e os três parâmetros mencionados.

Vilela (1988), citado por Santos & Mantovani (1997), coletou amostras de milho durante um ano, em intervalos de 4 meses, em diferentes regiões no estado de Minas Gerais. O autor constatou que os teores de carboidratos solúveis decresceram de 73,30% para 29,25% no decorrer de 12 meses de armazenamento e que este resultado foi explicado pela provável preferência dos insetos pelo endosperma do grão que é rico em amido.

Maier & Reising (1999) avaliaram 299 amostras de milho provenientes de diferentes distritos do estado de Indiana, nos Estados Unidos. As médias de proteína bruta, óleo e amido variaram para os diferentes anos de plantio e para os diferentes distritos.

Earle (1977) analisou dados dos teores de proteína bruta e óleo de milho norte-americano dos anos de 1907 a 1972. Constatou-se que nas épocas de maior produtividade houve um decréscimo dos teores de proteína bruta dos grãos de milho. Porém, isso não se observou nas épocas em que houve maior uso de fertilizantes.

INFESTAÇÃO POR INSETOS

Souza et al. (2000) avaliaram a composição química do milho com diferentes níveis de ataque por insetos (infestação por *Sitophilus zeamais*). Nas fases iniciais da infestação ocorreu uma redução do teor de extrato não nitrogenado pelo fato do caruncho consumir preferencialmente o endosperma, rico em amido. Nos níveis mais elevados de infestação, os insetos atacaram também o embrião. Neste estágio, os teores de proteína bruta e óleo foram reduzidos. Em relação à fibra bruta, pode ser observado na Tabela 10, efeito linear positivo à da infestação pelo caruncho sobre esta característica.

Tabela 10 - Composição química do milho em diferentes níveis de carunchamento.

Nível	Umidade%	PB%	FB%	EE%	ENN%	EB kcal/kg
5	12,57	8,37	1,82	3,42	71,88	3.945
10	12,48	9,25	1,80	3,50	71,07	3.965
15	12,52	9,36	1,83	3,48	70,88	3.951
20	12,36	9,88	1,82	3,60	70,45	3.970
25	12,67	9,70	1,85	3,62	70,29	3.943
30	12,50	9,54	1,89	3,57	70,58	3.893
35	12,12	9,22	2,02	3,77	70,93	3.893
40	11,97	9,12	2,13	3,68	71,10	3.900
45	11,82	9,20	2,22	3,45	71,39	3.888
50	11,90	8,92	2,20	3,40	71,54	3.874
100	11,83	8,45	2,24	3,30	72,08	3.891

Fonte: Souza et al. (2000).

PB = proteína bruta; FB = fibra bruta; EE = extrato etéreo; ENN = extrativo não nitrogenado; EB = energia bruta.

Em outro estudo sobre os efeitos do caruncho na qualidade do milho, Castro et al. (1983), citado por Rostagno (1993), constatou queda de 0,22% para 0,18% no teor de metionina do grão quando houve contami-

nação por caruncho. Rostagno (1993) também citou que Tafuri et al. (1987) que observaram variações nos teores de nutrientes do milho opaco-2 estocado por um ano e infectado pelo caruncho (Tabela 11).

Tabela 11 - Composição do milho opaco-2 com e sem o ataque de carunchos.

Nutrientes, em base seca	Normal	Carunchado
PB%	9,75	10,26
EE%	4,60	4,60
FB%	3,33	1,67
EB kcal/kg	4.577	4.682
Met%	0,138	0,078
Cys%	0,126	0,156
Lys%	0,367	0,401
Aminoácidos Totais%	9,94	8,93

Fonte: Tafuri et al. (1987), citado por Rostagno (1993).

PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FB = fibra bruta; EB = energia bruta; Met = metionina; Cys = cistina; Lys = lisina.

Correlações entre os nutrientes do milho

Dorsey-Redding et al. (1991) coletaram 378 amostras de híbridos de milho por dois anos (1987 e 1988). Foram avaliadas as correlações existentes entre os parâmetros proteína bruta, óleo, amido, susceptibilidade à quebra, densidade, índice de absorção de água, dureza e peso de 1000 grãos. Conforme pode ser observado na Tabela 12, amido e óleo obtiveram correlação positiva e maior que 0,50.

Tabela 12- Coeficientes de correlação de parâmetros químicos e físicos de milho produzidos nos anos de 1987 e 1988, respectivamente.

	EE	PB	CHO	SQ	DS	IAA	DR
PB	0,16/SI						
CHO	0,58/0,48	-0,35/-0,41					
SQ	-0,16/SI	-0,42/-0,42	SI/SI				
DS	0,54/0,48	0,39/0,33	SI/-0,17	-0,15/ SI			
IAA	SI/-0,34	-0,29/-0,18	0,21/SI	SI/-0,14	-0,30/-0,48		
DR	0,46/0,44	0,54/0,41	SI/-0,15	-0,23/-0,19	0,81/0,72	-0,32/ -0,41	
P1000	-0,36/SI	SI/SI	-0,31/ SI	SI/SI	-0,16/SI	SI/ -0,26	SI/SI

Fonte: Dorsey-Redding et al. (1991).

Valores de análise química ajustados para 84,5% de matéria seca.

EE = Extrato Etéreo (óleo), PB = proteína bruta, CHO = carboidratos, SQ = susceptibilidade à quebra, DS = densidade, IAA = índice de absorção de água, DR = dureza, SI = sem informação.

Parsons et al. (1998), avaliando a digestibilidade de aminoácidos em partidas de milho com diferentes teores de óleo (3,8%; 5,2%; 6,0%; 8,6%) em galos cecotomizados, observaram que as amostras com maiores teores de óleo (6,0% e 8,6%) apresentaram maior digestibilidade verdadeira para ácido aspártico, treonina, serina, glicina, prolina, alanina, valina, leucina, arginina, cistina e isoleucina. Na média, as amostras com maiores teores de óleo obtiveram uma diferença positiva de 10% para os valores de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos. No mesmo experimento verificou-se que a disponibilidade de lisina e energia metabolizável verdadeira foram maiores na amostra com maior teor de óleo. Ao analisar os dados das análises bromatológicas das amostras de milho utilizadas, os autores verificaram que os teores de proteína

bruta não se correlacionaram com os teores de óleo. Entretanto, os teores de lisina aumentaram (2,78%; 3,03%; 3,05%; 3,48%), conforme aumentou-se os teores de ólec. Com estes resultados, os autores sugeriram a possibilidade de a proteína do germe apresentar melhor digestibilidade para aves. Também se deduziu ser possível que o maior teor de óleo nas amostras contribuíram para a maior disponibilidade dos aminoácidos.

Em pesquisa realizada na Embrapa Suínos e Aves (Lima et al., 2005; Passos et al., 2005), foram coletadas 1021 amostras de milho (Tabela 13), em diferentes regiões do Brasil, no ano de 1999. Estas amostras foram individualmente homogeneizadas e analisadas quanto aos teores de matéria seca, proteína bruta e óleo por meio de espectroscopia de reflectância do infravermelho próximo. Com base nestes resultados, as amostras foram classificadas por ordem de teor de extrato etéreo e 80 amostras foram selecionadas de maneira a representar toda a população original. Das 1021 análises de espectrofotometria acima foram selecionadas 80 para análises químicas para óleo, proteína bruta, fibra bruta, cinza e matéria seca, de acordo com metodologias recomendadas pela AOAC (1995). Também foram realizadas análises de aminoácidos pela hidrólise seguida de leitura por cromatografia líquida. A partir dos resultados obtidos, verificou-se que a grande maioria dos valores de correlação entre os nutrientes analisados foram baixos (Tabela 14).

Tabela 13. Análise de espectrofotometria de reflectância de infra vermelho próximo das 1021 amostras de milho coletadas pela Embrapa Suínos e Aves.

	Média	DP	Valor mínimo	Valor máximo
MS, %	85,877	1,877	69,770	93,540
PB em base seca, %	10,534	1,328	6,591	15,886
EE em base seca, %	4,402	0,782	2,000	6,660

Fonte: Adapatado de Lima et al., 2005; Passos et al., 2005.
DP = desvio padrão; MS = matéria seca; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo.

Tabela 14. Valores de correlações de Pearson entre parâmetros analisados de amostras de milho coletadas pela Embrapa Suínos e Aves.

	PB	EE	FB	Lys	Met	Thr	Trp	Val
PB		0,40	0,08	0,05	0,51	0,43	-0,31	0,60
EE	0,40		-0,09	-0,06	0,09	0,09	-0,02	0,26
FB	0,08	-0,09		0,03	0,05	-0,12	-0,20	0,10
Lys	0,05	-0,06	0,03		0,17	0,33	-0,13	0,62
Met	0,51	0,09	0,05	0,17		0,33	-0,04	0,47
Thr	0,43	0,09	-0,12	0,34	0,33		-0,14	0,55
Trp	-0,31	-0,02	-0,20	-0,13	-0,04	-0,14		-0,06
Val	0,60	0,26	0,10	0,62	0,47	0,55	-0,06	

PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FB = fibra bruta; Lys = lisina; Met = metionina; Thr = treonina; Trp = triptofano; Val = valina.

Formulando dietas para suínos com base na variabilidade da composição nutricional do milho.

Com base na composição química das 80 amostras analisadas, Passos et al. (2005) formularam dietas para suínos das fases de 7 a 17 kg (pré-inicial), 17 a 30 kg (inicial), 30 a 70 kg (crescimento), 70 a 100 kg de peso vivo (terminação), gestação e lactação. As formulações foram feitas para atender os níveis de energia metabolizável (EM) e os aminoácidos digestíveis lisina, metionina, treonina e triptofano. Para a

dieta de gestação formulou-se também para fibra bruta. Das 80 partidas de milho, doze foram descartadas durante a análise estatística por serem consideradas amostras discrepantes, ou seja, fora do padrão. No cálculo dos valores de EM do milho, tomou-se como base o trabalho de Lima et al. (2001), no qual cada acréscimo de 1% de óleo na composição média do milho houve um aumento de cerca de 50kcal de energia metabolizável/kg. Os preços dos ingredientes foram aqueles praticados em 18 de agosto de 2003, para o estado de Santa Catarina. Na Tabela 15 são apresentados os modelos matemáticos que explicavam o custo das dietas para cada uma das fases estudadas em função da composição nutricional do milho.

Tabela 15 – Modelos obtidos dos preços das dietas para suínos a partir dos valores nutricionais de diferentes partidas de milho.

Modelo	R ²	Pr > F
lactação = 0,16953 – 0,04409×Trp – 0,01992×Lys – 0,00195×Thr – 0,00432×EE	0,9866	<0,0001
gestação = 0,20364 – 0,00214×FB – 0,00280×FB ² * – 0,00383×Lys – 0,00400×EE	0,9987	<0,0001
terminação = 0,15746 – 0,03286×Trp – 0,01594×Lys – 0,00304×Thr – 0,00318×Val – 0,00409×EE	0,9771	<0,0001
crescimento = 0,17354 – 0,01296×Trp – 0,01438×Lys – 0,00557×Thr – 0,00433×Val – 0,00387×EE	0,9717	<0,0001
inicial = 0,20744 – 0,02471×Trp – 0,01367×Lys – 0,00328×Thr – 0,00365×EE* – 0,00253×Val	0,9775	<0,0001
pre-inicial = 0,56609 – 0,01271×Trp – 0,01041×Lys – 0,00346×Thr – 0,00307×Val – 0,00289×EE	0,9753	<0,0001

Trp = triptofano digestível; Lys = lisina digestível; Thr = treonina digestível; Val = valina digestível; EE = extrato etéreo; FB = fibra bruta.

O teor de proteína bruta não influenciou nos preços das dietas. As fórmulas foram balanceadas para atender as exigências de aminoácidos digestíveis e, estes sim, influenciaram o custo da dieta. O teor de óleo dos grãos foi o parâmetro que mais influência teve nos preços das dietas (87% do coeficiente de determinação dos modelos), exceto na fase de gestação onde o componente quadrático da fibra bruta foi o parâmetro de maior influência. Assim, à medida que a concentração de óleo dos grãos aumentou ocorreu redução dos preços finais das dietas. Este fato demonstra a importância dos valores de óleo do milho nos preços das dietas. A variação obtida do maior para o menor valor da ração para uma produção de 25 leitões terminados por matriz ao ano a diferença entre o maior custo (R\$ 153,75) e o menor custo (R\$ 139,92) foi de R\$ 13,83 por animal.

A variabilidade na composição nutricional do milho é importante no custo das dietas de frangos de corte?

Assim como no estudo anterior (Passos et al., 2005), foi utilizada a composição química das 80 amostras de milho, analisadas bromatologicamente, para se estimar a influência sobre o custo das dietas de frangos de corte (Lima et al., 2005). Nove amostras foram descartadas por serem identificadas como dados discrepantes. As médias e respectivas medidas de dispersão das amostras envolvidas na pesquisa são apresentadas na Tabela 16. Para cálculo dos valores de EM do milho adotou-se também que a variação de 1% de

óleo no teor médio de óleo era equivalente a 50kcal de energia metabolizável/kg. Os preços dos ingredientes foram aqueles praticados em 2 de fevereiro de 2005, para o estado de São Paulo.

Na Tabela 17 são apresentados os modelos matemáticos que explicavam o custo das dietas para cada uma das fases estudadas em função da composição nutricional do milho.

Tabela 16. Médias e respectivas medidas de dispersão das análises químicas e estimativas de energia metabolizável e digestibilidade de aminoácidos de amostras de milho.

Variável	N	Média	Valor mínimo	Valor máximo	Erro padrão	Coefficiente de variação, %
Matéria seca, %	71	89,390	86,000	91,240	0,097	0,91
Proteína bruta, %	71	10,499	7,705	13,065	0,180	14,48
Extrato etéreo, %	71	4,381	2,875	5,850	0,078	15,00
Fibra bruta, %	71	2,703	1,881	4,351	0,057	17,81
Cinza, %	71	1,381	1,150	1,660	0,013	8,22
Energia metabolizável 1, kcal/kg	71	3297	3229	3362	3	0,89
Metionina, %	71	0,445	0,321	0,720	0,009	17,07
Metionina digestível 2, %	71	0,402	0,290	0,650	0,008	17,06
Lisina, %	71	0,286	0,190	0,390	0,005	13,44
Lisina digestível, %	71	0,231	0,153	0,315	0,004	13,43
Treonina, %	71	0,584	0,390	0,940	0,014	19,89
Treonina digestível, %	71	0,487	0,325	0,783	0,011	19,90
Triptofano, %	71	0,095	0,072	0,145	0,002	18,79
Triptofano digestível, %	71	0,075	0,057	0,115	0,002	18,69
Custo ração fase inicial, R\$/kg	71	0,478	0,471	0,486	0,000	0,77
Custo ração fase crescimento, R\$/kg	71	0,449	0,440	0,458	0,000	0,92
Custo ração fase final, R\$/kg	71	0,425	0,416	0,434	0,001	0,98

¹ Valores calculados assumindo-se que 1% de óleo acima da média corresponde ao incremento de 50kcal de energia metabolizável.

² Valores de digestibilidade calculados a partir das análises químicas realizadas por cromatografia líquida e dos coeficientes obtidos com frangos de corte, segundo Degussa – AminDat 2.0.

Tabela 17. Modelos obtidos dos preços das dietas para frangos de corte a partir dos valores nutricionais de diferentes partidas de milho.

Modelo	R ²	Pr > F
inicial = 0,51367 – 0,05048×Lys – 0,00008971×PB – 0,00521×EE	0,9898	<0,0001
crescimento = 0,48807 – 0,05531×Lys – 0,00596×EE	0,9862	<0,0001
final = 0,45998 – 0,05380×Lys – 0,00450×Met – 0,00334×EE – 0,00029801×EE ²	0,9838	<0,0001

Lys = lisina digestível; PB = Proteína bruta; EE = extrato etéreo; Met = metionina digestível.

O teor de óleo do milho foi o parâmetro que mais influenciou os preços das dietas de frangos de corte, respondendo sozinho, por mais de 80% do coeficiente de determinação dos modelos estimados. Semelhante ao verificado com suínos, à medida que o teor de óleo dos grãos aumentou ocorreu redução dos preços das dietas inicial, crescimento e final, demonstrando a grande importância deste parâmetro para o custo de produção de frangos de corte. O teor de proteína bruta do milho foi importante apenas no custo das dietas iniciais, não tendo influência sobre as outras dietas. No estudo mais aprofundado desta resposta, verificou-se que 75% do valor da proteína bruta foi explicado pelos aminoácidos digestíveis leucina, lisina, valina, triptofano e metionina.

Conclusões

A composição química do milho é afetada por diversos fatores, muitos dos quais são de difícil controle.

A variabilidade dos valores de composição química do milho não podem ser desprezadas pelo nutricionista. No caso de formulação de dietas para frangos de corte e suínos, mais de 80% da variabilidade no custo das dietas em função da composição do milho foi atribuída, exclusivamente, ao teor de óleo. Portanto, analisar o teor de óleo no grão é o parâmetro mais importante a ser considerado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Association Of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of AOAC international 16th ed., Arlington, 1995. 2 v.
- BELLAVER C.; LIMA G. J. M. M. De. Milhos de qualidade superior na alimentação de suínos e aves. In: Workshop Sobre Qualidade Do Milho, 1997. Dourados. MS. Anais. Dourados: EMBRAPA – CPAO, 1998. 78p.
- CLONINGER F. D.; HORROCKS K. D.; ZUBER M. S. Effects of harvest date, plant density and hybrid on corn grain quality. *Agronomy Journal*, v.67, set-out. 1975.
- DORSEY-REDDING C.; HURBURGH JR C.R.; JOHNSON L.A.; FOX S.R. Relationship among maize quality factors. *Cereal Chemistry*, Northfield, v.68. n.6, p. 602-605. 1991.
- EARLE F. R. Protein and oil in corn: variation by crop years from 1907 to 1972. *Cereal Chemistry*, Northfield, v. 54, n.1, p 70-79. 1977.
- HURBURGH C. R. JR. Corn Quality Patterns in U. S. Markets. *Applied Engineering in Agriculture*, Saint Joseph, vol. 10 (4), p.515 - 521. 1994.
- LIMA G. J. M. M. DE; NONES K.; KLEIN C. H.; BELLAVER C.; ZANOTTO D. L.; BRUM P. A. R. DE; PEREIRA L. R. Composição química de híbridos comerciais testados na safra 1999/2000. In: Reunião Técnica Anual Do Milho, 45, 2000. Pelotas. Anais... Pelotas: EMBRAPA, 2000. p. 81 – 92.
- LIMA G. J. M. M. DE; PASSOS A. A.; COLDEBELLA A.; BARIONI JR W.; SECHINATO ALEXANDRE S. Influência da variabilidade na composição nutricional do milho sobre o custo de dietas para frangos de corte. No prelo. 2005.
- LIMA G. J. M. M. DE; VIOLA E. A.; NONES K.; BARTELS H.; KLEIN C. H.; GUIMARÃES A. C.S. Composição em nutrientes de alguns híbridos comerciais de milho produzidos no Rio Grande do Sul na safra 1998/1999. In: Reunião Técnica Anual Do Milho, 45, 2000. Pelotas. Anais... Pelotas: EMBRAPA, 2000. p. 81 – 92.
- LIMA G. J. M. M. DE; SCHIMIDT A.; KLEIN C. H.; NONES K.; KLAUS P. S.; BELLAVER C. Composição química de híbridos comerciais de milho na safra de 1999/2000. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, Campinas, Suppl. 3, p. 42. 2001.

- MAIER D. E.; BRIGGS J. L. High oil corn composition. Grain Quality Task Force, West Lafayette, n.33, mar, 1997. Disponível em: <http://www.agcom.purdue.edu/agcom/pubs/grain.htm>. Acesso em: 26 jun.2003.
- MAIER D. E.; REISING J. 1999 Indiana corn composition data. Grain Quality Task Force, West Lafayette, n.43, jan, 2000. Disponível em <http://www.agcom.purdue.edu/agcom/pubs/grain.htm>. Acesso em: 26 jun.2003.
- MAIER D. E.; WATKINS A. E. Drying of high oil corn for quality. Grain Quality Task Force. West Lafayette, n.35, set. 1998. Disponível em: <http://www.agcom.purdue.edu/agcom/pubs/grain.htm>. Acesso em: 26 jun.2003.
- NELSON O.E. Genetic control of polysaccharide and storage protein synthesis in the endosperms of barley, maize, and sorghum. In: Pomeroy, Y. Advances in cereal science and technology, Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1980. p. 41 – 71.
- PARENTONI S.N.; MAGNAVACA R.; PAIVA E. Perspectiva de utilização de milhos de alta qualidade proteica no Brasil. Sete Lagoas: EMBRAPA / CNPMS, 1989. 34p.
- PARSONS C.M.; ZHANG Y.; ARABA M. Availability of amino acids in high-oil corn. Poultry Science, Urbana. v.77, n.7., p. 1016-1019. 1998.
- PASSOS A. A.; BARIONI JR W.; COLDEBELLA A.; LIMA G. J. M. M. O efeito da variabilidade da composição nutricional do milho no custo de produção de suínos. No prelo. 2005.
- ROSTAGNO H. S. Disponibilidade de nutrientes em grãos de má qualidade. In: Conferência Apinco De Ciência E Tecnologia Avícola. 1993. Santos. Anais... Campinas. FAPTA. 1993. p.129-139.
- SANTOS J.P.; MANTOVANI, E.C. Perdas de grãos na cultura do milho; pré-colheita, colheita, transporte e armazenamento. EMBRAPA – CNPMS, Circular Técnica. N.24, 40 p. 1997.
- SCHMIDT A.; LIMA G. J. M.M. DE; NONES, K.; KLEIN, C. H.; KLAUS, P.S.; BRUM, P. A. R. de. Avaliação bromatológica de híbridos comerciais de milho produzidos no Paraná na safra de 2000. Revista Brasileira de Ciência Avícola, Campinas, supl. 3, p. 47. 2001.
- SOUZA A.V.C.DE; SANTOS J. P.DOS; LOPES D. C.; REGINATO G.; PINHAL J. P.J.; TEIXEIRA A.O.; FONTES D.O.; VIEITES F. M. Composição química do milho em diferentes níveis de carunchamento. In: Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia, 37, 2000. Viçosa. Anais...Viçosa. UFV, 2000, p. 1-3.
- THOMPSON D.L.; JELLUM M.D.; YOUNG C.T. Effect of controlled temperature environments on oil content and on fatty acid composition of corn oil. Journal of the American Oil Chemists Society, Champaign, vol 50, n.20, p 540-542. 1973.
- VASCONCELLOS C. A. Importância da adubação na qualidade do milho e do sorgo. In: Simpósio Sobre Adubação E Qualidade Dos Produtos Agrícolas, 1, 1989. Ilha Solteira, SP: Anais...Ilha Solteira - FEIS / UNESP / ANDA / POTAFOS, 1989, p. 319 – 330.
- WELLER C. L.; POULSEN M. R.; Steinberg M. P. Correlation of starch recovery with assort quality factors of four corn hybrids. Cereal Chemistry, Northfield, vol. 65, n.5, p 392-397. 1989.