

# Valores energéticos e coeficientes de metabolizabilidade de grãos de milho com diferentes densidades específicas

## Energy values and metabolizability coefficients of maize kernels with different specific gravities

Lucas Ferreira Batista<sup>1</sup> , Eduardo de Faria Viana<sup>2</sup> , Emmanuel Arnhold<sup>1</sup> , Marcos Barcellos Café<sup>1</sup> , Carla Daniela Suguimoto Leite<sup>1\*</sup> , José Henrique Stringhini<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Goiás, Brasil

<sup>2</sup>Instituto Federal Goiano (IFGoiano), Urutaí, Goiás, Brasil

\*Autor correspondente: [carlaleite@ufg.br](mailto:carlaleite@ufg.br)

### Resumo

Objetivou-se avaliar a influência da densidade do grão de milho sobre características físico-químicas, valores energéticos e de metabolizabilidade aparente. Avaliou-se a correlação entre a densidade específica ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) e os parâmetros: proteína bruta (%); extrato etéreo (%); fibra bruta (%); energia bruta (%); presença de fumonisinas (ppb) e aflatoxinas (ppb); umidade (%); grãos bons, quebrados, chochos, carunchados e ardidos, em Percentagem. Um ensaio de metabolismo com dietas contendo diferentes densidades específicas do grão de milho, para frango de corte, no período de 14 a 21 dias de idade, foi conduzido para avaliar a energia metabolizável aparente (EMA) e a corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), os coeficientes de metabolizabilidade: matéria seca (CM\_MS), proteína bruta (CM\_PB), extrato etéreo (CM\_EE), cálcio (CM\_Ca) e fósforo (CM\_P). O experimento foi composto por cinco tratamentos (dieta referência e dietas substituindo 40% desta com milhos de densidades específicas:  $740 \text{ kg}/\text{m}^3$ ,  $760 \text{ kg}/\text{m}^3$ ,  $780 \text{ kg}/\text{m}^3$  e  $800 \text{ kg}/\text{m}^3$ ), com oito repetições, totalizando 400 frangos machos. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-knott e estimada as equações de regressão nas diferentes densidades específicas das frações de milho. As correlações entre a densidade específica e grãos bons e quebrados foram de moderada magnitude e com os parâmetros químicos foram de baixa magnitude. Com o aumento da densidade específica para EMA e EMAn na matéria natural obteve-se resposta linear decrescente, enquanto na matéria seca, foi quadrático. Para CMMS, CMPB, CMCA e CMP a densidade de  $780 \text{ kg}/\text{m}^3$  apresentou os menores valores, enquanto para CM\_EE, o menor valor foi para a menor densidade específica. Não foi possível determinar a fração de milho com melhor composição nutricional e melhores coeficientes de metabolizabilidade.

**Palavras-chave:** análise bromatológica; correlação; energia metabolizável aparente; regressão

### Abstract

The aim of this study was to examine the influence of the specific gravity of maize kernels on physicochemical traits, energy values, and metabolizability coefficients. Pearson's correlations were evaluated between specific gravity ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) and crude protein (%); ether extract (%); crude fiber (%); gross energy (%); presence of fumonisins (ppb) and aflatoxins (ppb); and kernel quality (good, rotten, weevil-damaged, broken, and shriveled kernels, %). A metabolism trial was conducted with diets containing maize fractions of different specific gravities for male broilers from 14 to 21 days of age. Apparent metabolizable energy (AME), nitrogen-corrected AME (AMEn), and the metabolizability coefficients of dry matter ( $\text{MC}_{\text{DM}}$ ), crude protein ( $\text{MC}_{\text{CP}}$ ), ether extract ( $\text{MC}_{\text{EE}}$ ), calcium ( $\text{MC}_{\text{Ca}}$ ), and phosphorus ( $\text{MC}_{\text{P}}$ ) were evaluated. The experiment consisted of five treatments (reference diet and diets with 40% replaced with maize at five specific gravities ( $740$ ,  $740$ ,  $760$ , or  $800 \text{ kg}/\text{m}^3$ ). Eight replications were used, totaling 400 broilers chickens. The Scott-Knott test was applied and regression equations were fitted to compare the treatments. Specific gravity had moderate correlations with good and broken kernels and low-magnitude correlations with chemical parameters. Increasing specific gravities caused AME and AMEn to increase linearly when analyzed on an as-is basis; and to respond quadratically when expressed on a dry-matter basis. The specific gravity of  $780 \text{ kg}/\text{m}^3$  provided the lowest  $\text{MC}_{\text{DM}}$ ,  $\text{MC}_{\text{CP}}$ ,  $\text{MC}_{\text{Ca}}$ , and  $\text{MC}_{\text{P}}$  values, whereas the lowest  $\text{MC}_{\text{EE}}$  was found at the lowest density. It was not possible to determine the best nutritional composition or the best metabolizability coefficients.

**Keywords:** apparent metabolizable energy; chemical analysis; correlation; regression.

## 1. Introdução

O milho é o cereal mais produzido no mundo e participa em grande potencial nas rações animais na maioria dos países, podendo representar entre 50 a 80% da composição alimentar das rações animais. Nutricionalmente, o milho fornece, em média, 65% da energia metabolizável e

20% da proteína nas dietas de frango de corte <sup>(1)</sup>. Dada a importância deste grão nos diversos sistemas de produção animal, a qualidade do milho deve ser conhecida e definida pelas indústrias de acordo com a finalidade de sua utilização <sup>(2)</sup>. Existe grande variabilidade de fatores que afetam a qualidade do milho, que pode variar conforme a cultivar do milho, além das diversas condições climáticas, de fertilidade

Recebido: 18 de outubro de 2022. Aceito: 14 de março de 2023. Publicado: 25 de abril de 2023.



Este é um artigo de Acesso Aberto distribuído sob os termos da Creative Commons Attribution License, que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.

<https://revistas.ufg.br/vet/index>

do solo e dos processos envolvidos, desde o plantio até a colheita, transporte e armazenamento <sup>(2,3)</sup>. A qualidade do grão de milho pode ser avaliada considerando suas características físicas, químicas e nutricionais. Em termos produtivos, a qualidade dos grãos está relacionada à sua integridade, como a presença de trincas, fissuras impurezas, micotoxinas, além dos teores de umidade, grãos ardidos e a densidade específica <sup>(2)</sup>. Estas variáveis podem implicar em alterações nas características nutricionais, e energéticas as quais impactam na formulação da dieta e conseqüentemente nos custos de produção, como por exemplo, das rações para frangos de corte <sup>(4)</sup>.

Os valores nutricionais e energéticos dos alimentos podem ser mensurados por métodos diretos e indiretos. Nos métodos diretos são analisadas em laboratório a composição química, com relação ao conteúdo de proteína, de extrato etéreo e de fibra bruta, bem como a presença de contaminantes, como as micotoxina podendo ser determinado por métodos tradicionais por via úmida ou por meio da utilização da espectrometria próxima ao infravermelho (NIRS). Pode ocorrer também a avaliação *in vivo*, por meio de ensaios de metabolismo com animais, pelo qual consegue mensurar a digestibilidade dos alimentos. Estes métodos são precisos, mas demandam tempo e custo de análise <sup>(5,6)</sup>. Já os métodos indiretos utilizam os valores disponíveis em tabelas de composição dos alimentos, como no caso das Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos <sup>(7)</sup>. Com base nestes valores, pode-se melhorar a eficiência nas formulações de rações. No entanto, apesar das atualizações, sabe-se que a composição química e energética de um mesmo ingrediente sofre variações em decorrência de diversos fatores, ligados ao plantio e especialmente em decorrência da seleção e desenvolvimento de novas variedades de milho. Em outros métodos indiretos, pode-se destacar as equações de predição de valores nutricionais e energéticos dos ingredientes <sup>(7,8)</sup>, em que os valores são estimados, auxiliando na precisão das formulações de rações. Estas equações consideram principalmente as características de qualidade físicas e químicas dos grãos, sendo uma importante ferramenta prática para as correções das matrizes nutricionais dos ingredientes utilizados localmente nas fábricas de rações <sup>(9)</sup>.

Uma vez que, na rotina das fábricas de ração, as cargas de milho são recebidas e classificadas primordialmente pelo aspecto visual, visando a avaliação da integridade física do grão e pela medida da densidade, que pode ser realizada pelo peso específico aparente ou pelo peso hectolítrico <sup>(10)</sup>. A densidade pode ser influenciada por fatores como época de plantio, incidência de luz solar ou sombreamento excessivo, temperatura, densidade de plantio, época de colheita, transporte, secagem e armazenamento <sup>(11,12)</sup>. Diversos autores têm buscado melhor compreender a influência da densidade dos grãos em relação ao seu teor energético e nutricional <sup>(8,10,13,14)</sup>. As variações na composição nutricional dos grãos podem impactar o potencial de produção dos frangos, como por exemplo, nos índices de conversão alimentar <sup>(15)</sup>. As metodologias de classificação são baseadas em aspectos físicos do milho, e que não relacionam

a composição química e a digestibilidade do alimento <sup>(1)</sup>. Assim, a avaliação da correlação entre as variáveis químicas e físicas do milho permite mensurar o impacto nutricional dessas medidas, tornando o trabalho dos nutricionistas e gerentes de fábrica de ração mais eficiente.

Com base nessas premissas, objetivou-se com o presente trabalho, correlacionar as variáveis físicas e químicas do milho e assim, avaliar a influência da densidade de diferentes frações de milho, em rações de frango de corte, sobre os valores de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), e os coeficientes de metabolizabilidade: de matéria seca (CM\_MS), da proteína bruta (CM\_PB), do Extrato Etéreo (CM\_EE), do Cálcio (CM\_Ca) e do Fósforo (CM\_P).

## 2. Material e métodos

O ensaio de metabolismo foi conduzido nas instalações do aviário experimental da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás – UFG, Campus Samambaia. O projeto de pesquisa foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Goiás (protocolo Nº 019/16). As amostras de milho foram coletadas em empresa comercial, localizada no Sudeste do estado de Goiás, por três anos, na época da colheita e no período de entressafra. A amostragem foi realizada de acordo com a Instrução Normativa n. 60, de 22 de dezembro de 2011 <sup>(16)</sup>.

As características físicas dos grãos avaliadas foram: teor de umidade (UMD), porcentagens de grãos bons (BOM), de grãos ardidos (ARD), de grãos carunchados (CAR), de grãos chochos (CHO), de grãos quebrados (QUE), impurezas (IMP) e a densidade específica (DEN), em kg/m<sup>3</sup>. As características químicas foram: Extrato Etéreo (EE), Proteína Bruta (PB), Fibra Bruta (FB) e o grau de contaminação por Aflatoxina (AFLA) e Fumonina (FUMO), ambas em partes por bilhão (ppb).

A partir dos dados obtidos foram realizadas as análises de consistências dos dados obtidos, com a remoção de valores inferiores e superiores a três desvios padrões da média. A seguir, foram realizadas análises de correlação de Pearson entre as variáveis físicas e químicas dos grãos de milho para verificar o grau de relacionamento destas variáveis. A classificação dos coeficientes de correlação foi dividida em: perfeita ( $r=1$ ), alta ( $r>0,75$  e  $<0,99$ ), moderada ( $r>0,5$  e  $<0,74$ ), baixa ( $r<0,5$ ) e inexistente ( $r=0$ ). O nível de significância (valor de p) foi considerado como alto para valores de  $p<0,01$ , moderada com valores de  $p<0,05$  e sem significância as correlações com valores de  $p>0,05$ .

As amostras de milho foram cedidas por uma empresa fabricante de ração localizada no estado de Goiás. As amostragens foram obtidas a partir das coletas de rotina realizadas a cada carga a granel recebida, conforme regulamentação em vigor <sup>(16)</sup>, sendo estas amostras classificadas manualmente em quatro tipos, baseando-se pela densidade específica dos grãos de milho (740, 760, 780 e 800

kg/m<sup>3</sup>), sendo estas frações dos grãos caracterizando os tratamentos.

Primeiramente, foram realizadas análises químicas para determinar os valores de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB) e presença de micotoxinas como fumonisinas (ppb) e aflatoxinas (ppb) e as análises físicas: densidade (kg/m<sup>3</sup>), umidade dos grãos, percentagem de grãos quebrados, percentagem de grãos carunchados, percentagem de grãos ardidos, percentagem de grãos chochos e percentagem de grãos bons.

Após realização de análises químicas e físicas, as amostras foram classificadas e separadas, conforme a sua densidade específica (kg/m<sup>3</sup>), em quatro frações de milho: 740 kg/m<sup>3</sup>; 760 kg/m<sup>3</sup>; 780 kg/m<sup>3</sup>; e 800 kg/m<sup>3</sup> e foram armazenadas para serem posteriormente utilizada na produção das rações testes do ensaio de metabolismo, sendo novamente realizadas as análises químicas e físicas dos grãos. As análises de energia bruta das frações de milho utilizadas nas rações testes foram analisadas por meio de bomba calorimétrica padrão, do laboratório de Nutrição Animal, do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária e

Zootecnia da Universidade Federal de Goiás.

O experimento foi composto por cinco tratamentos e oito repetições, utilizando 400 frangos de corte, machos, da linhagem Cobb 500®, com 14 dias de idade, com média de peso vivo inicial esperado de 459 g. Foram considerados três dias de adaptação das aves às dietas e quatro dias de coleta total de excretas, totalizando sete dias de experimento. Os tratamentos avaliados foram originados pelas substituições de 40% da ração-referência (Tabela 1) pelas frações especificadas do milho, conforme metodologia padrão <sup>(17)</sup>, constituindo os seguintes tratamentos:

T1= Dieta referência

T2= 60% dieta referência + 40% de milho densidade 740 kg/m<sup>3</sup>.

T3= 60% dieta referência + 40% de milho densidade 760 kg/m<sup>3</sup>.

T4= 60% dieta referência + 40% de milho densidade 780 kg/m<sup>3</sup>.

T5= 60% dieta referência + 40% de milho densidade 800 kg/m<sup>3</sup>.

**Tabela 1.** Dieta referência utilizada no experimento de metabolismo

Composição Alimentar	Níveis de inclusão	Composição nutricional calculada	Níveis nutricionais
Ingrediente	kg/ton	Energia Metabolizável Aparente	kcal 2900
Milho em grão	632,04	Proteína Bruta	% 19
Farelo de Soja 45%	303,000	Arginina digestível	% 1,157
Óleo de Soja	9,000	Lisina digestível	% 1,000
Fosfato Bicálcico	20,000	Metionina digestível	% 0,433
Calcário fino 39%	11,000	Metionina + Cistina Digestível	% 0,660
Sal	2,900	Triptofano digestível	% 0,200
Ácidos orgânicos e óleos essenciais microencapsulados <sup>1</sup>	2,000	Treonina digestível	% 0,632
Farelo de soja 45%	7,826	Leucina digestível	% 1,345
Bicarbonato de sódio	2,470	Valina digestível	% 0,753
Metionina pó 99%	2,100	Histidina digestível	% 1,103
L-lisina 78%	1,160	Gordura Bruta	% 4,443
L-Treonina 98%	0,045		
Cloreto de colina 60%	1,370	Fibra bruta	% 3,100
Prebiótico <sup>2</sup>	0,400	Cálcio	% 1,000
Probiótico	0,200	Fósforo disponível	% 0,480
Tilosina 25%	0,220		
BHT	0,100		
Adsorvente <sup>3</sup>	1,500		
Premix mineral <sup>4</sup>	1,200		
Premix vitamínico <sup>5</sup>	1,000		
Total (kg)	1,000,000		

<sup>1</sup>Gallinat+; <sup>2</sup>Actigen;<sup>3</sup>glucomanano esterificado;<sup>4</sup>Premix mineral por kg de ração: manganês 90 mg; zinco 75 mg; ferro 60 mg; cobre 9,75 mg; iodo 1,20 mg. <sup>5</sup>Premix Vitamínico por kg ração: selênio 0,30 mg; vitamina A 10.000 UI; vitamina D3 2.500 UI; vitamina E 25 mg; vitamina K3 2 mg; vitamina B1 2,50 mg; vitamina B2 6,50 mg; vitamina B6 3,50 mg; vitamina B12 18 mcg; ácido fólico 1,20 mg; ácido pantotênico 15 mg; niacina 42 mg; biotina 80 mcg, etoxiquin 166 mg.

O ensaio de metabolismo foi realizado em baterias localizadas no aviário experimental do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária e Zootecnia, da Universidade Federal de Goiás. Primeiramente, os pintos foram alojados ao 1 dia de idade, com peso médio de 40 g, em bateria, recebendo dieta comercial padrão para frangos de corte. Aos 14 dias, com o início do ensaio de metabolismo, as aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, em baterias com quatro andares, contendo cinco gaiolas por fileira e oito animais por unidade experimental (gaiola).

Para determinação dos valores de Energia Metabolizável Aparente e Energia Metabolizável Aparente corrigida pelo Balanço de nitrogênio (EMAn) foi utilizado o método de coleta total de excretas<sup>(6)</sup> e os valores de energia metabolizável dos ingredientes foram obtidos utilizando a fórmula e equações-padrão<sup>(17)</sup>, ajustadas com base na retenção de nitrogênio. As coletas de excretas foram realizadas duas vezes ao dia, às 8:00 e às 16:00 horas, em que foram pesadas e armazenadas em embalagens plásticas, mantidas sob refrigeração (-5°C) em todo o período experimental. As rações fornecidas às aves, assim como as suas respectivas sobras, foram pesadas e registradas por gaiola, no início e no final do período experimental.

Ao final das coletas, as amostras foram descongeladas, pesadas e homogeneizadas, sendo retiradas alíquotas referentes a cada unidade experimental e submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada, à 55°C por 72 horas. Após a secagem, as amostras individuais foram pesadas e moídas em moinho “tipo martelo”, com peneiras de 1 mm, para determinação da matéria seca (MS) à 55°C, e divididas três alíquotas para cada unidade experimental.

As análises de Energia Bruta (EB) das amostras de excretas pré-secadas e de ração foram realizadas por meio de bomba calorimétrica adiabática tipo Parr, no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás. As amostras de excretas e ração foram analisadas para níveis de Nitrogênio, Extrato Etéreo, Fibra Bruta, Cálcio, Fósforo e Matéria Seca à 105°C, de acordo com metodologia descrita por Silva e Queiroz<sup>(18)</sup>, no Laboratório Especializado de Nutrição Animal, da empresa Nutron Alimentos (LABTRON), localizado em Campinas, SP.

A partir dos resultados laboratoriais obtidos, foram calculados os valores de energia metabolizável aparente na matéria natural e seca (EMA<sub>MS</sub> e EMA<sub>MN</sub>, respectivamente) e a energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio, na matéria natural e seca (EMAn<sub>MN</sub> e EMAn<sub>MS</sub>, respectivamente), conforme as equações<sup>(17)</sup>:

EMA da (RT) ou (RR) (kcal/kg MS) = (EB ing – EB exc)

/ MS ing (Eq. 1)

EMA (M) (kcal/kg MS) = EMA RR + (EMA RT – EMA RR) / (% de inclusão M/100) (Eq. 2)

EMAn da (RT) ou (RR) (kcal/kg MS) = (EB ing – EB exc) ± 8,22\*BN / MS ing (Eq. 3)

EMAn do ingrediente teste (M) (kcal/kg MS) = EMAn RR + (EMAn RT – EMAn RR) / (% de inclusão do M/100) (Eq. 4)

Em que:

EB ing = Energia Bruta ingerida

EB exc = Energia Bruta excretada

MS ing = Matéria Seca ingerida

BN = Balanço de nitrogênio (N ingerido – N excretado)

M= Milho

RT = Ração teste

RR = Ração referência

Os coeficientes de metabolizabilidade aparente da matéria seca (CM<sub>MS</sub>), coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta (CM<sub>PB</sub>), coeficiente de metabolizabilidade do Extrato Etéreo (CM<sub>EE</sub>), coeficiente de metabolizabilidade do Cálcio (CM<sub>Ca</sub>) e coeficiente de metabolizabilidade do Fósforo (CM<sub>P</sub>) foram obtidos pelo cálculo: CM<sub>(MS)</sub> (%) = (Consumo (MS) – Excreta (MS)) / (Consumo de (MS)), em que CM (MS): coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca. A mesma fórmula foi utilizada para se obter os demais valores de coeficiente de metabolizabilidade, substituindo apenas a variável matéria seca, pelas variáveis como proteína bruta, extrato etéreo, cálcio e fósforo.

As análises de correlação de Pearson foram realizadas entre os parâmetros físicos e químicos de qualidade dos grãos de milho. Para comparar os tratamentos, com base na densidade específica, foi realizado a análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott e estimada os valores da regressão dos milhos separados na diferentes categorias de densidade, e os gráficos, no caso da regressão ser significativa, para as variáveis energia metabolizável aparente, energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio, expressos tanto na base da matéria seca como da matéria natural, e os coeficientes de metabolizabilidade aparente da matéria seca, extrato etéreo, cálcio e fósforo. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software estatístico R<sup>(19)</sup>.

### 3. Resultados e discussão

Para as características físicas e químicas dos grãos, presentes na Tabela 2, observou-se que as amostras coletadas estão dentro do padrão de qualidade

estabelecido pela Normativa 61<sup>(16)</sup> tanto para umidade, abaixo de 14 %, quanto para integridade dos grãos, sendo classificado de um modo geral como Tipo 1.

Ao avaliar a correlação para os parâmetros estudados (Tabela 3), observa-se que, de modo geral, as correlações obtidas entre as características físicas e químicas foram de baixa magnitude (0,19 a 0,4) ou não significativas. Desta forma, é de suma importância avaliar tanto a qualidade física, quanto química dos grãos de milho, a cada carga recebida.

A maior correlação obtida foi para as variáveis de grãos carunchados e presença de fumonisina, com

correlação positiva, de 0,81 ( $P < 0,01$ ), mostrando piora na qualidade com aumento da quantidade de carunchos no milho. Ao avaliar a qualidade de híbridos de milho para frangos, Mallmann et al.<sup>(20)</sup> encontraram correlação entre grãos avariados e micotoxinas de fraca magnitude. A importância de avaliar as micotoxinas, além da ação de toxicidade em aves que podem resultar em acometimento de lesões hepáticas e no aparelho locomotor das aves<sup>(21)</sup>, está no direcionamento da ração produzida conforme a intensidade da presença de Aflatoxina e Fumonisina, com a necessidade da inclusão de aditivos adsorventes, impactando no custo da ração<sup>20</sup>.

**Tabela 2.** Valores de média, mínimo, máximo e desvio padrão das variáveis físico-químicas das amostras de grãos de milho utilizadas para a análise de correlação

	Nº amostras	Média	Máximo	Mínimo	DP	CV (%)
Umidade	854	12,55	14,5	9,40	1,16	9,24
Grãos Bons (%)	664	96,44	98,76	93,34	1,06	1,09
Grãos Ardidos (%)	810	1,34	2,63	0,24	0,56	4,15
Grãos carunchados (%)	670	0,45	1,21	0,10	0,3	68,67
Grãos chochos (%)	563	0,43	0,68	0,06	0,12	54,07
Grãos quebrados (%)	805	1,63	4,14	0,32	0,69	42,15
Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	790	738,80	794,20	700,20	26,59	3,37
Extrato etéreo	839	3,79	4,4	3,34	0,25	6,78
Proteína Bruta	664	7,41	8,14	6,94	0,34	4,7
Fibra bruta	823	1,73	2,09	1,40	0,13	7,85
Aflatoxinas (ppb)	103	2,49	4,00	2,00	0,74	29,69
Fumonisinias(ppb)	320	1845	5800	0,45	2040	110,5

**Tabela 3.** Correlação de Pearson entre as variáveis físicas e químicas dos grãos de milho

	UMID	FB	PB	BOM	ARD	CAR	CHO	QUE	DENS	AFLA	FUMO
EE	0 <sup>ns</sup>	-0,2**	0,36**	-0,11**	-0,12**	0,33 <sup>ns</sup>	0 <sup>ns</sup>	0,19**	-0,15**	0,11 <sup>ns</sup>	0,36**
UMID		0,05 <sup>ns</sup>	-0,21**	-0,22**	0,02 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,32**	-0,76**	-0,3**	-0,40**
FB			-0,13**	0,05 <sup>ns</sup>	0 <sup>ns</sup>	-0,41*	-0,03 <sup>ns</sup>	-0,04 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	-0,26**	-0,27*
PB				0,07 <sup>ns</sup>	-0,23**	0,20 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,63*
BOM					-0,40**	-0,13 <sup>ns</sup>	-0,38**	-0,70**	0,33**	-0,06 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
ARD						-0,30 <sup>ns</sup>	0,29**	0 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
CAR							0,33 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	-0,09 <sup>ns</sup>	-0,16 <sup>ns</sup>	0,81**
CHO								0,20**	-0,07 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>
QUEB									-0,41**	0,02 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>
DENS										0,28**	0,43**
AFLA											0,26**

\*\*P<0,01, \*P<0,05, ns: não significativo. UMID: Umidade, FB: Fibra bruta, PB: proteína bruta, BONS: Grãos bons, ARD: grãos ardidos, CAR: grãos carunchados, CHO: grãos chochos, QUEB: grãos quebrados, DENS: densidade kg/cm<sup>3</sup>, todas em %; AFLA: aflatoxina e FUMO: fumonisina, em ppb.

A presença de fumonisinas pode afetar moderadamente a quantidade de proteína bruta ( $r = 0,63$ ;  $p < 0,001$ ) e a densidade do grão ( $r = 0,43$ ;  $p < 0,001$ ) resultado da perda de peso e redução da proporção peso/volume, com consequente aumento do teor proteico dos grãos de milho<sup>(22)</sup>. A presença de Aflatoxinas (ppb) obteve baixas correlações ( $p < 0,01$ ) com densidade (0,28) e umidade (-0,30). No trabalho de HESS et al.<sup>(23)</sup>, os autores também verificaram que os grãos inteiros ou quebrados de mais baixa densidade impactaram no valor nutricional e energético dos ingredientes. Os autores reiteraram que 74% das amostras foram positivas para Fumonisinias, o que mostra o potencial de prejuízo que pode estar associado a grãos de baixa qualidade.

A variáveis densidade e umidade apresentaram correlação antagônica, de alta magnitude ( $r = -0,76$ ,  $p < 0,01$ ). Stringhini et al.<sup>(19)</sup> e Lopes et al.<sup>(20)</sup> verificaram que para cargas com armazenamento superior a 60 dias, aliado a alta temperatura e umidade relativa do ar, pode ocorrer a proliferação de fungos, consumo de nutrientes na massa de grãos e consequente redução na sua densidade.

Correlacionando-se a densidade com as características físicas também se obteve correlações baixas com os grãos bons e grãos quebrados, de 0,33, -0,41, respectivamente ( $p < 0,01$ ). De modo geral, grãos com maior densidade específica apresentam melhor qualidade<sup>(10)</sup>. A correlação de densidade com a variável

extrato etéreo foi baixa e negativa (-0,15) o que está similar ao reportado por Silva et al. <sup>(14)</sup> que a avaliação da densidade do milho não levou a variações importantes no conteúdo de extrato etéreo dos grãos. Em outra avaliação, foi observada correlação positiva com a variável presença de aflatoxina, 0,28 ( $P < 0,01$ ), mostrando baixa influência da densidade sobre estas variáveis, semelhante ao verificado por Hess et al. <sup>(23)</sup> que não constataram a presença dessa toxina em níveis importantes que pudessem indicar efeitos deletérios na saúde ou nos efeitos nutricionais para frangos. Para as demais variáveis correlacionadas com a densidade dos grãos, não foram obtidas correlações significativas ( $P < 0,05$ ). De acordo com Rodrigues et al. <sup>(4)</sup>, a simples variação na densidade não necessariamente resulta em variações na composição química dos grãos, fato este também elucidado no presente estudo. Mas, conforme relatado por Silva et al. <sup>(14)</sup>, a densidade dos grãos de milho pode resultar em importantes variações no conteúdo energético dos grãos de milho.

Embora as correlações da densidade específica e dos parâmetros químicos terem sido apresentadas baixas ou não significativas (Tabela 3), diferentes autores relataram a diferença na composição bromatológica em

grãos de milho com diferentes densidades <sup>(8,13,14)</sup>. Desta forma, para avaliar o impacto da densidade do milho e da qualidade dos grãos nos valores nutricionais e energéticos, foi conduzido um ensaio de metabolismo. Antes da produção das rações os grãos foram divididos em quatro frações, conforme a sua densidade: 740 kg/m<sup>3</sup>; 760 kg/m<sup>3</sup>; 780 kg/m<sup>3</sup>; e 800 kg/m<sup>3</sup>, e foi realizada a avaliação da composição química, energética, física e conteúdo de micotoxinas, conforme apresentado na Tabela 4.

De acordo com a análise exploratória da qualidade dos grãos de milhos utilizados na ração elaborada para o experimento, observou-se que a densidade obtida nas frações foi próxima à esperada, sendo que na dieta referência, este valor foi de 761 kg/m<sup>3</sup>. A composição da química e a qualidade física não alteraram de forma linear entre as frações utilizadas, exceto para a matéria seca (MS) diminuiu linearmente com o aumento da densidade e a energia bruta (EB) que aumentou à medida que a densidade do milho também aumentou (Tabela 4). Esta relação linear e diretamente proporcional entre as duas variáveis era esperada, pois à medida que aumenta a densidade, reduz a nível de MS, contrapondo ao nível de EB <sup>(4,24)</sup>.

**Tabela 4.** Análises bromatológicas, por via úmida, dos grãos de milhos utilizados nos tratamentos do ensaio de metabolismo

Variáveis	Milho da Ração referência	Densidades específicas do milho (kg/m <sup>3</sup> )			
		740	760	780	800
Energia Bruta (kcal/g)	3866	3893	3912	3895	3982
Extrato Etéreo (%)	4,4	3,51	4,1	3,96	3,68
Matéria Seca (%)	89,09	90,00	89,00	89,40	88,05
Fibra Bruta (%)	1,4	1,89	1,54	1,48	1,62
Proteína Bruta (%)	7,97	7,58	7,85	7,74	7,64
Grãos bons (%)	96,36	95,54	97,04	95,37	96,02
Grãos ardidos (%)	2,42	2,48	1,45	1,91	2,87
Grãos carunchados (%)	0	0,83	0,42	0	0
Grãos chocho (%)	0,65	0,42	0,29	0,25	0,12
Impurezas (%)	0,02	0,06	0,03	0,17	0,12
Grãos quebrados (%)	0,47	0,42	0,51	2,26	0,84
Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	761,6	741,6	763,9	781,9	791,1
Aflatoxinas (ppb)	2	2	2	2	0
Fumonisinias (ppb)	4600	2800	4400	5300	4600

Os níveis de proteína bruta (PB) para as diferentes frações de milho foram inferiores aos estipulados por Rostagno et al. <sup>(7)</sup>, sendo que o maior valor foi obtido para a fração com maior densidade (Tabela 4). O nível de proteína bruta pode ser influenciado por fatores regionais, principalmente, pelo tipo de adubação nitrogenada adotada durante o cultivo dos grãos. Não há linearidade na relação da PB com as diferentes frações, conforme relatado na literatura, como linear e inversamente proporcional <sup>(10,13)</sup>. Este fator era esperado em razão da menor concentração de amido nos grãos de menor peso específico, gerando maior concentração de outros nutrientes <sup>(14)</sup>.

Para os valores de fibra bruta e extrato etéreo, os dados dos milhos com diferentes densidades apresentaram pequenas variações que não refletiram explicações possíveis dentro das densidades dos grãos selecionados. Com relação aos valores de EMA<sub>MS</sub> houve diferença significativa, porém não seguiram tendência esperada de aumento linear conforme as diferentes densidades específicas (Tabela 5). Para EMA<sub>MS</sub> obteve-se relação quadrática, com menor nível estimado na densidade específica de 769 kg/m<sup>3</sup> (Tabela 4, Figura 1). Na literatura, os trabalhos encontrados descreveram aumento nos valores de EMA diretamente proporcional à densidade específica dos grãos <sup>(10,13,14)</sup>. O maior valor de energia bruta, nos grãos de maior

densidade específica (Tabela 5), não se converteu em maiores valores de EMA quando a densidade específica das frações de milho aumentou.

Porém, Baidoo et al. <sup>(24)</sup> relataram que grandes reduções na densidade específica dos grãos (-20%) poderiam resultar em pequenas reduções nos valores energéticos dos grãos (-4,3%). No presente estudo, foi encontrada pequena variação (-8,1%), na densidade específica dos grãos que poderia não ter sido suficiente para reproduzir outros resultados encontrados na literatura. Esta pequena redução nos valores energéticos dos grãos de milho influenciou diretamente os valores de EMA expresso na base da matéria natural, quando se ajustou o teor de matéria seca para as diferentes frações de milho. Esperava-se que a maior densidade obtivesse os maiores valores de EMA\_MN, mas o valor foi inferior ao obtido pelo tratamento de menor densidade.

Os valores de EMA\_MN obtidos não resultaram em proporcionalidade encontrada em outros estudos <sup>(10,13,14)</sup>, variando significativamente entre as diferentes densidades, com resposta inversamente proporcional ao aumento da densidade específica dos grãos (Figura 1). Este fato pode ser explicado pela variação no teor de matéria seca das diferentes frações de milho (Tabela 3), que decresceu conforme a densidade específica aumentou.

Os valores de EMA em todos os tratamentos foram superiores aos de EMAn, tanto na matéria seca quanto na matéria natural (Tabela 5). Quando o balanço de nitrogênio é positivo os valores de EMA são superiores aos valores de EMAn, indicando que a retenção de nitrogênio, quando o balanço de nitrogênio é negativo, os valores de EMA são inferiores aos valores de EMAn, indicando degradação do tecido muscular. Em aves em crescimento ocorre maior retenção de nitrogênio pela deposição de tecido proteico Nery et al. <sup>(25)</sup>. É sempre importante realizar a correção do balanço de nitrogênio para verificar a variação que pode ocorrer entre os valores de EMA do alimento. Estes valores podem alterar em função da espécie, linhagem e idade, pois aves com diferentes graus de retenção de nitrogênio têm diferentes valores de energia excretada para um mesmo alimento.

Os valores de EMAn\_MS apresentaram variações significativas e quadrática positiva ao aumento na densidade específica dos grãos (Figura 1), atingindo o menor nível na densidade de 769 kg/m<sup>3</sup>. Vieira et al. <sup>(26)</sup> avaliaram 45 variedades de híbridos de milho e obtiveram valores de EMAn\_MS de 3563 a 4013 kcal/kg, superiores aos valores do presente estudo (Tabela 5).

Para os valores de EMAn\_MN ocorreu o mesmo comportamento de inversão linear significativa de proporcionalidade ( $P < 0,05$ ) que os valores de EMA\_MN (Tabela 4, Figura 2), devido às reduções na matéria seca dos grãos à medida em que a densidade específica dos grãos aumentou. Comparando os resultados obtidos de

EMAn\_MN com outros autores, os valores encontrados no presente trabalho, foram inferiores aos citados na literatura <sup>(4,8,14)</sup>, de 3247 a 3562 kcal/kg, contudo foram superiores aos valores encontrados por Silva et al. <sup>(14)</sup> com valor de 2937 kcal/kg, em frações de milho de baixa densidade específica.

Com relação aos coeficientes de metabolizabilidade (Tabela 5), os valores de CM\_MS foram influenciadas pela densidade específica dos grãos, obtendo maior valor para o tratamento de menor densidade, com relação linear decrescente de acordo com o aumento da densidade específica (Figura 2). Rodrigues et al. <sup>(4)</sup> encontraram valores entre 80,37 e 84,39% de CM\_MS em diferentes frações de qualidade de grãos de milho e moderada correlação deste coeficiente com a densidade (0,55).

Os valores encontrados para o CM\_PB não diferiram estatisticamente, nas diferentes frações de densidade específica de milho ( $P > 0,05$ ) (Tabela 5). Os valores de CM\_PB e os níveis de PB (Tabela 3) foram inferiores aos estipulados na tabela brasileira de composição dos alimentos <sup>(7)</sup>, de 87% de CM\_PB, porém foram superiores ao valor médio de 57,3%, encontrado por Rodrigues et al. <sup>(8)</sup> em diferentes frações de milho. Estes resultados sugerem que no presente estudo, o maior nível de PB encontrado na fração de menor densidade específica, em virtude da menor concentração de amido nos grãos de menor peso específico não influenciaram nos níveis de aminoácidos digestíveis nem nos níveis de proteínas do grupo Zeína de baixo valor nutricional<sup>10</sup>.

Para a variável CM\_EE, o menor valor foi para o menor nível de densidade ( $p < 0,05$ ). Os valores de CM\_EE encontrados no presente estudo foram superiores aos encontrados por Rodrigues et al. <sup>(8)</sup>, que encontraram valor médio de CM\_EE de 59,8%, em diferentes frações de milho analisadas. Porém, o valor estipulado na tabela brasileira de composição de alimentos para aves e suínos <sup>(7)</sup> é superior (92%) aos resultados encontrados neste estudo. CM\_EE apresentou comportamento quadrático em relação a densidade, crescente até o nível máximo estimado de 79,93%, com densidade específica de 778 kg/m<sup>3</sup>, em seguida decrescendo à medida que aumentou a densidade (Tabela 5, Figura 2).

Os menores valores de CM\_CA e CM\_P foram encontrados nas frações de milho de densidade específica de 780 kg/m<sup>3</sup> (Tabela 4). Os valores encontrados por Rostagno et al. <sup>(7)</sup>, que encontraram 40,8% para CM\_CA, sendo similar e de 24% para e CM\_P, menor que aos encontrados neste estudo. Ambas as variáveis apresentaram comportamento quadrático com relação a densidade do milho, atingindo o seu máximo valor estimado com 776 kg/m<sup>3</sup> (Figura 2).

De acordo com os resultados encontrados, a variação na densidade dos grãos não foi suficiente para determinar a fração de milho com melhor composição

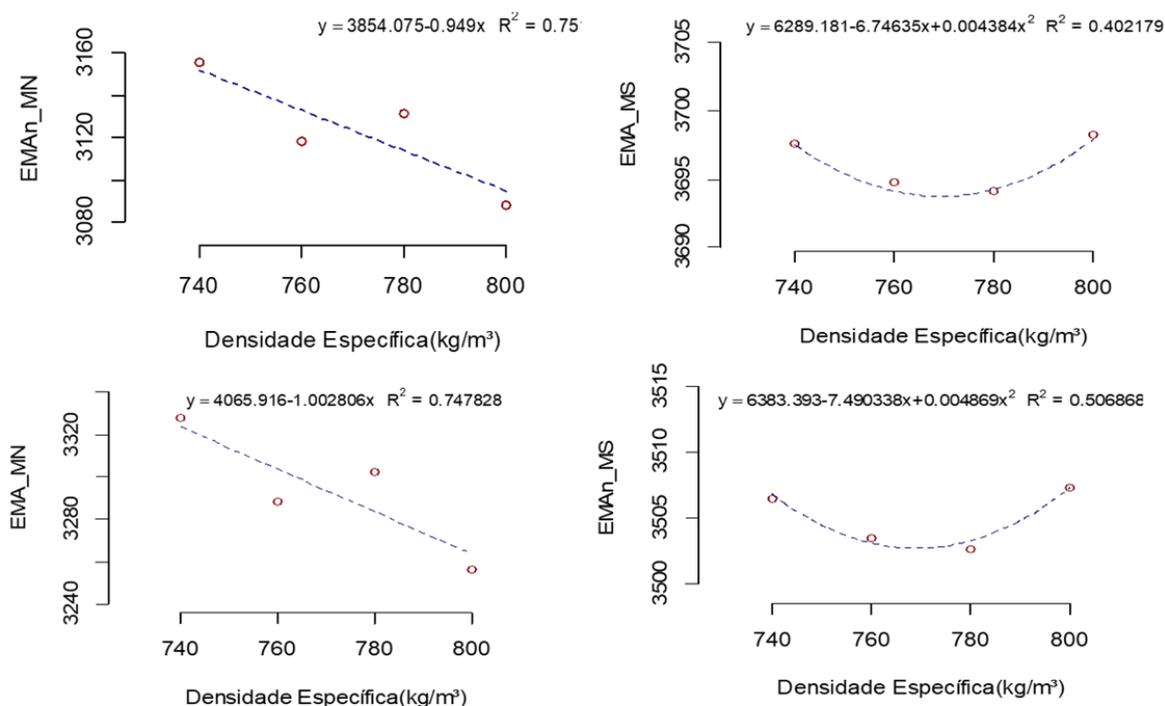
nutricional e melhores coeficientes de metabolizabilidade. Desta forma, é necessário avaliar de maneira geral todas as variáveis físicas e químicas dos grãos de milho, que podem se correlacionar entre si,

influenciando fortemente a composição nutricional dos grãos, de maneira diferente, do que apenas avaliando a variável densidade específica dos grãos, isoladamente das demais características dos produtos.

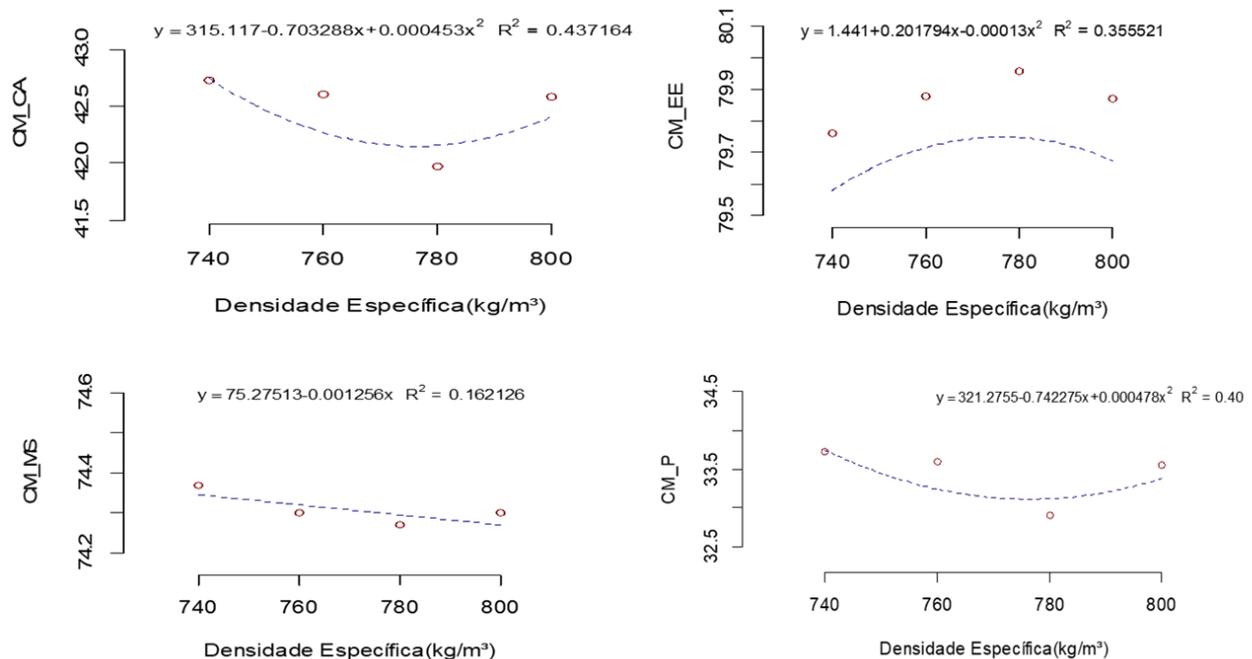
**Tabela 5.** Energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) na matéria seca (MS) e matéria natural (MN), em Kcal/kg, considerando os tratamentos a partir das densidades ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ). Valores de Coeficiente de Metabolizabilidade Aparente: da Matéria Seca (CM\_MS), da Proteína Bruta (CM\_PB), do Extrato Etéreo (CM\_EE), do cálcio (CM\_CA) e do Fósforo (CM\_P), em % dos tratamentos utilizados, considerando os valores de duas densidades ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

	Densidades específicas do milho ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )				CV (%)	Equação de regressão	R2 ajustado	Mx/Min (Y)	Ponto crítico (X)
	740	760	780	800					
EMA_MS	3694,11 <sup>a</sup>	3694,74 <sup>b</sup>	3694,11 <sup>b</sup>	3698,22 <sup>a</sup>	0,06	$Y = 6289,181 - 6,74635x + 0,004384x^2$	0,36	3693,98	769,36
EMAn_MS	3506,49 <sup>a</sup>	3503,45 <sup>b</sup>	3502,55 <sup>b</sup>	3507,29 <sup>a</sup>	0,06	$Y = 6383,393 - 7,49033x + 0,004869x^2$	0,47	3502,51	769,22
EMA_MN	3327,88 <sup>a</sup>	3288,31 <sup>c</sup>	3302,53 <sup>b</sup>	3256,28 <sup>d</sup>	0,06	$Y = 4065,916 - 1,002806x$	0,73		
EMAn_MN	3155,84 <sup>a</sup>	3118,07 <sup>c</sup>	3131,28 <sup>b</sup>	3088,17 <sup>d</sup>	0,06	$Y = 3854,075 - 0,949x$	0,75		
CM_MS	74,36 <sup>a</sup>	74,30 <sup>b</sup>	74,26 <sup>b</sup>	74,29 <sup>b</sup>	0,08	$Y = 75,27513 - 0,001256x$	0,13		
CM_PB	65,15	65,11	65,13	65,05	0,18	$Y = 66,24825 - 0,001475x$	0,04*		
CM_EE	79,75 <sup>b</sup>	79,87 <sup>a</sup>	79,95 <sup>a</sup>	79,87 <sup>a</sup>	0,12	$Y = 1,441 + 0,201794x - 0,00013x^2$	0,31	79,93	778,00
CM_CA	42,72 <sup>a</sup>	42,61 <sup>a</sup>	41,96 <sup>b</sup>	42,57 <sup>a</sup>	0,37	$Y = 315,117 - 0,703288x + 0,000453x^2$	0,39	42,22	776,04
CM_P	33,71 <sup>a</sup>	33,60 <sup>a</sup>	32,90 <sup>b</sup>	33,55 <sup>a</sup>	0,58	$Y = 321,2755 - 0,742275x + 0,000478x^2$	0,36	33,18	776,23

Valores seguidos pelas mesmas letras na mesma linha não se diferem ( $p > 0,05$ ) pelo teste de Scott Knott. \* Equação não significativa  $P > 0,05$ .



**Figura 1.** Gráfico das análises de regressões para as variáveis significativas ( $p < 0,05$ ), Energia Metabolizável Aparente (EMA) e aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), na matéria seca e natural, em kcal/kg, considerando os tratamentos a partir das densidades ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).



**Figura 2.** Gráfico das análises de regressão para as variáveis significativas ( $p < 0,05$ ), Coeficiente de Metabolizabilidade Aparente da Matéria Seca (CM\_MS), do Extrato Etéreo (CM\_EE), do Cálcio (CM\_CA) e do Fósforo (CM\_P), em % dos tratamentos utilizados, considerando os valores de suas densidades ( $\text{kg/m}^3$ ).

## 4. Conclusão

As baixas correlações entre as características físicas e químicas obtidas ressaltaram a importância de se avaliar tanto física como quimicamente as amostras de milho coletadas para que seja possível melhorar o ajuste nutricional de rações de frango de corte. Foram observadas algumas variações importantes, nas diferentes frações de densidade específica do milho analisadas, porém as variações estipuladas para a densidade específica dos grãos de milho, quando analisadas de maneira isolada, como no presente estudo, não foram suficientes para determinar qual seria a fração de milho de melhor qualidade, demonstrando a importância de analisar os grãos de milho, não só pela sua densidade, mas sim considerando todas as suas características físicas e químicas de qualidade.

### Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

### Contribuições do autor

*Conceituação:* J. H. Stringhini e L.F. Batista. *Curadoria de dados:* J. H. Stringhini e L.F. Batista. *Análise formal:* E.

Arnhold; *Metodologia:* J.H. Stringhini, M.B. Café e E. Arnhold. *Supervisão:* J.H. Stringhini. *Redação (esboço original, revisão e edição):* J. H. Stringhini, E. F. Viana, C.D.S. Leite e L.F. Batista.

### Agradecimentos

Os autores agradecem à Cargil SA e Friato Alimentos pelo apoio na realização deste projeto.

### Referências

- Cowieson AJ. Factors that affect the nutritional value of maize for broilers. *Animal Feed Science Technology*. 2005; 119:293–305. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.12.017>
- Ascheri JLR, Germani R. Protocolo de qualidade do milho. [Internet]. 1st ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA; 2004 [citado em 2021 Nov 22]. Disponível em: <http://www.ctaa.embrapa.br>
- Carvalho DCDO, Albino LFT, Rostagno HS, Oliveira JE de, Vargas JG de, Toledo RS, Costa CHR, Freitas SR, Pinheiro, SRF, Souza RM. Composição química e energética de amostras de milho submetidas a diferentes temperaturas de secagem e períodos de armazenamento. *Revista Brasileira de Zootecnia* [Internet]. 2004 [citado em 2021 Nov 22]; 33:358–64. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000200012>
- Rodrigues SIFC, Stringhini JH, Ribeiro AML, Pontalti GC, McManus CM. Quality Assessment of Corn Batches Received at a Feed Mill in the Brazilian Cerrado. *Brazilian Journal of Poultry Science* [Internet]. 2014 [citado em 2021 Nov 22]; 16:233–40. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1516->

[635x1603233-240](#)

5. Rostagno HS, Bünzen S, Sakomura NK, Luiz E, Albino FT. Avanços metodológicos na avaliação de alimentos e exigências nutricionais para aves e suínos. *Revista Brasileira Zootecnia* [Internet]. 2007 [citado em 2022 Jun 5]; 36:295–304. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007001000027>.
6. Sakomura NK, Rostagno HS. *Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos - 2 Edição*. 1st ed. FUNEP; 2016. 262.
7. Rostagno H S, Albino LFT, Donzele JL, Gomes PC, Oliveira RF, Lopes DC, Ferreira AS, Barreto SLT. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos*. 2ª edição, Viçosa, MG: UFV, 186 p., 2005.
8. Rodrigues SIFC, Stringhini JH, Tanure CB, Peripolli V, Seixas L, McManus C. Prediction of apparent metabolizable energy and metabolizable energy corrected for nitrogen of corn according to physical classification of the grain. *Revista Brasileira de Zootecnia* [Internet]. 2018 [citado em 2022 Jun 5];47. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/rbz4720170153>
9. Barbarino Junior P. Avaliação da qualidade nutricional do milho pela utilização de técnicas de análise uni e multivariadas [Internet]. 2001 [citado em 2021 Nov 22]. Disponível em: <http://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/11379/1/texto%20-completo.PDF>
10. Silva CS, Couto HP, Ferreira RA, Fonseca JB, Gomes AV da C, Soares RTRN. Valores nutricionais de milhos de diferentes qualidades para frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia* [Internet]. 2008 [citado em 2022 Jun 5]; 37:883–9. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000500016>
11. Mazzuco H, Lorini I, Rabenschlag De Brum PA, Zanotto DL, Barioni W, de Avila VS. Composição química e energética do milho com diversos níveis de umidade na colheita e diferentes temperaturas de secagem para frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia* [Internet]. 2002 [citado em 2021 Nov 22]; 31:2216–20. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000900009>
12. Pereira CE, Tyska D, Martins AC, Butzen FM, Mallmann AO, Mallmann CA. Peso específico do milho e sua relação com ergosterol, micotoxinas e energia. *Revista Ciências da Vida*. 2008; 28:186–8.
13. Corte Real GSCP, Couto HP, Matos MB, Lyra MS, Gomes AVC, Ferreira SRR. Valores nutricionais do milho de diferentes qualidades para frangos de reposição na fase de recria. *Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia* [Internet]. 2014 [citado em 2022 Jun 5]; 66:546–54. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-41625929>
14. Silva CS, Fernando J, Menten M, Traldi AB, Santarosa J, Watanabe P, et al. Avaliação de milhos de diferentes densidades para frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia* [Internet]. 2011 [citado em 2022 Jun 5]; 40:1554–61. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000700022>
15. Gehring CK, Bedford MR, Cowieson AJ, Dozier WA. Effects of corn source on the relationship between in vitro assays and ileal nutrient digestibility. *Poultry Science* [Internet]. 2012 [citado em 2022 Jun 5]; 91:1908–14. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02175>

16. Brasil. Instrução normativa no 61, de 22 de dezembro de 2011 [Internet]. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2011 [citado em 2021 Nov 22]. Disponível em: <http://www.cidasc.sc.gov.br/classificacao/fi/les/2012/08/INM00000061-1.pdf>
17. Matterson LD, Potter LM, Stutz MW, Singen EP. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens Hartford, CT: Agricultural Experiment Station, The University of Connecticut Storrs. 1965. 11 p. [citado em 2021 Nov 22]. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiyh8TeLX-AhV6rpUCHWhRC-QQFnoECA8QAQ&url=http://s3a%2F%2Fwww.uel.br%2Frevistas%2Ffuel%2Findex.php%2Fsemagrarias%2Farticle%2Fdownload%2F36543%2F26872&usq=AOvVaw0b8cv1V3Eb9jI5SHA-jOue>
18. Silva DJ, Queiros AC. *Análises de alimentos: Métodos químicos e biológicos*. 3rd ed. Viçosa: Editora UFV; 2006. 235 p.
19. R Core Team. *R: A language and environment for statistical computing*. Viena: R Foundation for Statistical Computing; 2013.
20. Mallmann AO, Dilkin P, Vidal JK, Meinerz GR, Oliveira MS, Mallmann CA. Influência da qualidade micotoxicológica e nutricional de híbridos de milho no custo da ração de frangos de corte. *Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia* [Internet]. 2019 [citado em 2021 Nov 22];1659–68. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-10675>
21. Stringhini JH, Mogyca NS, Andrade MA, Fleury Orsine G, Café MB, Borges SA. Efeito da qualidade do milho no desempenho de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia* [Internet]. 2000 [citado em 2021 Nov 22];29:191–8. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982000000100026>
22. Lopes DC., Fontes RA, Donzele JL, Alvarenga JC. Perda de peso e mudanças na composição química do milho (*Zea Mays*, L.) devido ao carunchamento. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. 1988;17:367–71.
23. Hess JB, Moran ET, Mask PL, Shelby RA, Giesen AF, Dale NM. Nutrient density and mycotoxin contamination in corn screenings of different bushel weights. *Journal of Applied Poultry Research* [Internet]. 1999 [citado em 2021 Nov 22];8:288–91. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/japr/8.3.288>
24. Baidoo SK, Shires A, Robblee AR. Effect of kernel density on the apparent and true metabolizable energy value of corn for chickens. *Poultry Science* [Internet]. 1991 [citado em 2021 Nov 22];70:2102–7. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps.0702102>
25. Nery LR, Albino LFT, Rostagno HS, Campos AM de A, Silva CR da. Valores de energia metabolizável de alimentos determinados com frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia* [Internet]. 2007 [citado em 2021 Nov 22];36:1354–8. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000600018>
26. Vieira R de O, Rodrigues PB, Freitas RTF de, Nascimento GAJ do, Silva EL da, Hespagnol R. Composição química e energia metabolizável de híbridos de milho para frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia* [Internet]. 2007 [citado em 2021 Nov 22];36:832–8. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000400012>