

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DO GÉRMEN INTEGRAL DE MILHO PARA  
FRANGOS DE CORTE**

**ELAINY CRISTINA LOPES**

**RECIFE – PE  
JULHO – 2018**

**ELAINY CRISTINA LOPES**

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DO GÉRMEN INTEGRAL DE MILHO PARA  
FRANGOS DE CORTE**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, do qual participam a Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal do Ceará, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Área de concentração: Produção animal.

**Comitê de orientação:**

Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello - Orientador

Prof. Dr. Wilson Moreira Dutra Júnior - Coorientador

Prof. Dr. Omer Cavalcanti de Almeida - Coorientador

**RECIFE – PE**

**JULHO – 2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

L864a Lopes, Elainy Cristina.  
Avaliação nutricional do gérmen integral de milho para  
Frangos de corte / Elainy Cristina Lopes. – Recife, 2018.  
117 f.: il.

Orientador(a): Carlos Bôa-Viagem Rabello.  
Coorientador(a): Wilson Moreira Dutra Júnior.  
Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife,  
BR-PE, 2018.

Inclui referências.

1. Carcaças 2. Milho 3. Milho - Nutrição I. Rabello, Carlos Bôa-  
Viagem, orient. II. Dutra Júnior, Wilson Moreira, coorient. III. Título

CDD 574

**ELAINY CRISTINA LOPES**

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DO GÉRMEN INTEGRAL DE MILHO PARA  
FRANGOS DE CORTE**

Tese defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 30 de julho de 2018.

Comissão examinadora:

---

**Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello**

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Presidente

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke**

Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cláudia da Costa Lopes**

Universidade Federal do Amazonas

---

**Dr. Marcos José Batista dos Santos**

Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

**Prof. Dr. Danilo Teixeira Cavalcante**

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Unidade Acadêmica de Garanhuns

## BIOGRAFIA DO AUTOR

*Elainy Cristina Lopes*, filha de José Glicério Sobrinho e Joana Dark Lopes, nasceu em Olho D'água do Borges – RN, no dia 28 de agosto de 1987. Iniciou a Graduação em Zootecnia na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) em agosto de 2005, onde em 2009 tornou-se bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) no qual permaneceu até 2010, e neste mesmo ano foi monitora voluntária da disciplina de avicultura. Recebeu o título de Zootecnista em agosto de 2010 e neste mesmo mês ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) na área de produção de não ruminantes. Em 30 de julho de 2012 submeteu-se à defesa de dissertação para obtenção do título de “*magister scientiae*”. Entre os anos de 2012 e 2013 realizou a Especialização em Manejo Sustentável no Semiárido na UFRN. De 2012 a 2014 trabalhou na Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte na área de avicultura caipira. Em agosto de 2014 ingressou no Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da UFRPE e em 30 de julho de 2018 defendeu sua tese de doutorado.

## **DEDICO**

Aos meus pais,

**José e Joana**

Pelo apoio de modo incondicional, suportando a distância, a saudade e a preocupação,  
obrigado por acreditarem e investirem mais uma vez em mim.

Aos meus irmãos,

**Edna, Eunice, Damião (*in memoriam*), Edivânia e Érica**

Pelo apoio, carinho, atenção, companheirismo e paciência.

Aos meus sobrinhos,

**Nadson, Ellen e Rafael**

Pelo carinho e por me lembrarem a não medir esforços para construir o bem.

**Hugo**

Pelo amor, companheirismo e compreensão durante toda essa jornada.

## **OFEREÇO**

A Deus força maior do universo, fonte de da verdadeira paz, sabedoria e amor,

Criador e Protetor de todos os seus filhos.

Ao meu irmão Damião, que apesar da distância física, está sempre presente na

memória de todos os que o amam.

## AGRADECIMENTOS

A Deus pai, todo poderoso criador do céu e da terra, por todas as graças recebidas.

Ao meu amado anjo da guarda por estar comigo em todos os momentos de minha vida.

Aos meus pais, Joana e José, por sempre terem me amado e incentivado e a continuar lutando pelos meus sonhos.

Aos meus irmãos, Edna, Eunice, Damião, Edivânia e Érica, por estarem sempre ao meu lado.

Aos meus sobrinhos, Nadson, Ellen e Rafael, por me fazerem ver a vida com mais leveza.

Ao meu noivo, Hugo, por me apoiar incondicionalmente em todas as minhas decisões.

Ao meu orientador, Professor Carlos Bôa-Viagem Rabello pela orientação, oportunidade, críticas, confiança e grandiosos ensinamentos.

À Professora Cláudia da Costa Lopes pela amizade apoio e ensinamentos sempre que precisei.

Ao Marcos José que me ajudou imensamente com a estatística e elaboração dos artigos.

Aos Professores Maria do Carmo M. M. Ludke e Danilo Teixeira Cavalcante pelas críticas, observações e sugestões para a melhoria desta pesquisa.

À Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela concessão da bolsa de estudos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio ao programa de pós-graduação.

A Empresa Ingredion Brasil pelo fornecimento do gérmen integral de milho utilizado nos experimentos.

Ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia por ter possibilitado a realização do curso de Doutorado.

Ao Laboratório de Nutrição Animal e ao Departamento de Zootecnia da UFRPE pela disponibilização das instalações para realização das análises laboratoriais e dos experimentos.

Aos amigos e amigas que me ajudaram na execução dos experimentos: Almir Ferreira, Alessandra Oliveira, Bruno Araújo, Cadeau, Cláudio Parro, Elayne Soares, Gabriel Miranda, Guilherme Rodrigues, Jamile Sheila, Jéssica Bandeira, Kawhan Andrade, Liliane Palhares, Letícia Aline, Nataly Ribeiro, Paulo Sérgio, Roberta Andrade, Rogério Ventura, Sharlane Holanda, Valdenice Delmiro, Vitor Magalhães, Waleska Medeiros e Sr. Pedro. Sem a ajuda de vocês esta pesquisa não teria sido realizada.

Às queridas Dayane Albuquerque e Daniela Pinheiro que me ajudaram durante os experimentos e análises laboratoriais; vocês são maravilhosas, sem vocês eu não teria dado conta do trabalho.

Às amigas e colegas de apartamento: Camilla Costa, Juliana Paula, Juliana Ceará, Gláucia Moraes, Nataly Ribeiro, Neura Mendes e Tafnes Bernardo pelo companheirismo.

Às “postergadoras” Andreza Marinho, Camilla Costa, Cláudia Lopes, Jaqueline Silva e Tayara Soares pela amizade e cumplicidade.

Aos funcionários Fátima Sampaio, Carlos, Vanessa, Lili e Cynthia que sempre estiveram dispostos a ajudar quando necessário.

Enfim, à todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para o desenvolvimento desta tese de Doutorado.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
Lista de Tabelas.....	xii
Lista de Figuras.....	xv
Resumo geral.....	xvii
General abstract.....	xx
Considerações iniciais.....	22
<b>Capítulo 1 – Referencial teórico.....</b>	<b>24</b>
1.0. Introdução.....	25
2.0. O grão de milho ( <i>Zea mays</i> ).....	26
2.1. Moagem úmida do grão de milho.....	27
3.0. Gérmen integral de milho (GIM).....	28
4.0. Lipídeos.....	30
4.1. Digestão e absorção dos lipídeos.....	31
5.0. Lipídeos em dietas de aves.....	34
6.0. Fibras em dietas de aves.....	35
7.0. Gérmen integral de milho na alimentação de aves.....	36
8.0. Referências bibliográficas.....	39
<b>Capítulo 2 – Efeito da idade sobre os valores energéticos e a digestibilidade do gérmen integral de milho em frangos de corte.....</b>	<b>44</b>
Resumo.....	45
Abstract.....	47
Introdução.....	48
Material e Métodos.....	49
Resultados.....	53

Discussões.....	55
Conclusões.....	59
Agradecimentos.....	60
Referências bibliográficas.....	61
Tabelas.....	65
<b>Capítulo 3 – Desempenho e características de carcaça de frangos de corte alimentados com gérmen integral de milho.....</b>	<b>74</b>
Resumo.....	75
Abstract.....	77
Introdução.....	79
Material e Métodos.....	80
Resultados.....	85
Discussões.....	87
Conclusões.....	94
Agradecimentos.....	94
Referências bibliográficas.....	95
Tabelas.....	101
Considerações finais.....	116

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 1

#### Página

Tabela 1. Valores de matéria seca, proteína bruta, fibra bruta, fibra em detergente neutro (FDN), extrato etéreo, matéria mineral, energia bruta (EB), energia metabolizável aparente (EMA) e corrigida pelo balanço de nitrogênio ( $EMA_n$ ), e aminoácidos digestíveis do gérmen integral de milho, grão de milho e gérmen desengordurado, expressos na matéria natural.....	29
---	----

### Capítulo 2

Tabela 1. Composição centesimal e nutricional calculada da dieta referência de acordo com a idade das aves, na matéria natural.....	65
Tabela 2. Composição química, energética e de aminoácidos do gérmen integral de milho, com base na matéria seca.....	66
Tabela 3. Energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida para o balanço de nitrogênio ( $EMA_n$ ) e coeficientes de metabolizabilidade aparente da energia bruta (CMAEB), proteína bruta (CMAPB), matéria seca (CMAMS) e extrato etéreo (CMAEE) do GIM com base na matéria seca.....	67
Tabela 4. Equações do MSR da energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida para o balanço de nitrogênio ( $EMA_n$ ) e dos coeficientes de metabolizabilidade aparente da energia bruta (CMAEB), proteína bruta (CMAPB), matéria seca (CMAMS) e extrato etéreo (CMAEE) do GIM para frangos de corte de 1 a 35 dias de idade e níveis práticos.....	68

Tabela 5. Coeficientes de digestibilidade ileal da proteína bruta (CDIPB) e da matéria seca (CDIMS), proteína bruta digestível (PBD) e matéria seca digestível (MSD) do GIM para frangos de corte.....	72
Tabela 6. Equações descritas pelo modelo de superfície de resposta dos coeficientes de digestibilidade ileal da proteína bruta (CDIPB) e matéria seca (CDIMS), proteína bruta digestível (PBD) e matéria seca digestível (MSD) do GIM em frangos de corte de 1 a 35 dias de idade.....	73

### **Capítulo 3**

Tabela 1. Composições centesimal e nutricional das dietas de 1 a 7 dias de idade para frangos de corte.....	101
Tabela 2. Composições centesimal e nutricional das dietas de 8 a 21 dias de idade para frangos de corte.....	102
Tabela 3. Composições centesimal e nutricional das dietas de 22 a 35 dias de idade para frangos de corte.....	103
Tabela 4. Composições centesimal e nutricional das dietas de 36 a 42 dias de idade para frangos de corte.....	104
Tabela 5. Composição química e energética do gérmen integral de milho utilizada para formular as rações experimentais expressos em matéria natural.....	105
Tabela 6. Médias de consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com níveis crescentes do GIM em todas as fases de criação.....	106
Tabela 7. Equações do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com GIM geradas a partir do modelo broken line.....	107
Tabela 8. Médias de energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida para o balanço de nitrogênio ( $EMA_n$ ), coeficientes de metabolizabilidade aparente da energia bruta (CMAEB), proteína bruta (CMAPB), matéria seca (CMAMS) e extrato etéreo (CMAEE) e balanço de nitrogênio (BN) das rações pré-inicial, inicial e de crescimento dos frangos de corte alimentados com níveis crescentes do gérmen integral de milho (com base na matéria seca).....	110
Tabela 9. Equações dos coeficientes de metabolizabilidade aparente da energia bruta (CMAEB), proteína bruta (CMAPB), matéria seca (CMAMS) e extrato etéreo (CMAEE) e balanço de nitrogênio (BN) das rações das rações pré-inicial, inicial e de crescimento dos frangos de corte alimentados com níveis crescentes do GIM (Com base na matéria seca) geradas a partir do modelo Broken Line.....	111

Tabela 10. Peso absoluto e rendimento de carcaça, vísceras e gordura total de frangos de corte alimentados com níveis crescentes do gérmen integral de milho.....	112
Tabela 11. Equações do peso absoluto e rendimento de órgãos de frangos de corte alimentados com níveis crescentes do gérmen integral de milho.....	112
Tabela 12. Médias e análise de variância do pH, capacidade de Retenção de Água (CRA, %), força de cisalhamento (FC, kgf/cm <sup>2</sup> ), perda de peso por cocção (PPC, g), índice de peróxido (IP, mEq/kg) e coloração de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com GIM.....	114
Tabela 13. Coeficientes dos três fatores das variáveis analisadas de qualidade da carne de frangos de corte alimentados com níveis crescentes do GIM aos 42 dias de idade.....	115

## LISTA DE FIGURAS

Página

### Capítulo 1

Figura 1. Processamento de moagem do milho em grão por via úmida para obtenção do gérmen integral de milho.....	28
---	----

### Capítulo 2

Figura 1. Resultado da superfície de resposta ilustrando o comportamento da EMA do GIM em diferentes níveis e idades dos frangos de corte.....	69
Figura 2. Resultado da superfície de resposta ilustrando o comportamento da EMA <sub>n</sub> do GIM em diferentes níveis e idades dos frangos de corte.....	69
Figura 3. Resultado da superfície de resposta ilustrando o comportamento da CMAEB do GIM em diferentes níveis e idades dos frangos de corte.....	70
Figura 4. Resultado da superfície de resposta ilustrando o comportamento da CMAMS do GIM em diferentes níveis e idades dos frangos de corte.....	70
Figura 5. Resultado da superfície de resposta ilustrando o comportamento da CMAEE do GIM em diferentes níveis e idades dos frangos de corte.....	71

### Capítulo 3

Figura 1. Gráficos do CR (A) e GP (B) dos frangos de 1 a 7 dias de acordo com as equações preditas pelo modelo Broken Line.....	107
Figura 2. Gráficos do CR (A), GP (B) e CA (C) dos frangos de 1 a 21 dias de acordo com as equações preditas pelo modelo Broken Line.....	108
Figura 3. Gráficos do GP (A) e CA (B) dos frangos de 1 a 35 dias de acordo com as equações preditas pelo modelo Broken Line.....	108
Figura 4. Gráficos do GP (A) e CA (B) dos frangos de 1 a 42 dias de acordo com as equações preditas pelo modelo Broken Line.....	109
Figura 5. Gráficos dos pesos de moela (A) e proventrículo (B) dos frangos de corte aos 42 dias, de acordo com as equações preditas pelo modelo Broken Line.....	113

Figura 6. Gráficos dos rendimentos de moela (A) e proventrículo (B) dos frangos de corte aos 42 dias, de acordo com as equações preditas pelo modelo Broken Line.....113

## RESUMO GERAL

Objetivou-se avaliar a composição bromatológica, os valores energéticos, o desempenho, as características de carcaça e a qualidade da carne de frangos de corte alimentados com níveis crescentes do gérmen integral de milho (GIM). Para isso, foram realizados dois experimentos, aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais, no Laboratório de Pesquisa com aves do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco. O primeiro experimento foi um ensaio de metabolismo utilizando 720 pintos de corte (Cobb 500) de um dia de idade, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, composto por seis tratamentos e seis repetições de 10 (fase pré-inicial – 1 a 8 dias), 6 (fase inicial – 15 a 22 dias) e 4 aves (fase de crescimento – 28 a 35 dias) por parcela experimental. Os tratamentos experimentais consistiram de uma dieta referência, a qual foi substituída parcialmente pelo GIM, nas porções de 10, 15, 20, 25 e 30%. Foi realizada a coleta parcial de excretas com o uso da cinza ácida insolúvel como indicador, para a determinação da energia metabolizável aparente (EMA) e corrigida pelo balanço de nitrogênio ( $EMA_n$ ), coeficientes de metabolizabilidade aparente da energia bruta (CMAEB), matéria seca (CMAMS), proteína bruta (CMAPB) e extrato etéreo (CMAEE). O conteúdo ileal, também, foi coletado para a determinação dos coeficientes de digestibilidade ileal da matéria seca (CDIMS) e proteína bruta (CDIPB), matéria seca digestível (MSD) e proteína bruta digestível (PBD). O segundo experimento foi realizado com 648 pintos (Cobb 500) distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e seis repetições, sendo 18 aves por parcela. Os tratamentos consistiram de uma dieta controle à base de milho e farelo de soja (0% GIM), e cinco dietas experimentais com a inclusão de 4, 8, 12, 16 e 20% de GIM. As aves e as sobras de rações foram pesadas

semanalmente e foram calculados o consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA). Aos 42 dias de idade duas aves com o peso médio da parcela, foram eutanasiadas para avaliação do peso e rendimento de carcaça e cortes comerciais, vísceras, gordura abdominal e qualidade da carne (pH, perda de peso por cocção, força de cisalhamento, capacidade de retenção de água, cor e índice de peróxido). Os valores de EMA, EMA<sub>n</sub>, CMAEB, CMAMS, CMAPB e CMAEE foram determinados utilizando a metodologia de coleta parcial de excretas. Os dados do experimento 1 foram analisados através do modelo de superfície de resposta e àqueles do experimento 2 foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e ajustados para a regressão do modelo broken line e aplicada a análise multivariada nos dados de qualidade de carne. O ponto estacionário para a EMA e EMA<sub>n</sub> foram 4173 kcal/kg ( $AME = 1781,167 + 52,446 \text{ idade} + 203,455 \text{ nível} - 1,570 \text{ nível} \times \text{idade} - 4,119 \text{ nível}^2$ ) e 3591 kcal / kg ( $AMEn = 1551,255 + 68,422 \text{ idade} + 196,686 \text{ nível} - 1,819 \text{ nível} \times \text{idade} - 3,849 \text{ nível}^2$ ). Para o CMAEB, CMAPB, CMAMS e CMAEE os pontos estacionários foram 49,3; 40,4; 72,6 e 61,3%, respectivamente. Os pontos estacionários do CDIPB, CDIMS, PBD e MSD foram: 78,%, 57,96, 8,50 e 56,17%, respectivamente. Ocorreu diferença para o GP e a CA para o período total de criação (1 a 42 dias), onde o ganho de peso ótimo para esta fase foi estimado em 2921 g/ave com nível de inclusão de 11,8% do GIM. Não houve diferença para a EMA, EMA<sub>n</sub> e CMAPB das rações. Os níveis crescentes do GIM não influenciaram o peso e rendimento da carcaça e cortes, bem como a qualidade da carne, porém aumentaram o peso e o rendimento da moela e do proventrículo. Os níveis crescentes de GIM e a idade das aves influenciaram no aproveitamento energético das rações. Os resultados desta pesquisa indicam que a inclusão do GIM na dieta de frangos de corte reduziu o desempenho nos níveis mais

elevados. O GIM em baixos níveis pode ser usado em rações para frangos de corte sem prejudicar os índices zootécnicos.

**Palavras-chave:** coproduto do milho, desempenho, digestibilidade ileal, energia metabolizável

## GENERAL ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the chemical composition, energy values, performance, carcass characteristics and meat quality of broilers fed with increasing levels of corn germ meal (CGM). For this, two experiments were carried out by the Ethics Committee on the Use of Animals in the Research Laboratory with birds of the Department of Animal Science of the Federal Rural University of Pernambuco. The first experiment was a metabolism test using 720 broiler chickens (Cobb 500) of one day of age, distributed in a completely randomized design, consisting of six treatments and six replicates of 10 (pre-initial phase - 1 to 8 days), 6 (initial phase – 15 to 22 days) and 4 birds (growth - 28 to 35 days) per plot. Experimental treatments consisted of a reference diet which was partially replaced by CGM in the 10, 15, 20, 25 and 30% portions. Partial excreta collection using the insoluble acidic indicator was used to determine the apparent metabolizable energy (AME) and corrected by the nitrogen balance ( $AME_n$ ), apparent metabolizable coefficients of crude energy (AMCCE), dry matter (AMCDM), crude protein (AMCCP) and ethereal extract (AMCEE). The ileal content was also collected for the determination of ileal digestibility coefficients dry matter (IDCDM) and crude protein (IDCCP), digestible dry matter (DDM) and digestible crude protein (DCP). The second experiment was conducted with 648 chicks (Cobb 500) distributed in a completely randomized design with six treatments and six replicates, 18 birds per experimental unit. The treatments consisted of a control diet based on corn and soybean meal (0% CGM), and five diets tests with inclusion of CGM at 4, 8, 12, 16 and 20%. The birds and the feeds were weighed every seven days to define the feed intake (FI), weight gain (WG) and feed conversion ratio (FCR). At 42 days of age two birds per experimental plot were

ethanized for evaluation of carcass weight and yield and commercial parts, viscera, abdominal fat and meat quality (pH, weight loss cooking, shear force, capacity water retention, color and peroxide index). The values of AME, AME<sub>n</sub>, AMCCE, AMCDM, AMCCP and AMCEE were determined using the partial excreta collection methodology. The data from experiment 1 were analyzed using the response surface model and those from experiment 2 were submitted to analysis of variance (ANOVA) and adjusted for the regression of the broken line model and applied to the multivariate analysis in meat quality data. The stationary point for AME and AME<sub>n</sub> was 4173 kcal/kg (AME = 1781.167 + 52.446 age + 203.455 level - 1.570 level x age - 4.119 level<sup>2</sup>), and 3591kcal/kg (AME<sub>n</sub>= 1551.255 + 68.422 age + 196.686 level - 1.819 level x age -3.849 level<sup>2</sup>). To AMCCE, AMCDM, AMCEE the stationary point was 49.3, 40.4, 72.6 and 61.3%, respectively. The stationary point for IDCCP, IDCCM, DCP and DDM 78.88, 57.96, 8.50 and 56.17%, respectively. There was a difference for weight gain and feed conversion ratio for the total period (1 to 42 days), where the optimal weight gain for this phase was estimated at 2921 g/bird with inclusion level of 11.8% of CGM. There was no difference for the AME, AME<sub>n</sub> and AMCCP of the diets. That increasing levels of CGM did not influence carcass weight and yield and cuts, and meat quality, however, they increased the weight and yield of gizzard and proventriculus. Increasing levels of CGM and the age of the birds influenced the energy utilization of the rations. The results of this research indicate that the inclusion of CGM in the broiler diet reduced performance at the highest levels. Low level CGM can be used in feeds for broiler chickens without jeopardizing zootechnical indexes.

**Keywords:** corn coproduct, ileal digestibility, metabolizable energy, performance

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Na avicultura, os avanços no melhoramento genético, desenvolvimento da nutrição e técnicas de manejo foram primordiais para o melhor desempenho produtivo das aves. No entanto, essas aves aumentaram o consumo de ração, refletindo em aumento nos custos com a alimentação, principalmente no que diz respeito a energia e a proteína da dieta. Para reduzir os custos de produção, pesquisadores vêm a procura de alimentos alternativos que e forneçam os nutrientes necessários para o crescimento das aves.

Na industrialização do milho por via úmida, são produzidos alimentos para o consumo humano e coprodutos para a alimentação animal, como o gérmen integral de milho (GIM), que é produzido através da degerminação do grão de milho, sem que haja o processo de extração do óleo.

O GIM possui composição rica em lipídeos e proteínas, sendo um possível substituto ao milho e ao óleo vegetal em dietas de aves. Embora, existam poucos estudos sobre sua utilização em dietas de animais não ruminantes.

No entanto, a qualidade do GIM irá depender da qualidade do grão de milho utilizado pela indústria, assim como do seu processamento. Diante disto, os pesquisadores se deparam com a instabilidade na composição nutricional dos coprodutos, necessitando de mais pesquisas para definição do seu valor nutricional a fim de fornecer informações seguras sobre sua utilização na formulação de rações.

Esta tese é composta por três artigos, o primeiro corresponde ao referencial teórico, o qual discute as principais características do processamento para a produção do GIM, composição química e sua utilização em dietas para frangos de corte. O segundo capítulo se refere ao ensaio de metabolismo mostrando o efeito da idade sobre a energia

metabolizável de frangos de corte alimentados com níveis crescentes do GIM. E, no capítulo três, são discutidos os resultados do experimento de desempenho dos frangos alimentados com níveis crescentes do GIM, assim como as características de carcaça e qualidade da carne.

**CAPÍTULO 1**  
**REFERENCIAL TEÓRICO**

---

**Gérmen integral de milho: caracterização nutricional e uso na alimentação de aves**

\*Artigo redigido conforme as normas da ABNT.

## 1 **1.0. Introdução**

2 O milho é a principal fonte energética utilizada na alimentação de aves. Uma  
3 fração significativa deste grão é utilizada nas indústrias alimentícias para produção de  
4 produtos para os seres humanos e os coprodutos gerados podem ser utilizados na  
5 alimentação animal buscando redução do custo total de produção. Esses coprodutos  
6 podem ser utilizados na alimentação de animais não ruminantes com a finalidade de  
7 reduzir a dependência pelo grão, o que reduz os custos de produção, além de ser uma  
8 alternativa que colabora com a preservação dos recursos naturais e com a produção  
9 animal sustentável (RABELLO et al., 2012).

10 Na industrialização do milho por via úmida é produzido o gérmen integral de  
11 milho (GIM) que é rico em lipídeos e vem sendo estudado para a utilização em dietas de  
12 aves (ALBUQUERQUE et al., 2014; LIMA et al., 2016). Entretanto, a maioria dos  
13 trabalhos foram realizados com o gérmen desengordurado (STRINGHINI et al., 2009;  
14 BRITO et al., 2011; BRUNELLI et al., 2012; ROSTAGNO et al., 2017) que possui  
15 menor quantidade de lipídeos.

16 No entanto, pesquisadores e produtores se deparam com a instabilidade na  
17 composição nutricional dos coprodutos (SCHONE et al., 2017), pois estes dependem da  
18 qualidade e processamento do grão de milho. Assim, sua utilização na alimentação de  
19 aves requer pesquisas para definição do seu valor nutricional a fim de fornecer  
20 informações seguras sobre os alimentos e sua utilização na formulação de rações.

21 Diante do exposto, novas pesquisas com a utilização do GIM de alto teor  
22 lipídico são indispensáveis para a consolidação deste coproduto na alimentação de aves.  
23 Esta revisão busca ressaltar as características nutricionais do GIM, bem como seu uso  
24 na alimentação de frangos de corte.

25

## 26 **2.0. O grão de milho (*Zea mays*)**

27 O milho é um dos grãos mais produzidos e utilizados em todo o mundo. O Brasil  
28 produziu no último ano cerca de 91,2 milhões de toneladas, sendo que cerca de 50% foi  
29 utilizado para a produção animal, 35% para exportação, 7% pelas indústrias de  
30 beneficiamento, 2% para consumo humano e 6% para outros usos (CELERES, 2018).  
31 Considerando que o gérmen constitui 11% deste grão, foram produzidos  
32 aproximadamente 700 mil quilos de gérmen integral de milho pelas indústrias. Dessa  
33 forma, parte foi utilizada para extração do óleo produzindo o gérmen desengordurado e  
34 outra parte foi usada na alimentação animal.

35 Este grão é a principal fonte energética utilizada na fabricação de rações para  
36 não ruminantes e possui quatro principais estruturas: endosperma, gérmen, pericarpo e  
37 ponta, que correspondem a aproximadamente 82, 11, 5 e 2%, respectivamente (PAES,  
38 2006).

39 A composição química do grão de milho depende de fatores genéticos e  
40 ambientais, bem como tratos culturais (DAS e SINGH, 2015). Segundo Rostagno et al  
41 (2017), o milho possui 88,9% de matéria seca, 7,86% de proteína bruta, 1,73% de fibra  
42 bruta, 3,81% de extrato etéreo e 3901 kcal/kg de energia bruta. Porém, esses nutrientes e  
43 a energia são distribuídos de forma heterogênea nas suas diferentes estruturas. Por essa  
44 razão, a composição dos coprodutos derivados do grão dependerá da estrutura que  
45 participa de sua formação (PAES, 2006; DAS e SINGH, 2015).

46 O pericarpo, ou casca, forma a parede externa do grão e é composto,  
47 principalmente, por frações fibrosas e a ponta (conecta o grão ao sabugo), sendo  
48 constituída principalmente por uma estrutura lignocelulósica (PAES, 2006). Na parte  
49 interna do grão, encontra-se o endosperma, que é composto principalmente pelo amido,  
50 já o gérmen é rico em lipídeos e proteína (BRITO et al., 2005).

## 51 2.1. Moagem úmida do grão de milho

52 Dentre os processos de beneficiamento do grão de milho adotados pela indústria,  
53 temos a moagem seca e a úmida. Na moagem seca o grão é triturado na ausência de  
54 água, sendo considerado um processo antigo com pouca tecnologia, utilizado por  
55 indústrias de pequeno porte, gerando produtos como canjicas e fubás (CARDOSO et al.,  
56 2011). Na moagem úmida, que é a mais utilizada por empresas multinacionais por  
57 possuir alta tecnologia, utiliza-se água para otimizar a separação das partes do grão de  
58 milho (casca, gérmen, proteína e amido) e são gerados numerosos produtos como as  
59 dextrinas, amido, xarope de glicose, entre outros (CORN REFINERS ASSOCIATION,  
60 2006; CARDOSO et al., 2011).

61 No processamento de moagem por via úmida (Figura 1), após a limpeza dos  
62 grãos, que consiste na retirada de materiais estranhos como metais, sementes diversas, e  
63 sujeira fina, estes grãos vão para os tanques de maceração e permanecem em média 40  
64 horas mergulhados numa solução aquosa ácida que contém *lactobacillus* e 0,1 a 0,2%  
65 de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), a uma temperatura de aproximadamente 50 °C (GERALDI  
66 et al., 2012). Na maceração, ocorre o processo de separação do amido e proteínas, onde  
67 o SO<sub>2</sub> diluído reage com a água, formando o ácido sulfuroso; a acidez e a temperatura  
68 promovem o amolecimento do grão de milho, aumentando a eficiência da separação do  
69 amido e proteínas do endosperma através da fermentação e formação do ácido  
70 (CARDOSO et al., 2011). Os grãos que saem dos tanques de maceração são moídos em  
71 moinhos de disco e a massa obtida segue para hidrociclones, onde ocorre a separação do  
72 GIM. Essa separação ocorre através da densidade, já que o gérmen nessa fase possui  
73 entre 40-50% de óleo, se tornando mais leve que as outras estruturas do grão (CORN  
74 REFINERS ASSOCIATION, 2006).

75

76

77

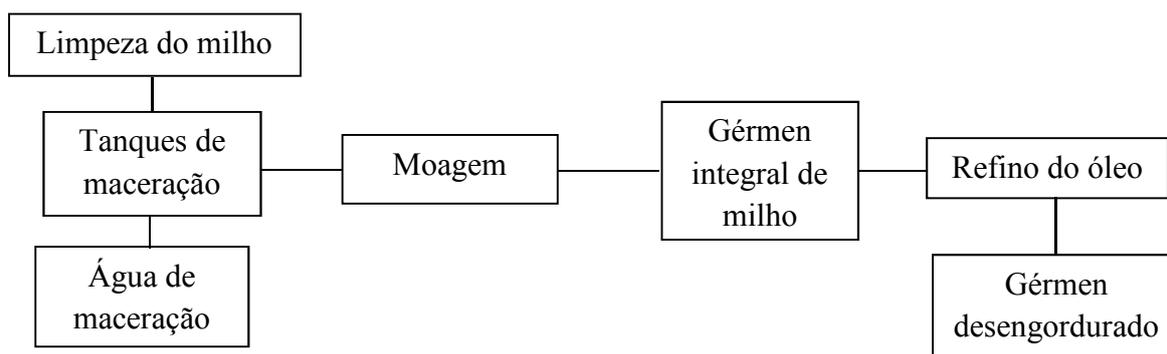
78

79

80

81

82



83 Figura 1. Processamento de moagem do milho em grão por via úmida para obtenção do  
84 gérmen integral de milho

85 Fonte: Adaptado de Cardoso et al. (2011).

86

### 87 3.0. Gérmen integral de milho (GIM)

88 Podemos definir o GIM como o coproduto obtido através da degerminação do  
89 grão de milho sem que haja o processo de extração de lipídeos, mantendo seu alto teor  
90 de extrato etéreo (CORN REFINERS ASSOCIATION, 2006). Segundo Paes (2006), o  
91 gérmen concentra 83% do total de lipídeos do grão de milho, 78% dos minerais, 26% de  
92 proteínas e 70% dos açúcares.

93 Na Tabela 1 está descrita a composição química e dos aminoácidos digestíveis  
94 para aves do grão de milho, GIM e gérmen desengordurado encontrados na literatura.

95 O GIM é um coproduto que possui elevado teor de extrato etéreo e,  
96 consequentemente, elevada quantidade de energia bruta, o que o torna uma opção de  
97 fonte energética para a alimentação de aves (LIMA et al., 2012; ALBUQUERQUE et  
98 al., 2014; CIURESCU et al., 2014). É importante ressaltar a diferença nos teores de  
99 extrato etéreo dos ingredientes citados, pois variam de 3,81% para o grão de milho a  
100 49,48% para o GIM.

101 Tabela 1. Valores de matéria seca, proteína bruta, fibra bruta, fibra em detergente neutro  
 102 (FDN), extrato etéreo, matéria mineral, energia bruta (EB), energia metabolizável  
 103 aparente (EMA) e corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMA<sub>n</sub>), e aminoácidos  
 104 digestíveis do gérmen integral de milho, grão de milho e gérmen desengordurado,  
 105 expressos na matéria natural

Variáveis	Ingredientes					
	Grão de milho		Gérmen integral de milho		Gérmen desengordurado	
	Composição química (%)					
	Autores					
	Henz et al.(2013)	Rostagno et al.(2017)	Albuquerque et al. (2014)	Ciuresco et al. (2014)	Calderano et al. (2010)	Rostagno et al.(2017)
Matéria seca	86,30	88,90	96,39	90,60	90,05	89,20
Proteína bruta	7,80	7,86	11,48	11,53	10,39	10,30
Fibra bruta	-	1,73	-	8,36	6,42	5,14
FDN	13,24	13,80	-	-	38,01	27,80
Extrato etéreo	4,92	3,81	49,48	47,07	12,09	10,10
Matéria mineral	1,35	1,11	1,87	1,41	2,74	2,83
EB (kcal/kg)	4072	3901	7243	6456	4407	4276
EMA <sub>n</sub> (kcal/kg)	3236	3364	4548	-	2832	3144
	Aminoácidos digestíveis (%)					
	Autores					
	Brito et al.(2011)	Rostagno et al.(2017)	Albuquerque et al. (2014)	Ciuresco et al. (2014)	Brito et al. (2011)	Rostagno et al.(2017)
Metionina	0,152	0,150	0,190	0,220	0,204	0,180
Cistina	0,174	0,140	0,210	0,130	0,230	0,170
Lisina	0,268	0,190	0,480	0,730	0,538	0,400
Treonina	0,286	0,290	0,400	0,480	0,411	0,350
Arginina	0,449	0,340	0,720	0,980	0,838	0,670
Valina	0,386	0,310	0,570	0,660	0,555	0,430
Leucina	0,846	0,910	0,830	0,900	0,851	0,820
Isoleucina	0,266	0,240	0,350	0,350	0,338	0,280
Histidina	0,248	0,220	0,370	0,320	0,336	0,280
Fenilalanina	0,341	0,330	0,450	0,450	0,448	0,390
Glicina+serina	0,643	0,570	-	1,090	0,988	0,770
Prolina	0,759	0,760	-	0,690	0,745	0,640
Alanina	0,563	0,490	-	-	0,717	0,560
Ácido aspártico	0,523	0,250	-	0,870	0,855	0,350
Ácido glutâmico	1,342	0,560	-	1,480	1,623	0,510

106

107 O teor de proteína bruta do GIM encontrada pelos autores (ALBUQUERQUE et  
 108 al., 2014; CIURESCO et al., 2014) é superior ao encontrado por Rostagno et al. (2017)  
 109 para o grão de milho e para o gérmen desengordurado. O GIM também possui teores  
 110 mais elevados de metionina, lisina e treonina (0,220; 0,730 e 0,480%, respectivamente)

111 do que o gérmen desengordurado (0,204; 0,408 e 0,411%, respectivamente) e o milho  
112 (0,152; 0,268 e 0,290%), assim como de alguns aminoácidos não essenciais (glicina +  
113 serina e ácido aspártico). Com isso, podemos considerar que o GIM também é uma  
114 fonte de proteína e de aminoácidos para a ração de aves.

115 Além do alto teor de lipídeos e proteínas no GIM, observa-se a presença de  
116 quantidade considerável de fibra bruta. As dietas de frangos de corte são em sua maioria  
117 compostas por grãos de cereais que possuem fibra em sua composição, e que conforme  
118 o nível e tipo da fibra, podem interferir na utilização dos demais nutrientes pelos  
119 animais. As fibras em excesso nas rações podem causar alterações nas características de  
120 bolo alimentar, funções gastrintestinais, alterações na fermentação microbiana no  
121 intestino grosso, e pode ser considerado um componente diluidor da energia  
122 metabolizável (HETLAND et al., 2003; JIMENZ-MORENO et al., 2010).

123

#### 124 **4.0. Lipídeos**

125 Os lipídeos são classificados como triglicerídeos, fosfolipídios e esteroides. Os  
126 triglicerídeos são as estruturas da maior parte dos lipídios, e são formados pela união de  
127 três ácidos graxos e um álcool denominado de glicerol (LELIS et al., 2005). Possuem  
128 uma característica comum que é a insolubilidade em água e solubilidade em solventes  
129 orgânicos. São moléculas essenciais ao organismo por comporem estruturas das  
130 membranas biológicas e armazenar energia. São constituintes importantes da dieta por  
131 serem fontes de ácidos graxos essenciais, que o organismo é incapaz de sintetizar, como  
132 os ácidos graxos linoleico e linolênico (OLIVEIRA, 2009).

133 A utilização de lipídios na ração de frangos de corte tem por objetivo não só  
134 aumentar o nível energético das rações, mas também melhorar a palatabilidade das  
135 mesmas, a conversão alimentar, a absorção das vitaminas lipossolúveis, além de

136 propiciar uma redução na pulverulência reduzindo as perdas decorrentes da poeira e  
137 melhorando a aparência da ração (PUPA, 2004).

138 O aproveitamento das fontes de lipídios fornecidos na dieta está diretamente  
139 relacionado com a digestibilidade da fonte que é dependente do comprimento da cadeia  
140 carbônica, do grau de saturação e da posição dos ácidos graxos na molécula de glicerol  
141 que formam o triglicerídeo (ANDREOTTI et al., 2004). Lesson e Summers (2001)  
142 apontam fatores como a idade da ave, a forma da gordura (como triglicerídeo ou como  
143 ácido graxo livre), a relação dos ácidos graxos saturados e insaturados na mistura de  
144 ácidos graxos livres, a flora intestinal e a composição da dieta como fatores que também  
145 interferem na digestão das gorduras.

146 Os ácidos graxos são subunidades formadoras dos lipídios, formados por cadeias  
147 hidrocarbonadas hidrofóbicas de tamanhos variados (4 a 36 átomos de carbono)  
148 classificadas de acordo com o grau de saturação, ou seja, presença ou não de duplas  
149 ligações na cadeia. Podem ser denominados de saturados ou insaturados, que podem ser  
150 classificados em monoinsaturados (MUFAs) e polinsaturados (PUFAs), dependendo do  
151 tipo de ligação química presente no ácido graxo (SAKOMURA et al., 2014). Ácidos  
152 graxos de cadeia curta são mais bem absorvidos pelo organismo do que os de cadeia  
153 longa, assim como os ácidos graxos de cadeia insaturada são mais bem absorvidos do  
154 que os de cadeia saturada (GONZALES e SILVA, 2006).

155

#### 156 **4.1. Digestão e absorção dos lipídeos**

157 A digestão ocorre através da ação de enzimas digestivas presentes ao longo de  
158 todo o trato gastrointestinal e inclui processos mecânicos, químicos e absorptivos. O  
159 processo de digestão ocorre no trato intestinal por meio dos movimentos peristálticos e  
160 antiperistálticos. A maior parte do processo de absorção ocorre no jejuno (SWENSON e

161 REECE, 1996), pelo sistema porta, devido ao sistema linfático ser pouco desenvolvido  
162 (LESSON E SUMMERS, 2001).

163 Os lipídios fornecidos na dieta, embora lipossolúveis, são digeridos e  
164 transportados em meio aquoso (JÚNIOR, 2009). Para tanto, é necessário a presença de  
165 emulsificantes que tornem a gordura disponível à ação de enzimas digestivas. Para que  
166 ocorra a digestão e absorção de lipídios no lúmen intestinal, é necessário a presença de  
167 secreções biliares e pancreáticas. A bile é secretada pelos hepatócitos do fígado e, na  
168 ausência de alimento no trato, ela é armazenada na vesícula biliar. É responsável pela  
169 emulsificação, hidrólise e solubilização da gordura no intestino, sendo que suas funções  
170 digestivas são executadas principalmente pela ação de seus maiores compostos, os sais  
171 biliares e fosfolipídeos (BRUSS, 1997).

172 A secreção da bile ocorre pela ação do hormônio colecistoquinina (CCK) que,  
173 por meio da corrente sanguínea, estimula a contração da vesícula biliar e  
174 simultaneamente ocorre o relaxamento do esfíncter de Oddi liberando a bile por ductos  
175 císticos para a luz do intestino. A ação do CCK é estimulada pela presença da gordura  
176 no lúmen intestinal. A presença de sais biliares na luz do duodeno inibe a liberação de  
177 mais bile pela vesícula biliar por um mecanismo de feedback negativo através da  
178 parede da vesícula (SWENSON e REECE, 1996). A bile é composta basicamente por  
179 ácidos biliares, fosfolipídios, colesterol, proteínas e pigmentos biliares.

180 Os sais biliares têm como função permitir a dispersão dos lipídeos pela fase  
181 aquosa onde atuam as enzimas, formando uma emulsão. A emulsificação permite que as  
182 enzimas envolvidas na digestão cheguem a seus substratos lipídicos. Após esse processo  
183 os sais biliares são reabsorvidos pela circulação êntero-hepática de volta para o fígado.  
184 A eficiência desse processo depende da taxa de absorção intestinal e da captação

185 hepática e secreção de ácidos biliares, visto que não é produzida quantidade suficiente  
186 de sais para suprir a demanda do organismo (GONZALES e SILVA, 2006).

187 Os principais produtos da lipólise são: gliceróis, monoglicerídeos e ácidos  
188 graxos livres (HORNBUCKLE e TENNANT, 1997). Os ácidos graxos de cadeias curtas  
189 e o glicerol livre solúvel em água podem ser absorvidos diretamente nos enterócitos  
190 através da corrente sanguínea. Os ácidos graxos de cadeias longas e médias,  
191 monoglicerídeos e moléculas de colesterol, interagem com os ácidos biliares conjugados  
192 à aminoácidos (taurina e glicina) para formar micelas (SAKOMURA et al., 2014).

193 A formação das micelas aumenta a fração das moléculas de lipídeos acessíveis a  
194 ação das lipases hidrossolúveis no intestino, e a ação das lipases converte os  
195 triacilgliceróis em monoglicerídeos, diglicerídeos, ácidos graxos livres e glicerol. Esses  
196 produtos da ação da lipase difundem para dentro das células epiteliais que revestem a  
197 superfície intestinal (a mucosa intestinal), onde são reconvertidos a triacilgliceróis e  
198 incorporados ao colesterol da dieta, e proteínas específicas em agregados de  
199 lipoproteínas chamados de quilomícrons. Várias combinações de lipídeos e proteínas  
200 produzem partículas de densidades diferentes, variando de quilomícrons, com proteínas  
201 de densidade muito baixa (VLDL, de very- low-density lipoproteins) à lipoproteínas, de  
202 densidade muito alta (VHDL, de very-high-density lipoproteins) (NELSON e COX,  
203 2011). O VLDL é particularmente o mais importante em aves, principalmente no  
204 período de postura, pois levam a gordura para os tecidos extra-hepáticos (ovários) onde  
205 serão usados para síntese da gema.

206 Na absorção dos lipídeos pelo intestino, os quilomícrons se deslocam na mucosa  
207 intestinal para o sistema porta e então entram no sangue, que os carrega para os  
208 músculos e o tecido adiposo. Nestes tecidos a enzima lipase lipoproteica hidrolisa os  
209 triacilgliceróis em ácidos graxos e glicerol que são absorvidos pelas células dos tecidos.

210 No músculo, os ácidos graxos são oxidados para obter energia, e no tecido adiposo são  
211 reesterificados para armazenamento na forma de triacilgliceróis (NELSON e COX,  
212 2011).

213

## 214 **5.0. Lipídeos em dietas de aves**

215 O GIM é caracterizado pelo elevado teor lipídico, o que lhe confere alto teor de  
216 energia bruta, cerca de 7300 kcal/kg (Lima et al., 2016; Albuquerque et al., 2014),  
217 maior que o milho que varia entre 3865 a 4216 kcal/kg (ROSTAGNO et al., 2017)  
218 assim como um elevado teor proteico (11,5%). Dessa forma, o alto teor lipídico do GIM  
219 pode prejudicar seu aproveitamento energético e nutricional pelas aves (LIMA, 2008).

220 Segundo Araújo (2011), óleos e gorduras são susceptíveis a alterações químicas  
221 durante o processamento e armazenamento. E a oxidação das gorduras promove a perda  
222 do valor nutricional diminuindo o aproveitamento dos alimentos pelos animais.  
223 (BERTECHINI, 2012). No entanto, segundo Ciuresco et al. (2014), o óleo presente no  
224 GIM é altamente estável, podendo ser armazenado até três meses sem o uso de  
225 antioxidantes, sem que haja alteração em sua composição e perdas de seu valor  
226 energético, podendo ser adicionado nas dietas de aves sem preocupações com perdas  
227 nutricionais. Segundo os autores, esta estabilidade se dá pelo alto teor de tocoferóis  
228 presente neste coproduto.

229 O aumento do teor lipídico na ração favorece a absorção e aproveitamento de  
230 substâncias lipossolúveis, estimula a liberação da colecistoquinina elevando a secreção  
231 do suco pancreático e, além disso, reduz a velocidade de passagem aumentando o tempo  
232 de permanência do alimento no trato digestório, melhorando o aproveitamento dos  
233 nutrientes da dieta (BERTECHINI, 2012). Lima et al., (2016) relataram diminuição da

234 taxa de passagem em poedeiras alimentadas com o GIM nos níveis de 10 a 40% em  
235 substituição a dieta referência.

236 Além disso, as gorduras são fontes de energia prontamente disponíveis e de  
237 ácidos graxos essenciais para as aves. Elas contêm mais energia que os carboidratos e  
238 podem ser adicionadas às dietas de frangos de corte para elevar a densidade energética.  
239 Segundo Wiseman e Salvador (1991), a contribuição energética das gorduras pode ser  
240 afetada por diversos fatores como: concentração da energia e proteína na ração, idade e  
241 espécie, níveis de inclusão, fontes de fibra na ração, taxa de passagem do alimento pelo  
242 trato gastrointestinal e métodos de determinação. Além destes fatores, Nitsan et al.  
243 (1997) citam que o comprimento da cadeia de ácidos graxos livres, o grau de saturação  
244 e o conteúdo de ácido linoleico mudam os valores de energia metabolizável em razão  
245 dos processos de digestão e absorção das gorduras (WISEMAN e SALVADOR, 1991).

246 A solubilização das gorduras pelo organismo é realizada pelos sais biliares, que  
247 são produzidos no fígado, armazenados na vesícula biliar e liberados no intestino  
248 delgado após uma refeição gordurosa. Os processos de digestão e absorção das gorduras  
249 ingeridas irão depender da hidrólise dos triglicerídeos realizada principalmente pela  
250 lipase pancreática, já a eficiência deste processo dependerá da presença de  
251 monoglicerídeos e do comprimento da saturação da cadeia dos ácidos graxos (NELSON  
252 e COX, 2011).

253

## 254 **6.0. Fibras em dietas de aves**

255 A fibra dietética é a parte do material vegetal considerada altamente resistente à  
256 hidrólise por enzimas endógenas de animais monogástricos. No entanto, a fibra  
257 desempenha um papel importante nas dietas de aves, se aplicada em nível adequado.

258 As fibras são classificadas como insolúveis e solúveis conforme sua solubilidade  
259 em água. As fibras insolúveis promovem maior tempo de retenção da digesta na moela,  
260 o que permite maior ação com as enzimas digestivas, favorecendo a digestão dos  
261 nutrientes. Já as fibras solúveis, aumentam a viscosidade da digesta dificultando a ação  
262 das enzimas endógenas na digestão e absorção no trato gastrointestinal (TGI) das aves.

263 A importância da quantificação da fração fibrosa dos alimentos e seus efeitos  
264 digestivos e metabólicos vêm sendo estudados na nutrição de aves (SVIHUS, 2011;  
265 MATEOS et al., 2014; SAAFA et al., 2014; KHERAVII et al., 2017; SACRANIE, et  
266 al., 2017). Os efeitos causados pelas fibras abrangem alteração no tempo de trânsito no  
267 TGI, mudança estrutural na mucosa intestinal, mudança na regulação hormonal e  
268 produção de enzimas digestivas e aumento relativo do trato digestivo das aves.

269 Podemos considerar como funções dos alimentos fibrosos na dieta de aves a  
270 manutenção do trânsito intestinal e movimentos peristálticos, o aumento do volume da  
271 massa fecal, o controle no consumo de ração e o controle do peso dos animais. A  
272 inclusão de quantidades moderadas de diferentes fontes de fibras na dieta melhora o  
273 desenvolvimento de órgãos digestivos, aumenta a produção de HCl, ácidos biliares, e  
274 secreção enzimática. Estas alterações podem resultar em melhorias na digestibilidade de  
275 nutrientes e crescimento das aves.

276

## 277 **7.0. Gérmen integral de milho na alimentação de aves**

278 De acordo com Brito (2005), o GIM é rico em ácidos graxos poli-insaturados  
279 essenciais para os não ruminantes, porém, o uso desse coproduto deve ser utilizado com  
280 cautela para pintos na fase pré-inicial. A composição lipídica do gérmen é um fator  
281 importante e deve ser avaliada sobre qual a melhor forma de utilização nas dietas, uma  
282 vez que é conhecido que os animais jovens possuem baixa capacidade de produção de

283 bÍlis, no entanto são capazes de digerir satisfatoriamente os lipÍdeos presentes nos  
284 alimentos. Esta secreção aumenta com a idade, sendo que sua taxa se estabiliza entre 0,4  
285 a 1 mL/kg/h (MACARI et al., 2008).

286 A determinação dos valores de energia metabolizável pode ser realizada em aves  
287 com diferentes idades, evitando a superestimação ou subestimação no fornecimento de  
288 energia, aumentando assim, a eficiência na formulação de rações. Ao analisarem a  
289 energia metabolizável aparente, Albuquerque et al. (2014) trabalhando com GIM  
290 contendo 49,48% de extrato etéreo na alimentação de galinhas poedeiras e Lima (2008)  
291 trabalhando com GIM contendo 59,52% de extrato etéreo em frangos de corte,  
292 relataram os valores de 4.578 kcal/kg e 4.157 kcal/kg, respectivamente.

293 Poucas pesquisas foram realizadas com a utilização do GIM. Lima (2008)  
294 declarou que a utilização do nível de 16% do GIM em dietas para frangos de corte até  
295 os 42 dias de idade é viável. Concordando com Ciuresco (2008) que avaliando o GIM  
296 contendo 47,7% de extrato etéreo, em dietas balanceadas para frangos de corte,  
297 observou que apesar do menor peso das aves que consumiram a dieta com o GIM, aos  
298 42 dias de idade não houve diferença significativa em relação à dieta controle.

299 Ciuresco et al. (2014) avaliaram o desempenho de frangos de corte alimentados  
300 com dietas contendo o GIM (com 47,07% de extrato etéreo) em substituição parcial ao  
301 milho e relataram que o GIM não alterou o desempenho, rendimento de carcaça, peito,  
302 pernas e gordura abdominal dos frangos aos 42 dias de idade, em relação a dieta  
303 referência até o nível de 21%.

304 Contudo, o GIM possui mais da metade de sua matéria seca em forma de  
305 lipÍdeos, justificando novas pesquisas quanto a sua utilização na formulação de rações  
306 para frangos de corte. Apesar de terem sido realizados alguns trabalhos, ainda não se  
307 encontram consolidados o melhor nível de inclusão para o máximo aproveitamento

308 energético e os efeitos dos lipídeos sobre o desempenho, rendimento de carcaça e cortes  
309 comerciais, além da qualidade da carne de frangos de corte. Dessa forma, fica evidente  
310 a necessidade de mais estudos sobre a utilização deste ingrediente nas dietas de frangos  
311 em diferentes fases de criação.

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333 **8.0. Referências bibliográficas**

- 334 ALBUQUERQUE, C. S.; RABELLO, C. B. V.; SANTOS, M. J. B. et al. Chemical  
335 composition and metabolizable energy values of corn germ meal obtained by wet  
336 milling for layers. **Braz. Jour. Poult. Sci.**, v. 16, p. 107-112, 2014.
- 337 ANDREOTTI, M.O.; JUNQUEIRA, O.M.; BARBOSA, M.J.B. et al. Energia  
338 metabolizável do óleo de soja em diferentes níveis de inclusão para frangos de corte  
339 nas fases de crescimento e final. **R. Bras. Zootec.**, v.33, 2004.
- 340 BERTECHINI, A. G. **Nutrição de Monogástricos**. Ed. UFLA, MG: Lavras, 2012. 373  
341 p.
- 342 BRITO, A. B.; STRINGHINI, J. H.; CRUZ, C. P. et al. Avaliação nutricional do  
343 gérmen integral de milho para aves. **Ciênc. Anim. Bras**, v. 6, p. 19-26, 2005.
- 344 BRITO, A. B.; STRINGHINI, J. H.; XAVIER, S. A. G. et al. Digestibilidade dos  
345 aminoácidos do milho, farelo de soja e gérmen integral de milho em galos e frangos  
346 de corte cecectomizados. **R. Bras. Zootec.**, v. 40, p. 2147-2151, 2011.
- 347 BRUNELLI, S. R.; PINHEIRO, J. W.; FONSECA N. A. N. et al. Efeito de diferentes  
348 níveis de farelo de gérmen de milho desengordurado em dietas suplementadas com  
349 fitase para poedeiras comerciais. **Semina: Ciênc. Agr**, v. 33, p. 1991-2012, 2012.
- 350 BRUSS, M. L. Lipids and Ketones. In: KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M.  
351 H. (Eds). **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 5 ed. New York: Academic  
352 Press, p. 83-100, 1997.
- 353 CALDERANO, A. A.; GOMES, P. C. e ALBINO, L. S. Chemical composition of feed  
354 stuffs of plant origin for poultry. **Braz. J. Ani. Sci**, v. 39, p. 320-326, 2010.
- 355 CARDOSO, W. S.; PINHEIRO, F. A.; MACHADO F. P. et al. **Indústria do milho**. In:  
356 Milho biofortificado. Ed.: Suprema, MG, Visconde do Rio Branco, 2011. 290 p.

357 CELERES – Empresa de Consultoria Focada no Agronegócio. **Relatório estatístico**.  
358 Disponível em: <http://www.celeres.com.br/category/atualidades/artigos/> Acesso em:  
359 24 ago. 2018.

360 CIURESCO, G. Chemical composition and effects the dietary corn by-products on  
361 broiler performance. **Zootehnie si Biotehnologii**, v. 41, p. 491-497, 2008.

362 CIURESCU, G.; ROPOTA, M. E A. GHEORGHE. Effect of various levels of corn  
363 germ on growth performance, carcass characteristics and fatty acids profile of thigh  
364 muscle in broiler chickens. **Arch. Zootech**, v. 17, p. 77-91, 2014.

365 CORN REFINERS ASSOCIATION. 2006. **Corn wet milled feed products corn wet**  
366 **milled feed products corn**. Washington D.C. Disponível em:  
367 <<http://www.corn.org/Feed2006.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2018.

368 DAS, A. K., e V. SINGH. Antioxidative free and bound phenolic constituents in  
369 pericarp, germ and endosperm of Indian dent (*Zea mays* var. *indentata*) and flint  
370 (*Zea mays* var. *indurata*) maize. **J. Funct. Foods**, v. 13, p. 363-374, 2015.

371 GERALDI, C. A. Q. N. C.; PEREIRA, L. M.; FRARE, T. et al. Análise econômico-  
372 financeira de um novo processo de produção de derivados de milho. **Engevista**, v. 4,  
373 p. 185-195, 2012.

374 GONZALEZ, F.H.D.; SILVA, S.C. **Introdução à bioquímica clínica**  
375 **veterinária**. 2ª Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 364p, 2006.

376 HENZ, J. F.; NUNES, R. V.; POZZA, P. C. et al. Valores energéticos de diferentes  
377 cultivares de milho para aves. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, p. 2403-2414,  
378 2013.

379 HETLAND, H.; SVILUS B. e KROGDAHL, A. Effects of oat hulls and wood shavings  
380 on digestion in broilers and layers fed diets based on whole or ground wheat. **Brit.**  
381 **Poult. Sci**, v. 44, p. 275-282, 2003.

382 HORNBUCKLE, W.E.; TENNANT B.C. **Gastrointestinal Functions**. In: Kaneko, J.  
383 J.; Harvey, J. W.; BRUSS, M. H. (eds). *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*.  
384 5 ed. New York: Academic Press, p.367-406, 1997.

385 JIMÉNEZ-MORENO, E.; GONZÁLEZ-ALVARADO, J. M.; GONZÁLES-  
386 SÁNCHEZ, D. et al. Effects of type and particle size of dietary fiber on growth  
387 performance and digestive traits of broilers from one to twenty-one day of age.  
388 **Poult. Sci.** v. 89, p. 2197–2212, 2010.

389 JUNIOR, A.S. Interações químico-fisiológicas entre acidificantes, probióticos, enzimas  
390 e lisofosfolípidios na digestão de leitões. **R. Bras. Zootec.**, v.38, p. 238-245, 2009.

391 KHERAVII, S. K.; SWICK, R. A.; CHOCT, M. et al. Coarse particle inclusion and  
392 lignocellulose-rich fiber addition in feed benefit performance and health of broiler  
393 chickens. **Poultry Science**, v. 0, p.1–10, 2017.

394 LEESON, S., SUMMERS, J.D. **Nutrition of the chicken**. 4 ed. Ontario: University  
395 Books, 2001.

396 LELIS, G.R.; BRITO, C.O.; TAVERNARI, F.C.; ALBINO, L.F.T. Metabolismo de  
397 carboidratos e lipídios em aves. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.57, p.792-798,  
398 2005.

399 LIMA, R. B. **Avaliação nutricional de derivados da moagem úmida do milho para**  
400 **frangos de corte industrial**. 2008. 58p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -  
401 Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2008.

402 LIMA, M. B.; RABELLO, C. B. V.; SILVA, E. P. et al. Effect of broiler chicken age on  
403 ileal digestibility of corn germ meal. **Acta Scient. Anim. Sci**, v. 34, p. 137-141,  
404 2012.

405 LIMA, M. B.; RABELLO C. B. V. e SILVA, E. P.. Valores energéticos do germen  
406 integral de milho para aves de postura. **R. Ciênc. Agron**, v. 47, p. 770-777, 2016.

407 MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a**  
408 **frangos de corte.** 2ª Ed.: Editora FAPESP, SP: São Paulo. 2008. 373 p.

409 MATEOS, G.G. et al. Importance of fiber in pullet diets. Advancing Poultry  
410 Production, **Proceedings of the Massey Technical Update Conference.** v.16, p.3-  
411 18, 2014.

412 NELSON, D. L. e M. M. COX. **Princípios de Bioquímica de Lehninger.** 5ª ed.:  
413 Editora Artmed, RS: Porto Alegre. 2011. 1274 p.

414 NITSAN, Z. Effect of added soybean oil and dietary energy on metabolizable and net  
415 energy of broiler diets. Brit. Poult. Sci, v. 38, p.101-106, 1997.

416 OLIVEIRA, R.S. **Suplementação de nutracêutico (lecipalm®) e vitamina E para**  
417 **frangos de corte: desempenho zootécnico e metabolismo.** Dissertação de  
418 mestrado em Produção Animal – Universidade Federal do Paraná – Curitiba, 2009.

419 PAES, M. C. D. 2006. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho.**  
420 Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo (Circular técnica, 75).

421 PUPA, J.M.R. Óleos e gorduras na alimentação de aves e suínos, Revista Eletrônica  
422 **Nutritime**, v.1, p. 69-73, 2004. Disponível em: <http://www.nutritime.com.br>.  
423 Acesso em: 22/19/2018.

424 RABELLO, C. B. V.; SILVA, A. F.; LIMA, S. B. P. et al. Farelo de glúten de milho na  
425 alimentação de frangas de corte de crescimento lento. **R. Bras. Ciênc. Agrárias**, v.  
426 7, p. 367-371, 2012.

427 ROSTAGNO, H.S.; Albino, L. F. T.; Hannas, M. I. et al. **Tabelas brasileiras para aves**  
428 **e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais.** 4ª Ed.: Editora  
429 UFV, MG: Viçosa. 2017. 488 p.

430 SAFAA, H.M.; JIMÉNEZ-MORENO, E.; FRIKHA, M. et al. Plasma lipid metabolites  
431 and liver lipid components in broilers at 21 days of age in response to dietary

432 different fiber sources. **Egyptian Journal Animal Production**. v.51, p.115-127,  
433 2014.

434 SACRANIE, A.; ADIYA, X.; MYDLAND, L. T. et al. Effect of intermittent feeding  
435 and oat hulls to improve phytase efficacy and digestive function in broiler chickens.  
436 **British Poultry Science**, v.58, p.442-451, 2017.

437 SAKOMURA, N. K.; SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P. et al. **Nutrição de não**  
438 **ruminantes**. Ed: Funep. SP: Jaboticabal. 2014. 678 p.

439 SCHONE, R.A.; NUNES, R. V.; FRANK, R. et al. Resíduo seco de destilaria com  
440 solúveis (DDGS) na alimentação de frangos de corte (22-42 dias). **R. Ciênc. Agron**,  
441 v. 48, p. 548-557, 2017.

442 STRINGHINI, J. H.; ARANTES, U. M.; LABOISSIERE, M. et al. Desempenho de  
443 frangos de corte consumindo rações contendo sorgo e gérmen integral de milho. **R.**  
444 **Bras. Zootec**, v. 38, p. 2435-2441, 2009.

445 SVIHUS, B. The gizzard: Function, influence of diet structure, and effects on nutrient  
446 availability. **World's Poultry Science Journal**, v.67, p.207-223, 2011.

447 SWENSON, M.J.; REECE, W.O. **Dukes: Fisiologia dos Animais Domésticos**. 11<sup>a</sup> ed.  
448 Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 856p.,1996.

449 WISEMAN, J. e SALVADOR, F. Influence of free fatty acid content and degree of  
450 saturation on the apparent metabolizable value of fats fed to broilers. **Poult. Sci**, v.  
451 70, p. 573-582, 1991.

452

453

454

455

456

457  
458  
459  
460  
461  
462  
463  
464  
465  
466  
467  
468  
469  
470  
471  
472  
473  
474  
475  
476  
477  
478  
479  
480  
481

## CAPÍTULO 2

---

### **Valores energéticos do gérmen integral de milho avaliado pelo modelo de superfície de resposta para frangos de corte**

\*Artigo redigido de acordo com as normas da revista Poultry Science.

482 **RESUMO:** Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a composição  
483 nutricional do Gérmen integral de milho (GIM), bem como os efeitos dos níveis de  
484 substituição e da idade de frangos de corte sobre o aproveitamento energético e  
485 coeficientes de digestibilidade de nutrientes do GIM. Foram utilizados 720 frangos de  
486 corte com um dia distribuídos ao acaso em seis tratamentos e seis repetições em três  
487 ensaios: pré-inicial (1-8 dias, 10 aves por repetição), inicial (15-22, seis aves por  
488 repetição) e crescimento (28-35, quatro aves por repetição). Os tratamentos foram: uma  
489 dieta referência e quatro dietas teste com 10, 15, 20, 25 e 30% de substituição da dieta  
490 referência pelo GIM. Foi utilizada a metodologia de coleta parcial de excretas para  
491 determinar a energia metabolizável aparente (EMA) e corrigida pelo balanço de  
492 nitrogênio ( $EMA_n$ ) e os coeficientes de metabolizabilidade aparente da energia bruta  
493 (CMAEB), proteína bruta (CMAPB), matéria seca (CMAMS) e extrato etéreo  
494 (CMAEE) do GIM. O conteúdo ileal, também, foi coletado para a determinação dos  
495 coeficientes de digestibilidade ileal da proteína bruta (CDIPB) e matéria seca (CDIMS),  
496 proteína bruta digestível (PBD) e matéria seca digestível (MSD). Os dados foram  
497 adequados ao modelo de superfície de resposta. O ponto estacionário para a EMA e  
498  $EMA_n$  foram: 4173 kcal/kg ( $EMA = 1781,167 + 52,446 \text{ idade} + 203,455 \text{ nível} - 1,570$   
499  $\text{nível} \times \text{idade} - 4,119 \text{ nível}^2$ ) e 3591kcal/kg ( $EMA_n = 1551,255 + 68,422 \text{ idade} +$   
500  $196,686 \text{ nível} - 1,819 \text{ nível} \times \text{idade} - 3,849 \text{ nível}^2$ ). Para o CMAEB, CMAPB, CMAMS  
501 e CMAEE os pontos estacionários foram 49,3; 40,4; 72,6 e 61,3%, respectivamente. O  
502 ponto estacionário para a  $EMA_n$  foi aos 18 dias de idade com 28% do CGM. Os pontos  
503 estacionários do CDIPB, CDIMS, PBD e MSD foram: 78,%, 57,96, 8,50 e 56,17%,  
504 respectivamente. Houve correlação entre a idade e o nível, onde a dependência entre  
505 estes fatores indica que a utilização de energia do GIM pelos frangos varia de acordo  
506 com o nível de substituição e a idade dos frangos de corte, como exemplo, aos sete dias

507 de idade o nível ótimo de utilização do GIM é de 23,8%, já aos 35 dias o nível ótimo é  
508 de 17,28%, com EMA<sub>n</sub> de 4228 e 5095 kcal/kg, respectivamente.

509

510 **Palavras-chaves:** coproduto, digestibilidade, energia metabolizável, fonte lipídica

511

512

513

514

515

516

517

518

519

520

521

522

523

524

525

526

527

528

529

530

531

532 **ABSTRACT:** The objective of this study was to evaluate the nutritional composition of  
533 the corn germ meal (CGM), as well as the behavior of the levels of substitution of the  
534 same and age of broilers on the energy values of CGM. 720 broilers one day old were  
535 distributed randomly in six treatments and six replicates with three trials: pre-start (1 to  
536 8 days old, 10 birds by replicates), initial (15 to 22 days old, 6 birds by replicates) and  
537 growth I (28 to 35 days old, 4 birds by replicates). The treatments were: one reference  
538 diet and four test diets with 10, 15, 20, 25 and 30% of replacement of the reference diet  
539 by CGM. The methodology of partial excreta collection were used to determine the  
540 apparent metabolizable energy (AME) and for nitrogen balance ( $AME_n$ ) and the  
541 apparent metabolizable coefficients of gross energy (AMCGE), crude protein (AMCCP)  
542 dry matter (AMCDM) and ether extract (AMCEE) of CGM. The ileal content was also  
543 collected for the determination of ileal digestibility coefficients of dry matter (IDCDM)  
544 and crude protein (IDCCP), digestible dry matter (DDM) and digestible crude protein  
545 (DCP) values. The data was fit for response surface model. The stationary point for  
546 AME and  $AME_n$  was 4173 kcal/kg ( $AME = 1781.167 + 52.446 \text{ age} + 203.455 \text{ level} -$   
547  $1.570 \text{ level} \times \text{age} - 4.119 \text{ level}^2$ ), and 3591kcal/kg ( $AME_n = 1551.255 + 68.422 \text{ age} +$   
548  $196.686 \text{ level} - 1.819 \text{ level} \times \text{age} - 3.849 \text{ level}^2$ ). To AMCCE, AMCDM, AMCEE the  
549 stationary point was 49.3, 40.4, 72.6 and 61.3%, respectively. The stationary point for  
550  $AME_n$  was at 18 days old with 28% of CGM. The stationary point for IDCCP, IDCCM,  
551 DCP and DDM 78.88, 57.96, 8.50 and 56.17%, respectively. There was a correlation  
552 between age and level, where the dependence between these factors indicates that the  
553 use of energy of the CGM by the chickens varies according to the replacement level and  
554 the age of the broilers, as example, at 7 d the optimal level of CGM use is 23.8% at 35 d  
555 the optimal level is 17.28%, with  $AME_n$  of 4228 and 5095 kcal/kg, respectively.

556 **Keywords:** by-product, digestibility, lipid source, metabolizable energy

## INTRODUÇÃO

557

558 Algumas indústrias beneficiadoras do grão de milho têm como objetivo a  
559 produção de amido alimentício e seus derivados, glúten 60%, glúten 21%, gérmen  
560 integral, gérmen desengordurado, óleo de milho, entre outros. A moagem úmida possui  
561 maior eficiência na separação dos grânulos do amido e proteínas do endosperma do que  
562 a moagem seca, resultando em maior número de coprodutos (Cardoso et al., 2011).

563 O Brasil produziu no último ano cerca de 91,2 milhões de toneladas de milho,  
564 sendo que cerca de 7% pelas indústrias de beneficiamento (CELERES, 2018).  
565 Considerando que o gérmen constitui 11% deste grão (Paes, 2006), foram produzidos  
566 aproximadamente 700 mil quilos de gérmen integral de milho pelas indústrias.

567 O GIM é um coproduto obtido através da degerminação do grão de milho por  
568 via úmida sem que haja o processo de extração de lipídeos (óleo do milho). É composto  
569 pelo gérmen do grão de milho e seu pericarpo, e possui elevado teor de extrato etéreo,  
570 entre 49,5 e 59,8% (Lima, 2008; Lima et al., 2012; Albuquerque et al., 2014). Algumas  
571 empresas extraem o óleo e produzem outro coproduto denominado de gérmen  
572 desengordurado, o qual se diferencia do GIM pelos baixos teores de extrato etéreo,  
573 sendo estes de 10,1% (Rostagno et al., 2017).

574 Além disso, a literatura relata valores de proteína bruta de 10,4 a 11,5% (Lima,  
575 2008; Lima et al., 2012; Albuquerque et al., 2014), e 0,19, 0,48 e 0,40% de metionina,  
576 lisina e treonina, respectivamente, para o GIM (Albuquerque et al., 2014), os quais se  
577 mostram superiores aos do grão de milho.

578 Este coproduto pode ser considerado de alto valor energético para a alimentação  
579 de aves, o qual possui energia metabolizável aparente de 4714 kcal/kg para frangos de  
580 corte aos 35 dias (Lima, 2008). Existem poucas pesquisas que determinaram o valor  
581 energético do GIM obtido por via úmida, sem extração do óleo de milho para frangos de

582 corte (Ciuresco, 2008; Ciuresco et al., 2014), a maioria dos estudos foram realizados  
583 com a utilização do GIM desengordurado (Stringhini et al., 2009; Brito et al., 2011;  
584 Brunelli et al., 2012).

585 Entretanto, nenhuma dessas pesquisas leva em consideração o efeito da idade  
586 das aves sobre os valores energéticos do GIM, bem como a interação entre a idade e os  
587 níveis de inclusão do coproduto. Levando em consideração que a idade das aves não  
588 somente interfere nos valores de energia metabolizável, mas também na  
589 metabolizabilidade dos nutrientes da dieta.

590 Com isso, teve-se como objetivo, determinar a composição química e de  
591 aminoácidos do GIM, avaliar os níveis de substituição da ração referência pelo GIM e a  
592 idade das aves (de 1 a 35 dias) sobre os valores de energia metabolizável, coeficientes  
593 de metabolizabilidade e digestibilidade ileal dos nutrientes do GIM em frangos de corte.

594

## 595 **MATERIAL E MÉTODOS**

### 596 **Instalações e manejo das aves**

597 A pesquisa foi realizada de acordo com as normas éticas e aprovado pela  
598 Comissão de Ética no Uso de Animais (Licença: 083/2015) da Universidade Federal  
599 Rural de Pernambuco (UFRPE), e conduzido no Laboratório de Digestibilidade de  
600 Animais Não Ruminantes do Departamento de Zootecnia da UFRPE. Foram utilizados  
601 720 pintos de corte, machos, da linhagem Cobb 500 com um dia de idade, com peso  
602 médio de 43 g, distribuídos aleatoriamente em seis tratamentos e seis repetições. O  
603 experimento foi dividido em três fases de acordo com a idade das aves: pré-inicial (1 a 8  
604 dias), inicial (15 a 22 dias) e crescimento (28 a 35 dias). Cada unidade experimental  
605 continha 10, 6 e 4 aves, respectivamente, de acordo com a idade.

606 As aves foram alojadas em baterias de gaiolas com dimensões de 0,50 x 0,50 x  
607 0,50 m na fase pré-inicial, e 1,00 x 0,50 x 0,50 m na fase inicial e crescimento. Cada  
608 gaiola foi equipada com um comedouro tipo calha e um bebedouro tipo copo. A sala  
609 onde se encontravam as gaiolas teve ambiente controlado, onde foram registradas  
610 temperatura e umidade relativa do ar durante todo o período experimental com uso de  
611 datalogger (modelo HOBOWare U12-012). As médias registradas de temperatura e  
612 umidade para cada fase foram de: 30,79 °C e 64,11% para a fase pré-inicial, 27,94 °C e  
613 73,3% para a fase inicial e 26,86 e 76,55% para a fase de crescimento.

614 O lote de pintos recebidos foi criado em galpão de alvenaria, recebendo água e  
615 ração referência à vontade, manejados de acordo com as recomendações da linhagem. A  
616 cada fase experimental, as aves foram selecionadas pelo peso e transferidas para as  
617 gaiolas, de modo que foi utilizado um novo lote para cada fase.

#### 618 **Tratamentos experimentais e método de coleta**

619 Os tratamentos consistiram de uma dieta referência a qual foi substituída  
620 parcialmente pelo GIM, nas porções de 10, 15, 20, 25 e 30%. A dieta referência foi  
621 formulada para atender as exigências nutricionais das aves de acordo com as  
622 recomendações propostas por Rostagno et al. (2011), conforme apresentado na Tabela  
623 1. O GIM utilizado nesta pesquisa foi adquirido da empresa Ingredion<sup>®</sup>, e era composto  
624 por gérmen e pericarpo.

625 Foi utilizado o método de coleta parcial de excretas, com uso de 1% da cinza  
626 ácida insolúvel (Celite<sup>®</sup>) adicionada às rações. Cada fase experimental foi realizada em  
627 oito dias, sendo quatro dias para adaptação das aves às gaiolas e as dietas experimentais  
628 e quatro dias para a coleta de excretas. A coleta foi realizada duas vezes ao dia, uma vez  
629 pela manhã e outra à tarde, apenas das excretas frescas, durante dois dias consecutivos.  
630 Essas foram identificadas e armazenadas em freezer a -20 °C.

631 Ao final de cada fase experimental, todas as aves foram eutanasiadas por  
632 deslocamento cervical, em seguida o íleo foi exposto por incisão abdominal e um  
633 segmento a 2,0 cm do divertículo de meckel e terminando a 2,0 cm da junção íleo-cecal  
634 foi removido, seu conteúdo recolhido em recipiente plástico devidamente identificado e  
635 armazenado em freezer.

636 Ao final do período experimental as excretas foram descongeladas,  
637 homogeneizadas por repetição e pré-secas em estufa com circulação forçada a 55 °C,  
638 durante 72 horas. Em seguida foram moídas em moinho de bola e encaminhadas ao  
639 Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFRPE junto com  
640 as rações e o conteúdo ileal para a realização das análises laboratoriais.

#### 641 **Análises laboratoriais**

642 As rações e excretas foram analisadas quanto aos teores de matéria seca,  
643 nitrogênio e extrato etéreo pelo método descrito pela AOAC (2006), e a energia bruta  
644 (Modelo IKA C-200) com utilização de bomba calorimétrica padronizada utilizando  
645 ácido benzoico e cinza ácida insolúvel pela metodologia descrita por Van Keulen e  
646 Young (1977), nas excretas e no conteúdo ileal.

647 Para o GIM, além das análises citadas acima foram realizadas as análises de  
648 fibra bruta e fibra em detergente neutro (AOAC, 2006). Também foram analisados os  
649 aminoácidos pela empresa Evonik através do HPLC (High performance liquid  
650 chromatography).

#### 651 **Variáveis determinadas**

652 Foram calculados os valores da energia metabolizável aparente (EMA) por  
653 equações propostas por Matterson et al. (1965) e energia metabolizável aparente  
654 corrigida pelo balanço de nitrogênio ( $EMA_n$ ), coeficientes de metabolizabilidade  
655 aparente da energia bruta (CMAEB), proteína bruta (CMAPB), matéria seca (CMAMS)

656 e extrato etéreo (CMAEE) do GIM de acordo com as equações de Sakomura e Rostagno  
657 (2016). Através do conteúdo ileal foi determinado o coeficiente de digestibilidade ileal  
658 da matéria seca (CDIMS) e proteína bruta (CDIPB), e valores de matéria seca digestível  
659 (MSD) e proteína bruta digestível (PBD).

#### 660 **Análises estatísticas**

661 Os dados foram analisados quanto aos princípios de normalidade dos erros e  
662 homogeneidade das variâncias, e foram submetidos à análise de variância (ANOVA)  
663 para determinar a diferença entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ). Ajustou-se o Modelo de  
664 Superfície de Resposta (MSR) utilizando o procedimento RSREG do programa  
665 computacional SAS versão 9.2 (2008) para as variáveis estudadas, considerando os  
666 efeitos quadráticos do nível de substituição da dieta referência pelo GIM e idade das  
667 aves, bem como a interação entre eles. Para a construção dos gráficos foi usado o  
668 programa R (versão 3.5.0, 2018).

669 O comportamento do sistema pode ser descrito com um modelo quadrático de  
670 acordo com a seguinte equação:

$$671 \hat{Y} = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_{12}x_1x_2 + a_{13}x_1x_3 + a_{14}x_1x_4 + a_{23}x_2x_3 + a_{24}x_2x_4 \\ 672 + a_{34}x_3x_4 + a_{11}x_1^2 + a_{22}x_2^2 + a_{33}x_3^2 + a_{44}x_4^2,$$

673 Onde, Y é a resposta prevista;  $a_0$  é um coeficiente constante (intercepto);  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$   
674 e  $a_4$  são efeitos lineares;  $a_{12}$ ,  $a_{13}$ ,  $a_{14}$ ,  $a_{23}$ ,  $a_{24}$  e  $a_{34}$  são efeitos de interação;  $a_{11}$ ,  $a_{22}$ ,  $a_{33}$  e  
675  $a_{44}$  são efeitos quadráticos, enquanto que  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  e  $x_4$  são variáveis independentes que  
676 são os níveis de substituição do GIM pela dieta referência (10, 15, 20, 25 e 30%) e  
677 idade dos frangos de corte (1 a 35 dias de idade). A obtenção dos pontos críticos (a, b)  
678 da função  $z = f(x,y)$  foi por resolução do sistema de equações formado pelas derivadas  
679 parciais, descritas abaixo:

680

681

$$\frac{\partial z}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial z}{\partial y} = 0$$

682

683

## RESULTADOS

684

### **Avaliação nutricional do GIM**

685

686

687

688

689

690

691

Os valores encontrados da composição química, aminoacídica e energética do GIM estão apresentados na Tabela 2. O GIM apresentou valores de proteína bruta, extrato etéreo, cinzas, fibra bruta e fibra em detergente neutro de 10,77, 56,52, 1,60, 23,52 e 30,28 %, respectivamente. Os aminoácidos essenciais de maior participação na proteína bruta foram: leucina, arginina, valina e lisina e os não essenciais foram os ácidos glutâmico e aspártico. Os componentes presentes no GIM proporcionaram a energia bruta de 7183 kcal/kg com base na matéria seca.

692

### **Valores energéticos e coeficientes de metabolização do GIM**

693

694

695

696

697

698

699

700

Os valores de energia e coeficientes de metabolizabilidade dos nutrientes do GIM usado no presente estudo estão apresentados na Tabela 3. Houve interação entre níveis de substituição do GIM (NI) e a idade das aves para os resultados de EMA, EMA<sub>n</sub>, CMAEB, CMAMS, CMAPB e CMAEE. O quadrado do nível de substituição do GIM (NI<sup>2</sup>) apresentou interação significativa com todas as variáveis analisadas, já o quadrado da idade (ID<sup>2</sup>) apresentou interação apenas para o CMAMS e CMAEE. Houve interação entre o nível e idade (NI x ID) para EMA, EMA<sub>n</sub>, CMAEB, CMAMS e CMAPB.

701

702

Os pontos estacionários para a EMA e EMA<sub>n</sub> foram: 4173 e 3591 kcal/kg (Tabela 3). Deste modo, na Tabela 4 estão descritas as equações do MSR estimados

703 para EMA, EMAn, CMAEB, CMAMS, CMAPB e CMAEE, assim como os níveis  
704 práticos determinados com o uso das equações geradas pelo MSR. Os valores  
705 energéticos mínimos da EMA e EMAn foram de 1781 e 1551 kcal/kg, respectivamente,  
706 e com o avançar da idade esses valores aumentam em 52,5 e 68,4 kcal/kg por dia.

707 O ponto estimado para o ótimo aproveitamento energético do GIM considerando  
708 nível x idade é representado pela EMA aos 17,64 dias de idade dos frangos de corte  
709 com 28,05% do GIM e EMAn aos 43 dias com nível de 35,73 % do GIM. Os valores do  
710 modelo estimado para CMAEB foi de 40,12 dias de idade e 34,80 % do GIM, para o  
711 CMAMS 31 dias e 16,56 % e para o CMAEE de 38 dias e nível de 20,27 % do GIM.  
712 Ocorreu aumento diário no CMAEB de 0,89%, do CMAPB de 0,81%, do CMAMS de  
713 2,16% e do CMAEE de 1,82%.

714 No que diz respeito aos níveis, foi observado que cada 1% de GIM adicionado  
715 gerou aumento de 203,5 kcal/kg de EMA e 196,7% de EMAn. Entretanto, observa-se  
716 que houve uma saturação do GIM, ou seja, ocorreu diminuição dos valores de  
717 aproveitamento energético com o aumento dos níveis ( $NI^2 = -4,2\%$ ).

718 Com base nas equações descritas pelo modelo matemático, foram construídos os  
719 gráficos apresentados nas Figuras de 1 a 5, que mostram o comportamento das variáveis  
720 experimentais dependentes estudadas com reação as variáveis independentes (nível x  
721 idade).

## 722 **Digestibilidade ileal do GIM**

723 Os coeficientes de digestibilidade ileal dos nutrientes do GIM obtidos em  
724 frangos de corte, apresentados na Tabela 5, demonstram que houve efeito significativo  
725 para a idade das aves e níveis de substituição do GIM para todas as variáveis estudadas  
726 (CDIPB, CDIMS, PBD e MSD). No entanto, não houve efeito quadrático da idade e dos

727 níveis para o CDIMS e a MSD. Os pontos estacionários estimados foram: CDIPB =  
728 78,88%, PBD = 8,50%, CDIMS= 57,96% e MSD= 56,17%.

729 As equações preditas pelo MSR estão descritas na Tabela 6. Podemos observar  
730 que houve significância apenas para o modelo da MSD, onde a digestibilidade  
731 aumentou 1,42% ao dia, e 2,91% a cada 1% do GIM. Podemos considerar que o nível  
732 de maior digestibilidade ileal para a proteína bruta foi de 20,6% aos 28,2 dias e para a  
733 matéria seca de 17,9% aos 20,8 dias de idade dos frangos.

734

## 735 **DISCUSSÕES**

736 A importância da avaliação da composição do GIM é atribuída à variação que  
737 pode ocorrer de acordo com a qualidade do milho e do processo adotado pela indústria  
738 na extração dos produtos de interesse comercial. Variações significativas são  
739 encontradas na composição química dos grãos de milho, podendo alterar a energia  
740 metabolizável das dietas e, conseqüentemente, a do coproduto gerado, neste caso o  
741 GIM.

742 Neste estudo foi possível observar o efeito da idade e dos níveis de substituição  
743 do GIM sobre o aproveitamento energético, coeficientes de metabolizabilidade e  
744 digestibilidade ileal de frangos de corte de 1 a 35 dias, onde o avançar da idade das aves  
745 não foi suficiente para manter a máxima digestão e máxima absorção do GIM nos níveis  
746 mais elevados, reduzindo a utilização dos seus nutrientes.

747 O elevado teor de extrato etéreo no GIM analisado é justificado pela sua origem,  
748 na qual na indústria não ocorre o processo de extração do óleo do milho, deixando este  
749 coproduto com altos índices de lipídeos. Este processo de extração pode não ocorrer  
750 devido a diversos fatores, tais como, a falta de máquinas específicas, o aumento nos  
751 custos de produção e os valores de mercado do GIM e do óleo de milho, o que pode

752 tornar mais vantajosa a comercialização do GIM, onde os custos da terceirização para a  
753 retirada do óleo tornaria o processamento muito dispendioso.

754 A composição de extrato etéreo e energia bruta do GIM no presente estudo  
755 (56,52% e 7183 kcal/kg) se assemelham aos encontrados por Lima et al. (2012) que  
756 obtiveram 56,48% e 7039 kcal/kg, estes teores elevados caracterizam o GIM como um  
757 coproduto altamente energético.

758 Os aminoácidos do GIM superaram os valores determinados por Albuquerque et  
759 al. (2014), que encontraram 0,19% de metionina; 0,21% de cistina; 0,48% de lisina;  
760 0,40% de treonina; 0,72% de arginina; 0,35% de isoleucina; 0,83% de leucina; 0,57%  
761 de valina e 0,37% de histidina. Esse coproduto mostrou conter altos teores de proteína  
762 bruta (10,77%) e aminoácidos essenciais para a nutrição de aves. Em destaque, a  
763 metionina (0,215%) e a lisina (0,544%) que são os primeiros limitantes, sendo estes  
764 superiores aos do grão de milho (0,160 e 0,230%, respectivamente) apresentado por  
765 Rostagno et al. (2017), demonstrando que o GIM pode ajudar na suplementação  
766 aminoacídica da dieta de frangos de corte.

767 A fibra bruta encontrada (23,51%) está acima dos valores identificados por Lima  
768 et al. (2016) de 5,2%, e por Lima et al. (2012) que foi de 5,35%. A divergência entre os  
769 resultados pode ser explicada pela variação na qualidade do milho, condições  
770 agronômicas e método de processamento das indústrias (Kim et al., 2010, Rochell et al.,  
771 2011). Sabe-se que elevados níveis de fibra insolúvel na dieta de aves aumentam a taxa  
772 de passagem do alimento no intestino delgado, assim, Lima et al. (2016) relataram  
773 aumento na taxa de passagem do GIM, nos níveis 10 a 40% em dietas de poedeiras.

774 As fibras da dieta exercem efeitos metabólicos e fisiológicos nas aves, sendo  
775 diferenciadas conforme as frações que as constituem, solúvel ou insolúvel. A  
776 estimulação física das fibras sobre as paredes do trato gastrointestinal pode reduzir a

777 ação das enzimas digestivas e, conseqüentemente, reduzir a digestibilidade dos  
778 nutrientes (Sacranie et al., 2012). Altos teores de fibra dietética solúvel podem induzir  
779 saciedade e reduzir o consumo de ração em aves (Mateos et al., 2014; Safaa et al.,  
780 2014). Além disso, podem acelerar a fermentação no intestino delgado promovendo a  
781 redução na digestibilidade da proteína, amido e lipídeos. Entretanto, a presença de  
782 quantidade moderada de fibras insolúveis na dieta melhora a digestibilidade do amido e  
783 lipídeos, pela maior ação da moela, que pode aumentar o refluxo da digesta do duodeno  
784 para a moela, levando ao aumento da interação da  $\alpha$ -amilase e dos ácidos biliares com  
785 os substratos (Hetland et al., 2002; Jiménez-Moreno et al., 2016; Sacranie et al., 2017).

786         Hetland et al. (2003) relataram que a fibra é geralmente considerada diluente em  
787 dietas para aves. Rochell et al. (2011) ao gerar equações de predição para coprodutos do  
788 milho concluiu que a hemicelulose possui efeito sobre os valores da  $EMA_n$ , sendo essa  
789 um tipo de fibra primária presente nos coprodutos do milho, compondo grande parte da  
790 FDN e FB.

791         O aproveitamento energético do GIM pelos frangos de corte e a digestibilidade  
792 ileal variaram de acordo com a idade das aves e o nível de substituição. Isso reforça o  
793 conceito que as aves aumentam a metabolizabilidade dos nutrientes presentes na dieta  
794 com o avançar da idade, ficando evidente que nos primeiros dias e com uso de níveis  
795 mais baixos do GIM houve aumento linear da EMA. No entanto, ao passar do ponto  
796 estacionário, houve declínio dos valores com o aumento dos níveis do GIM. A  $EMA_n$   
797 mostrou efeito semelhante, onde apesar do aumento da digestibilidade do GIM por aves  
798 mais velhas, chega-se a um ponto de saturação no qual o organismo das aves não  
799 consegue aproveitar toda a energia fornecida por este coproduto.

800         Esses fenômenos podem ser explicados através da digestão dos lipídeos pelas  
801 aves. Frangos de corte mais velhos comparados aos mais jovens apresentam maior

802 digestibilidade dos nutrientes devido ao aumento da atividade das enzimas amilase,  
803 tripsina e lipase (Schneiders et al., 2015), a atividade duodenal dobra com a idade (entre  
804 o 4 e 21° dia de vida) e em resposta ao alimento ingerido (Sklan, 2001). As  
805 concentrações de sais biliares aumentam linearmente até a segunda semana de vida das  
806 aves, uma vez que, a secreção biliar encontra-se entre 0,4 a 1 mL/kg/h (MACARI et al.,  
807 2008). Assim, a redução dos valores energéticos do GIM pode ter ocorrido através de  
808 uma possível saturação e estabilidade no processo de digestão e absorção dos lipídeos  
809 no trato gastrointestinal das aves.

810         A digestão dos lipídeos no lúmen intestinal requer a participação das secreções  
811 pancreáticas e biliares. A enzima lipase pancreática atua sobre os triglicerídeos,  
812 degradando-os a monoglicerídeos, ao mesmo tempo, as secreções biliares atuam na  
813 emulsificação das gorduras para facilitar a ação das enzimas (Nelson e Cox, 2011).  
814 Cerca de 90% dos sais biliares são reabsorvidos no íleo por processo ativo para serem  
815 reutilizados. A absorção dos lipídeos ocorre na região do final do duodeno até o final do  
816 íleo em animais monogástricos (Silva et al., 2014). Na ausência de sais biliares, a  
817 absorção dos lipídeos é drasticamente reduzida, aumentando a presença de gorduras nas  
818 fezes (Reece, 2006).

819         Com o aumento da ingestão de ácidos graxos há uma ativação da  
820 colecistoquinina que diminui os movimentos peristálticos intestinais, aumentando o  
821 tempo de permanência do bolo alimentar no sistema digestivo, propiciando uma  
822 sensação de saciedade (Macari et al., 2008).

823         Deste modo, a determinação de valores energéticos para ingredientes,  
824 normalmente é realizada durante a fase inicial com frangos na idade de 14 a 22 dias. No  
825 entanto, o MSR apresentou informações precisas sobre o comportamento das aves

826 durante o período de criação através do uso da correlação entre a idade das aves e os  
827 níveis de inclusão do alimento teste, simultaneamente, sobre as variáveis estudadas.

828 Entretanto, Albuquerque et al. (2014), constataram que a inclusão de dietas com  
829 17,7% de extrato etéreo (inclusão de 30% de GIM) não apresentou diferença nos valores  
830 de EMA, EMA<sub>n</sub>, CMAEB e CMAEE em poedeiras com 26 semanas de idade.

831 Espera-se que ocorra aumento na digestibilidade ileal dos nutrientes com o  
832 aumento da idade das aves. Esse fato ocorreu até aproximadamente 28 dias para os  
833 coeficientes da PB, e 18 dias para os coeficientes de MS, o modelo mostra que a partir  
834 desses pontos ocorre diminuição na digestibilidade ileal do GIM. Tendo em vista o  
835 MSR, o nível ideal de inclusão do GIM para a determinação das variáveis analisadas de  
836 digestibilidade ileal é de aproximadamente 21%.

837 Na fase inicial e de crescimento, os frangos de corte possuem elevado consumo  
838 de ração, e, quando alimentados por dietas contendo alto valor de lipídeos, essa pode  
839 não ser totalmente aproveitada devido à produção enzimática não ser suficiente para  
840 suprir as necessidades em metabolizar todos os lipídeos disponíveis no trato  
841 gastrointestinal.

842

## 843 **CONCLUSÕES**

844 Pelo teor lipídico e proteico o GIM pode ser considerado uma fonte potencial de  
845 energia e de aminoácidos para a alimentação de frangos de corte.

846 Os valores ótimos de EMA e EMA<sub>n</sub> estimados pelo MSR foram de 4173 e 3591  
847 kcal/kg, sendo que a EMA<sub>n</sub> foi obtida aos 18 dias com 28% do GIM. Já os valores para  
848 digestibilidade ileal foram com inclusão de 21% do GIM, aos 28 e 21 dias de idade para  
849 as variáveis de digestibilidade da proteína bruta e extrato etéreo, respectivamente.

850 Houve correlação entre a idade e o nível, onde a dependência entre estes fatores  
851 indica que a utilização de energia do GIM pelos frangos varia de acordo com o nível de  
852 substituição e a idade dos frangos de corte.

853

854

#### **AGRADECIMENTOS**

855 À Ingredion Incorporated pela doação do gérmen integral de milho, à Evonik  
856 Industries pelas análises de aminoácidos, e a Coordenação de Aperfeiçoamento de  
857 Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico  
858 e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia de Pernambuco  
859 (FACEPE) pelo financiamento da pesquisa.

860

861

862

863

864

865

866

867

868

869

870

871

872

873

874

875

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 876  
877 Albuquerque, C. S.; C. B. V. Rabello, M. J. B. Santos, M. B. Lima, E. P. Silva, T. S.  
878 Lima, D. P. Ventura e W. M. Dutra Jr. 2014. Chemical composition and  
879 metabolizable energy values of corn germ meal obtained by wet milling for layers.  
880 Braz. Jour. Poult. Sci. 16:107-112.
- 881 AOAC International. 2006. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th  
882 ed. AOAC Int., Gaithersburg, MD.
- 883 Brito, A. B.; J. H. Stringhini, S. A. G. Xavier, E. Gonzales, N. S. M. Leandro, M. B.  
884 Café. 2011. Digestibilidade dos aminoácidos do milho, farelo de soja e germen  
885 integral de milho em galos e frangos de corte cecectomizados. **R. Bras. Zootec.**,  
886 40:2147-2151.
- 887 Brunelli, S. R., J. W. Pinheiro, N. A. N. Fonseca e C. A. Silva. 2012. Efeito de  
888 diferentes níveis de farelo de germen de milho desengordurado em dietas  
889 suplementadas com fitase para poedeiras comerciais. *Semina: Ciênc. Agr.* 33:1991-  
890 2000.
- 891 Cardoso, W. S.; F. A. Pinheiro, F. P. Machado, F. P. Machado, J. T. S. Borges, S. A.  
892 Rios. 2011. Indústria do milho. In: Milho biofortificado. Ed. Suprema, p. 290, MG,  
893 Visconde do Rio Branco.
- 894 Celeres – Empresa de Consultoria Focada no Agronegócio. **Relatório estatístico.**  
895 Disponível em: <http://www.celeres.com.br/category/atualidades/artigos/> Acesso em:  
896 24 ago. 2018.
- 897 Ciuresco, G. 2008. Chemical composition and effects the dietary corn by-products on  
898 broiler performance. **Zootehnie si Biotehnologii**, 41:491-497
- 899 Ciuresco, G.; M. Ropota, e Gheorghe, A. 2014. Effect of various levels of corn germ on  
900 growth performance, carcass characteristics and fatty acids profile of thigh muscle in  
901 broiler chickens. **Arch. Zootech**, 17: 77-91.

902 Hentland, H. B. Svihus e V. Olaisen. 2002. Effect of feeding whole cereals on  
903 performance, starch digestibility and duodenal particle size distribution in broiler  
904 chickens. *Brit. Poult. Sci.* 43:416-423.

905 Hetland, H., B. Svihus e A. Krogdahl. 2003. Effects of oat hulls and wood shavings on  
906 digestion in broilers and layers fed diets based on whole or ground wheat. **Brit.**  
907 **Poult. Sci.**, 44: 275-282.

908 Jiménez-Moreno, E., A. Coca-Sinova, J. M. González-Alvarado e G. G. Mateos. 2016.  
909 Inclusion of insoluble fiber sources in mash or pellet diets for young broilers.  
910 1. Effects on growth performance and water intake. *Poult. Sci.* 95:41–52.

911 Kim, E. J., C. M. Parsons, R. Srinivasan e V. Singh. 2010. Nutritional composition,  
912 nitrogen-corrected true metabolizable energy and amino acid digestibilities of new  
913 corn distillers dried grains with solubles produced by new fractionation processes.  
914 *Poult. Sci.* 89:44–51.

915 Lima, R. B. Avaliação nutricional de derivados da moagem úmida do milho para  
916 frangos de corte industrial. 2008. 58p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -  
917 Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

918 Lima, M. B., C. B. V. Rabello, E. P. Silva, R. B. Lima, E. M. F. Arruda e L. F. T.  
919 Albino. 2012. Effect of broiler chicken age on ileal digestibility of corn germ meal.  
920 *Act. Scient. Anim. Sci.* 34:137-141.

921 Lima, M. B., C. B. V. Rabello e E. P. Silva. 2016. Valores energéticos do germen  
922 integral de milho para aves de postura. *R. Ciênc. Agron.* 47:770-777.

923 Macari, M.; R. L. Furlan, e E. Gonzales. 2008. Fisiologia aviária aplicada a frangos de  
924 corte. Ed. Funep. SP:Jaboticabal. 375p.

925 Mateos, G.G., E. Jiménez-Moreno, P. Guzmán, B. Saldanã e R. Lázaro. 2014.  
926 Importance of fiber in pullet diets. *Advancing Poultry Production, Proceedings of*  
927 *the Massey Technical Update Conference*. 16:3-18.

928 Matterson, L. D., L. M. Potter, M. W. Stutz. 1965. The metabolizable energy of feed  
929 ingredients for chickens. *Agricultural Experimental Station Research Report*. 7:3-  
930 11.

931 Nelson, D. L. e Cox, M. M. 2011. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 5<sup>a</sup> ed.:  
932 Editora Artmed, RS: Porto Alegre. 1274 p.

933 Paes, M. C. D. 2006. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete  
934 Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo (Circular técnica, 75).

935 Reece, W. O. 2006. *Dukes Fisiologia dos animais domésticos*. 12.ed. Ed. Guanabara  
936 Koogan. RJ: Rio de Janeiro.

937 Rochell, S. J., B. J. Kerr e W. A. Dozier. 2011. Energy determination of corn co-  
938 products fed to broiler chicks from 15 to 24 days of age, and use of composition  
939 analysis to predict nitrogen-corrected apparent metabolizable energy. *Poult. Sci.*  
940 90:1999–2007.

941 Rostagno, H.S.; L. F. T. Albino, J. L. Donzele, P. S. Gomes, R. F. Oliveira, D. C.  
942 Lopes, A. S. Ferreira, S. L. T. Barreto e R. F. Euclides. 2011. *Tabelas brasileiras*  
943 *para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais*. 3<sup>a</sup>edição,  
944 Ed.UFV, MG: Viçosa. 252 p.

945 Rostagno, H.S.; L. F. T. Albino, M. I. Hannas, J. L. Donzele, N. K. Sakomura, F. G.  
946 Perazzo, A. Saraiva, M. L. T. Abreu, P. B. Rodrigues, R. F. Oliveira, S. L. T.  
947 Barreto e C. O. Brito. 2017. *Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de*  
948 *alimentos e exigências nutricionais*. 4<sup>a</sup> edição, p 488, UFV, MG, Viçosa.

949 Safaa, H.M., E. Jiménez-Moreno, M. Frikha e G. G. Mateos. 2014. Plasma lipid  
950 metabolites and liver lipid components in broilers at 21 days of age in response to  
951 dietary different fiber sources. *Egyptian J. Anim. Prod.* 51:115-127.

952 SAS Institute Inc. *STAT User's Guide*. 2008. Versão 9.0. 5<sup>a</sup> ed. Cary, NC.

953 Sklan, D. 2001. Development of the digestive tract of poultry. *W. Poult. Sci. J.* 57:415-  
954 428.

955 Sakomura, N. K. e H. S. Rostagno. 2016. *Métodos de pesquisa em nutrição de*  
956 *monogástricos*. 2<sup>a</sup> Ed. Ed. Funep. SP: Jaboticabal. 262 p.

957 Sacranie, A., B. Svihus, V. Denstadli, B. Moen, P. A. Igi e M. Choct. 2012. The effect  
958 of insoluble fiber and intermittent feeding on gizzard development, gut motility, and  
959 performance of broiler chickens. *Poult. Sci.* 91:693-700.

960 Sacranie, A., X. Adiya, L. T. Mydland e B. Svihus. 2017. Effect of intermittent feeding  
961 and oat hulls to improve phytase efficacy and digestive function in broiler chickens.  
962 *Brit. Poult. Sci.* 58:442-451.

963 Silva, J. H. V., R. B. Lima, P. B. Lacerda e A. C. Oliveira. 2014. Digestão e absorção de  
964 lipídeos. In: Sakomura, N. K. Sakomura, J. H. V. Silva, F. G. P. Costa, J. B. K.  
965 Fernandes e L. Hauschild. *Nutrição de não ruminantes*. Jaboticabal:Funep,. p. 62-76.

966 Schneiders, J. L., R. V. Nunes, R. A. Schone, R. Frank, T. L. Savoldi, C. Y. Tsutsumi,  
967 C. Scherer e L. D. Castilha. 2015. Energy coefficients of plant foods for broiler  
968 chickens at different ages. *Semina: Ciênc. Agr.* 38:2119-2128.

969 Stringhini, J. H., U. M. Arantes, M. Laboissiere, M. I. R. Cunha, A. A. Pedroso, e N. S.  
970 M. Leandro. 2009. Desempenho de frangos de corte consumindo rações contendo  
971 sorgo e gérmen integral de milho. **R. Bras. Zootec**, 38:2435-2441.

972 Van Keulen, J. e B. A. Young. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural  
973 marker in ruminant digestibility studies. *J. Anim. Sci.* 44:282:287.

974

## TABELAS

975 Tabela 1. Composição centesimal e nutricional calculada da dieta referência de acordo  
976 com a idade das aves, na matéria natural

Composição centesimal	Idade		
	1 a 8 dias	15 a 22 dias	28 a 35 dias
Milho moído (7,88%)	53,34	55,56	58,62
Farelo de soja (45%)	39,06	36,24	32,88
Óleo de soja	3,24	4,30	4,92
Calcário	1,05	1,08	1,02
Fosfato bicálcico	1,92	1,54	1,32
Sal comum	0,403	0,419	0,422
DL-Metionina (99%)	0,359	0,308	0,286
L-Lisina (HCl 78,8%)	0,280	0,231	0,223
L-Treonina (98,5%)	0,106	0,073	0,061
Bacitracina de zinco	0,050	0,050	0,050
Salinomicina sódica	0,050	0,050	0,050
Suplemento vitamínico <sup>1</sup>	0,100	0,100	0,100
Suplemento mineral <sup>2</sup>	0,050	0,050	0,050
Total	100,00	100,00	100,00
Composição nutricional calculada, %			
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3000	3100	3180
Proteína bruta	22,40	21,20	19,90
Extrato etéreo	5,81	6,91	7,56
Fibra bruta	2,99	2,88	2,75
Cálcio	0,920	0,841	0,758
Fósforo disponível	0,475	0,401	0,354
Sódio	0,189	0,193	0,192
Potássio	0,871	0,826	0,774
Cloro	0,350	0,350	0,350
Balço eletrolítico	224,76	213,61	198,33
Aminoácidos digestíveis, %			
Metionina+cistina	0,953	0,876	0,826
Metionina	0,652	0,588	0,553
Lisina	1,324	1,217	1,131
Treonina	0,861	0,791	0,735
Triptofano	0,253	0,238	0,220
Arginina	1,420	1,337	1,241
Leucina	1,726	1,656	1,577
Isoleucina	0,888	0,829	0,772
Glicina+serina	1,870	1,772	1,657

977

978

979

980

981

982

983

984

985

<sup>1</sup>Níveis de garantia do premix vitamínico: Vitamina A (min): 9.000.000UI/kg, Vitamina D3 (min): 1.600.000UI/kg, Vitamina E (min): 14.000UI/kg, Vitamina K3 (min) 1.500 mg/kg, Vitamina B1 (min): 1.000 mg/kg, Vitamina B2 (min): 4.000 mg/kg, Vitamina B6 (min): 1.800 mg/kg, Vitamina B 12 (min): 12.000 mcg/kg, Ácido Fólico (min): 300 mg/kg, Ácido Pantoténico (min): 8.280 mg/kg, Biotina (min): 50 mg/kg, Niacina (min): 30g/kg, Selênio (min): 250 mg/kg

<sup>2</sup>Níveis de garantia do premix mineral: Ferro (min): 60g/kg, Cobre (min): 18g/kg, Manganês (min): 120g/kg, Zinco (min):120g/kg e Iodo (min): 2.000mg/kg

986 Tabela 2. Composição química, energética e de aminoácidos totais do gérmen integral  
 987 de milho, com base na matéria seca

Nutrientes	%
Matéria seca	97,40
Proteína bruta	10,80
Extrato etéreo	56,52
Fibra bruta	23,52
Fibra em detergente neutro	30,28
Energia bruta (kcal/kg)	7183
Matéria mineral	1,60
Aminoácidos essenciais	%
Metionina	0,215
Lisina	0,544
Cistina	0,251
Treonina	0,455
Triptofano	0,148
Arginina	0,806
Leucina	0,976
Isoleucina	0,395
Valina	0,648
Fenilalanina	0,504
Histidina	0,399
Aminoácidos não essenciais	%
Ácido Glutâmico	1,675
Ácido Aspártico	0,783
Glicina	0,652
Serina	0,541
Alanina	0,681
Prolina	0,766

988  
 989  
 990  
 991  
 992  
 993  
 994  
 995  
 996  
 997  
 998  
 999

1000 Tabela 3. Energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida para o balanço de  
 1001 nitrogênio (EMA<sub>n</sub>) e coeficientes de metabolizabilidade aparente da energia bruta  
 1002 (CMAEB), proteína bruta (CMAPB), matéria seca (CMAMS) e extrato etéreo  
 1003 (CMAEE) do GIM com base na matéria seca

Nível de substituição (%)	Variáveis					
	EMA	EMA <sub>n</sub>	CMAEB	CMAPB	CMAMS	CMAEE
	(kcal/kg)		(%)			
Idade de 1 a 8 dias						
10	3.703	3.508	48,03	63,20	45,47	28,03
15	3.718	3.530	47,79	63,39	44,98	31,73
20	4.407	4.243	57,44	67,33	70,74	36,76
25	4.621	4.435	60,05	68,91	65,58	43,95
30	4.325	4.179	56,58	67,87	58,52	37,34
Médias	4.155	3.979	53,98	66,14	57,06	35,56
Idade de 15 a 22 dias						
10	4.497	4.414	59,76	72,00	75,96	43,01
15	4.740	4.624	62,60	73,16	66,50	45,05
20	5.113	4.977	67,39	75,10	80,94	69,31
25	4.240	4.221	57,14	69,12	50,58	44,84
30	4.125	3.981	53,90	71,94	50,29	44,30
Médias	4.543	4.443	60,16	72,26	64,85	49,30
Idade de 28 a 35 dias						
10	4.850	4.831	65,40	77,92	61,47	46,12
15	5.072	5.007	67,79	77,93	68,85	55,51
20	5.366	5.199	70,40	80,44	77,12	64,65
25	4.941	4.791	64,86	77,69	60,38	59,26
30	4.890	4.789	64,84	74,19	53,71	50,08
Médias	5.024	4.923	66,66	77,63	64,31	55,12
PE	4173	3591	49,27	40,37	72,56	61,26
ID	0,0008	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
NI	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
(ID) <sup>2</sup>	0,4458	0,8922	0,8386	0,3231	0,0431	0,0124
(NI) <sup>2</sup>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
NI x ID	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,1331

1004 PE = ponto estacionário; ID = idade das aves; NI= nível de substituição do GIM; (ID)<sup>2</sup> = tendência  
 1005 quadrática da idade; (NI)<sup>2</sup> = tendência quadrática do nível; NI x ID = interação entre nível e idade

1006

1007

1008

1009

1010

1011

1012

1013 Tabela 4. Equações do MSR da energia metabolizável aparente (EMA) e aparente  
 1014 corrigida para o balanço de nitrogênio (EMA<sub>n</sub>) e dos coeficientes de metabolizabilidade  
 1015 aparente da energia bruta (CMAEB), proteína bruta (CMAPB), matéria seca (CMAMS)  
 1016 e extrato etéreo (CMAEE) do GIM para frangos de corte de 1 a 35 dias de idade e níveis  
 1017 práticos

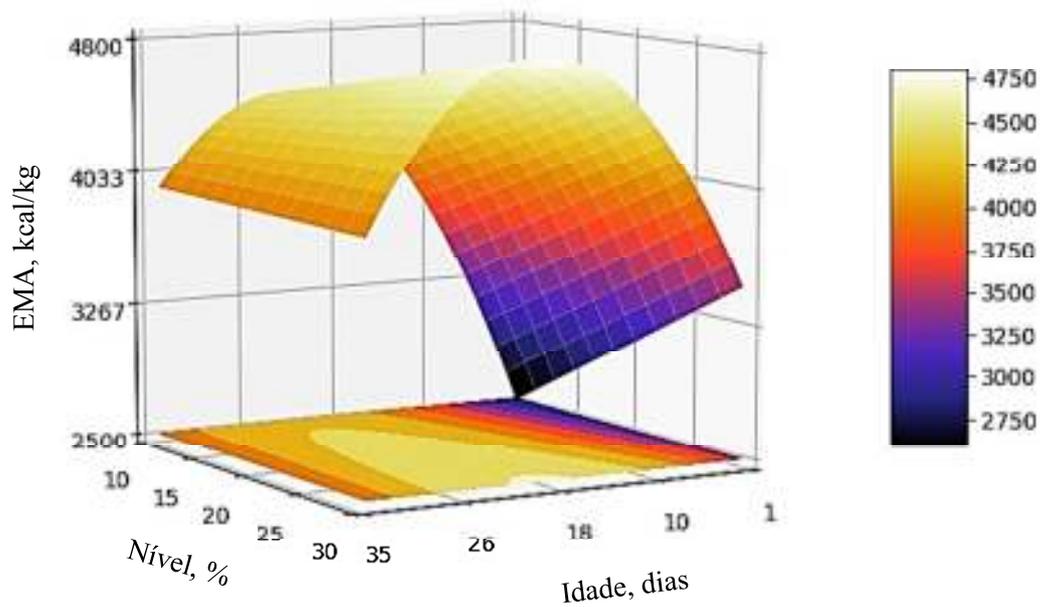
Estimativas	EMA	EMA <sub>n</sub>	CMAEB	CMAPB	CMAMS	CMAEE
p	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Intercepto	1781,167	1551,255	22,019	48,399	-	-27,368
ID	52,446	68,422	0,896	0,814	2,16	1,821
NI	203,455	196,686	2,599	1,185	5,47	5,313
ID x NI	-1,570	-1,819	-0,024	-0,016	-0,05	-
ID <sup>2</sup>	-	-	-	-	-0,02	-0,020
NI <sup>2</sup>	-4,119	-3,849	-0,051	-0,021	-0,12	-0,118
R <sup>2</sup>	0,72	0,76	0,76	0,90	0,43	0,68
PEID	17,64	43,04	40,12	11,68	31,16	38,20
PENI	28,05	35,73	34,80	6,43	16,56	20,27

Níveis práticos

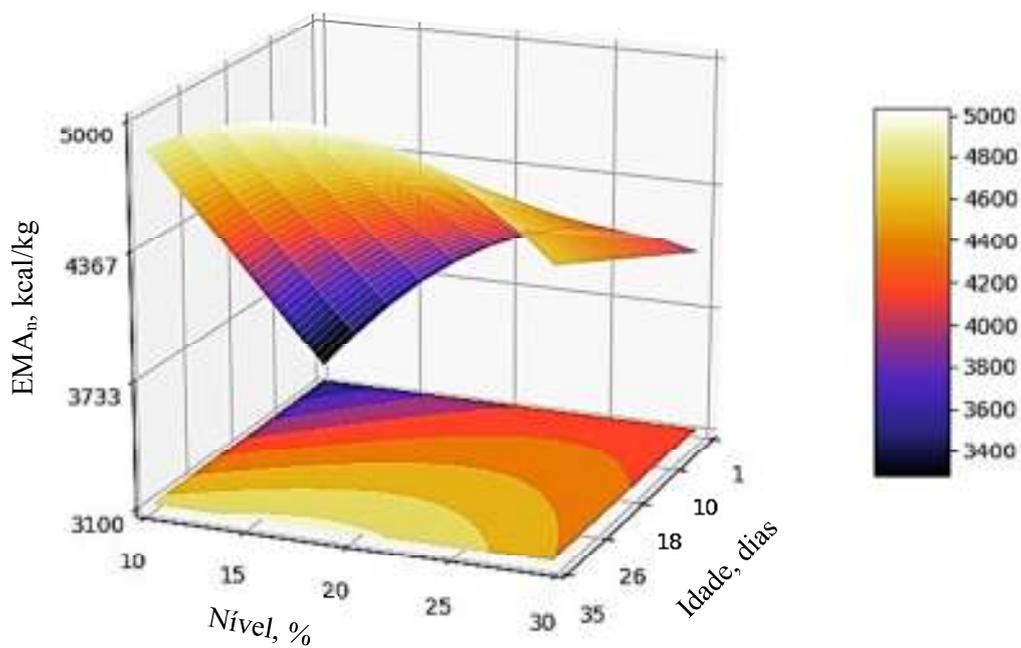
Idade (dias)	Nível ótimo de GIM (%)	Valor de EMAn (kcal/kg)
7	23,80	4228
14	22,23	4413
21	20,60	4620
28	19,00	4846
35	17,28	5095

1018 p = probabilidade da análise; ID = idade das aves; NI= nível de substituição do GIM; (ID)<sup>2</sup> = tendência  
 1019 quadrática da idade; (NI)<sup>2</sup> = tendência quadrática do nível; NI\*ID = interação entre nível e idade;  
 1020 R<sup>2</sup>=coeficiente de determinação; PEID= ponto estacionário da idade; PENI= ponto estacionário do nível

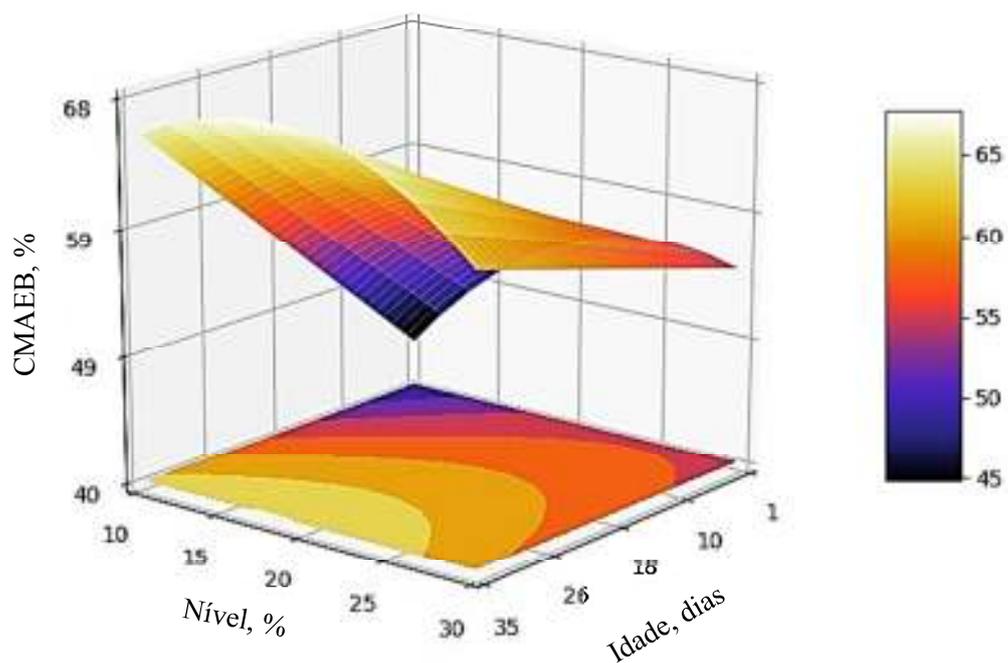
1021  
 1022  
 1023  
 1024  
 1025  
 1026  
 1027  
 1028



1029  
 1030 Figura 1. Resultado da superfície de resposta ilustrando o comportamento da EMA do  
 1031 GIM em diferentes níveis e idades dos frangos de corte  
 1032

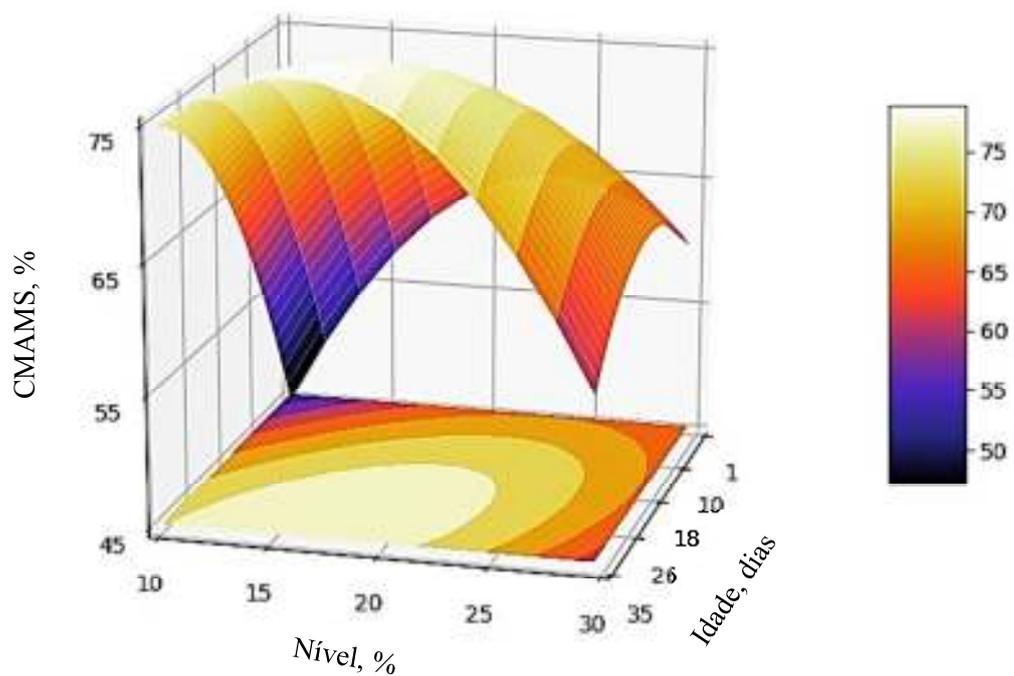


1033  
 1034 Figura 2. Resultado da superfície de resposta ilustrando o comportamento da EMA<sub>n</sub> do  
 1035 GIM em diferentes níveis e idades dos frangos de corte  
 1036



1037

1038 Figura 3. Resultado da superfície de resposta ilustrando o comportamento da CMAEB  
 1039 do GIM em diferentes níveis e idades dos frangos de corte

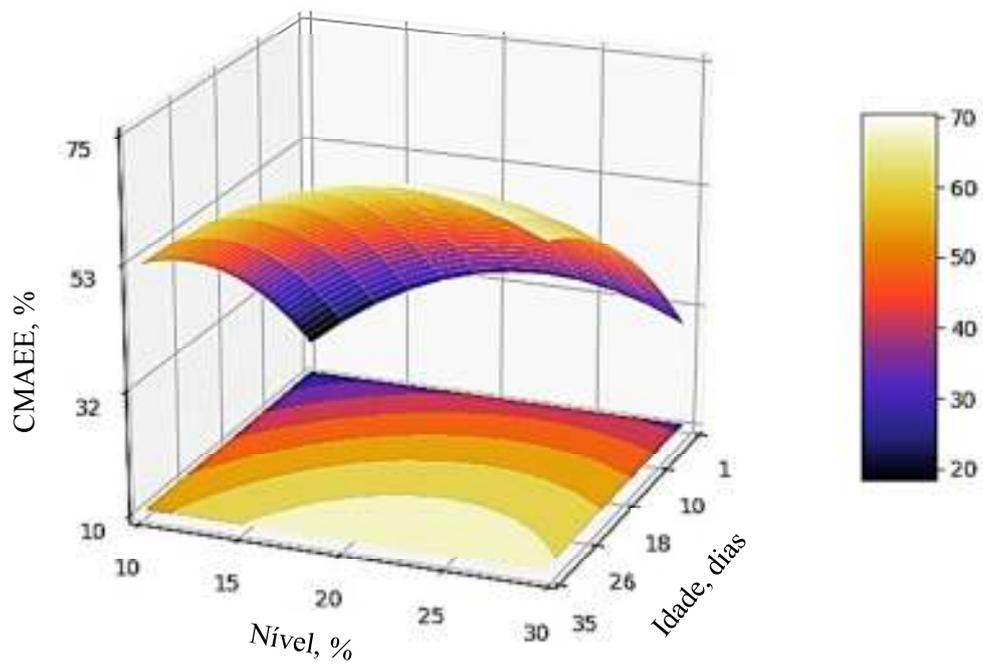


1040

1041 Figura 4. Resultado da superfície de resposta ilustrando o comportamento da CMAMS  
 1042 do GIM em diferentes níveis e idades dos frangos de corte

1043

1044



1045

1046 Figura 5. Resultado da superfície de resposta ilustrando o comportamento da CMAEE

1047 do GIM em diferentes níveis e idades dos frangos de corte

1048

1049

1050

1051

1052

1053

1054

1055

1056

1057

1058

1059

1060

1061

1062

1063

1064

1065

1066 Tabela 5. Coeficientes de digestibilidade ileal da proteína bruta (CDIPB) e da matéria  
 1067 seca (CDIMS), proteína bruta digestível (PBD) e matéria seca digestível (MSD) do  
 1068 GIM para frangos de corte

Nível de substituição (%)	Variáveis			
	CDIPB (%)	CDIMS (%)	PBD (g/kg)	MSD (g/kg)
Idade de 1 a 7 dias				
10	86,91	45,51	9,36	44,26
15	87,83	44,60	9,46	43,37
20	91,13	70,23	9,81	68,30
25	91,15	62,74	9,82	61,02
30	82,98	57,80	8,94	56,21
Médias	88,00	56,18	9,48	54,63
Idade de 14 a 22 dias				
10	73,54	57,67	7,92	56,08
15	77,11	55,23	8,3	53,71
20	78,70	56,08	8,48	54,54
25	79,35	59,61	8,55	57,97
30	77,93	53,97	8,39	52,48
Médias	77,33	56,51	8,33	54,96
Idade de 25 a 33 dias				
10	73,47	74,09	7,91	72,05
15	81,05	67,22	8,73	65,37
20	80,58	59,69	8,68	58,05
25	76,84	48,75	8,28	47,41
30	75,29	46,87	8,11	45,58
Médias	77,45	59,32	8,34	57,69
PE	78,88	57,96	8,5	56,37
ID	<0,0001	0,0010	<0,0001	0,0010
NI	0,0014	0,0005	0,0014	0,0005
(ID) <sup>2</sup>	0,0002	0,4385	0,0002	0,4385
(NI) <sup>2</sup>	0,0007	0,0651	0,0007	0,0651
NI*ID	0,6647	<0,0001	0,6647	<0,0001

1069 PE = ponto estacionário; ID = idade das aves; NI= nível de substituição do  
 1070 GIM; (ID)<sup>2</sup> = tendência quadrática da idade; (NI)<sup>2</sup> = tendência quadrática do  
 1071 nível; NI\*ID = interação entre nível e idade.

1072

1073

1074

1075

1076

1077 Tabela 6. Equações descritas pelo modelo de superfície de resposta dos coeficientes de  
 1078 digestibilidade ileal da proteína bruta (CDIPB) e matéria seca (CDIMS), proteína bruta  
 1079 digestível (PBD) e matéria seca digestível (MSD) do GIM em frangos de corte de 1 a 35  
 1080 dias de idade

Estimativas	Variáveis			
	CDIPB	CDIMS	PBD	MSD
p	0,6590	0,1306	0,659	<0,0001
Intercepto	79,592	-	8,572	-
ID	-1,524	1,462	-0,164	1,422
NI	2,022	2,989	0,218	2,907
ID X NI	-	-0,082	-	-0,079
ID <sup>2</sup>	0,026	-	0,003	-
NI <sup>2</sup>	-0,051	-	-0,006	-
R <sup>2</sup>	0,49	0,49	0,49	0,49
PEID	28,28	17,88	28,28	17,88
PENI	20,61	20,84	20,61	20,84

1081 p = probabilidade da análise; ID = idade das aves; NI= nível de  
 1082 substituição do GIM; (ID)<sup>2</sup> = tendência quadrática da idade; (NI)<sup>2</sup> =  
 1083 tendência quadrática do nível; NI\*ID = interação entre nível e idade;  
 1084 R<sup>2</sup>=coeficiente de determinação; PEID= ponto estacionário da idade;  
 1085 PENI= ponto estacionário do nível.

1086  
 1087  
 1088  
 1089  
 1090  
 1091  
 1092  
 1093  
 1094

1095  
1096  
1097  
1098  
1099  
1100  
1101  
1102  
1103  
1104  
1105  
1106  
1107  
1108  
1109  
1110  
1111  
1112  
1113  
1114  
1115  
1116  
1117  
1118  
1119

### **CAPÍTULO 3**

---

#### **Desempenho e características de carcaça de frangos de corte alimentados com gérmen integral de milho**

\*Artigo redigido de acordo com as normas da Revista Poultry Science.

1120 **RESUMO:** Objetivou-se com esta pesquisa avaliar o efeito da inclusão do germen  
1121 integral de milho (GIM) sobre o desempenho, aproveitamento nutricional das rações,  
1122 rendimento de carcaça, cortes e vísceras e qualidade da carne de frangos de corte.  
1123 Utilizou-se 648 pintos, distribuídos ao acaso em seis tratamentos e seis repetições de 18  
1124 aves cada. Os tratamentos consistiram de uma dieta controle à base de milho e farelo de  
1125 soja (0% GIM), e cinco dietas testes com inclusão do GIM em 4, 8, 12, 16 e 20 %. A  
1126 cada sete dias as aves e rações foram pesadas para a determinação dos índices de  
1127 consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar. Foi utilizado a metodologia de  
1128 coleta parcial, para determinação da energia metabolizável aparente (EMA) e corrigida  
1129 pelo balanço de nitrogênio (EMA<sub>n</sub>), coeficientes de metabolizabilidade aparente da  
1130 energia bruta (CMAEB), matéria seca (CMAMS), proteína bruta (CMAPB) e extrato  
1131 etéreo (CMAEE). Para a avaliação da qualidade da carne foram realizadas as análises do  
1132 pH, perda de peso por cocção, força de cisalhamento, capacidade de retenção de água,  
1133 coloração, e índice de peróxido. Os dados de desempenho, pesos e rendimentos de  
1134 carcaça, vísceras e, aproveitamento energético das rações foram ajustados conforme o  
1135 modelo broken line e a qualidade de carne foi aplicada a análise multivariada de fatores.  
1136 Ocorreu diferença para o ganho de peso e a conversão alimentar para o período total de  
1137 criação (1 a 42 dias), onde o ganho de peso ótimo para esta fase foi estimado em 2921  
1138 g/ave com nível de inclusão de 11,8% do GIM. Não houve diferença para a EMA,  
1139 EMA<sub>n</sub> e CMAPB das rações, porém, os CMAEB, CMAMS e CMAEE foram reduzidos  
1140 com o aumento do GIM nas dietas. Pode-se observar que os níveis crescentes do GIM  
1141 não influenciaram o peso e rendimento da carcaça e cortes, e qualidade da carne, porém  
1142 houve correlação positiva entre a coloração dos cortes e o GIM. Houve aumento no  
1143 peso e o rendimento da moela e do proventrículo. Os resultados desta pesquisa indicam  
1144 que a inclusão do GIM na dieta de frangos de corte reduziu o desempenho nos níveis

1145 mais elevados. No entanto, considerando o período total de criação, podemos  
1146 recomendar o nível de 11,8% para o ótimo ganho de peso. Podemos concluir que o GIM  
1147 em baixos níveis pode ser usado em rações para frangos de corte sem prejudicar os  
1148 índices zootécnicos.

1149

1150 **Palavras-chaves:** energia metabolizável, ganho de peso, fonte lipídica, qualidade de  
1151 carne, rendimento de carcaça

1152

1153

1154

1155

1156

1157

1158

1159

1160

1161

1162

1163

1164

1165

1166

1167

1168

1169

1170 **ABSTRACT:** The objective of this research was to evaluate the effect of the inclusion  
1171 of the corn germ meal (CGM) on performance, nutritional utilization of rations, carcass  
1172 yield, cuts and viscera and meat quality of broilers. 648 broilers one day old were  
1173 randomly distributed in six treatments and six replicates of 18 birds each. The  
1174 treatments consisted of a control diet based on corn and soybean meal (0% CGM), and  
1175 five diets tests with inclusion of CGM at 4, 8, 12, 16 and 20%. Every seven days the  
1176 birds and feedstuffs were weighed for the determination of feed intake, weight gain and  
1177 feed conversion ratio. The methodology of partial excreta collection were used to  
1178 determine the apparent metabolizable energy (AME) and for nitrogen balance ( $AME_n$ )  
1179 and the apparent metabolizable coefficients of gross energy (AMCGE), dry matter  
1180 (AMCDM) crude protein (AMCCP) and ether extract (AMCEE). For the meat quality  
1181 were evaluated pH, loss cooking, shear force, water retention capacity, color, and  
1182 peroxide index. The performance data, weights and yields of carcass, viscera and energy  
1183 utilization of the rations were adjusted according to the broken line model and the meat  
1184 quality was applied to multivariate analysis of factors. There was a difference for weight  
1185 gain and feed conversion ratio for the total period (1 to 42 days), where the optimal  
1186 weight gain for this phase was estimated at 2921 g/bird with inclusion level of 11.8% of  
1187 CGM. There was no difference for the AME,  $AME_n$  and AMCCP of the diets, however,  
1188 the AMCGE, AMCDM and AMCEE were reduced with the increase of coproduct. It  
1189 can be observed that increasing levels of CGM did not influence carcass weight and  
1190 yield and parts, and meat quality, but there was a positive correlation between cut  
1191 staining and CGM. There was an increase in weight and yield of gizzard and  
1192 proventriculus. The results of this research indicate that the inclusion of CGM in the  
1193 broiler diet reduced performance at the highest levels. However, considering the total  
1194 breeding period, we can recommend the level of 11.8% for optimal weight gain. We can

1195 conclude that the GIM GIM at low levels can be used in rations for broilers without  
1196 harming the zootechnical indexes.

1197

1198 **Keywords:** Carcass yield, lipid source, meat quality, metabolizable energy, weight gain

1199

1200

1201

1202

1203

1204

1205

1206

1207

1208

1209

1210

1211

1212

1213

1214

1215

1216

1217

1218

1219

## INTRODUÇÃO

1220

1221 Na avicultura, o milho e a soja são as principais fontes de energia e proteína para  
1222 a formulação das rações, deste modo, qualquer variação no preço ou abastecimento  
1223 desses ingredientes incide nos custos da produção avícola. Sendo assim, a utilização de  
1224 coprodutos da indústria alimentícia busca compor dietas balanceadas para as aves, com  
1225 custos reduzidos, tendo em vista o alto custo dos ingredientes energéticos e proteicos.

1226 O grão de milho utilizado na indústria alimentícia, durante suas etapas de  
1227 industrialização passa pelo processo de moagem úmida, gerando diversos produtos para  
1228 a alimentação humana e coprodutos (Paes, 2006), como o gérmen integral de milho  
1229 (GIM) que pode ser utilizado para a alimentação animal. O GIM é o coproduto obtido  
1230 através da degerminação do grão de milho por via úmida sem que haja o processo de  
1231 extração do óleo (Corn Refiners Association, 2006).

1232 Um total de 6,8 mil toneladas de grãos de milho foi beneficiado pelas indústrias  
1233 no Brasil no ano de 2017 (CELERES, 2018), sendo que o gérmen do milho representa  
1234 11% deste grão. Dessa forma, parte do gérmen extraído é utilizado para extração do  
1235 óleo produzindo o gérmen desengordurado e, outra parte é utilizada na alimentação  
1236 animal.

1237 Dentre os compostos presentes no GIM, o teor de extrato etéreo varia entre  
1238 47,07 e 59,82% (Ciurescu et al., 2008; Lima, 2008; Lima et al., 2012; Albuquerque et  
1239 al., 2014; Lima et al., 2016), e a energia bruta também entre 7.039 e 7.243 kcal/kg, o  
1240 que o caracteriza como sendo de alto valor energético (Albuquerque et al., 2014; Lima  
1241 et al., 2012). Sua energia metabolizável aparente para frangos de corte é de 4157  
1242 kcal/kg (Lima, 2008), podendo ser incluído em dietas como substituto parcial do milho  
1243 e do óleo (Ciurescu et al., 2014). Este coproduto, também se destaca pelo teor de  
1244 proteína bruta, varia entre 10,4 e 11,48% (Lima et al., 2012; Albuquerque et al., 2014;

1245 Ciurescu et al., 2014), e aminoácidos essenciais na alimentação de aves, metionina  
1246 (0,19%), lisina (0,48%) e treonina (0,40%) (Albuquerque et al., 2014).

1247 Portanto, objetivou-se com este estudo avaliar o efeito dos níveis crescentes do  
1248 GIM sobre o desempenho, aproveitamento nutricional, rendimento de carcaça, cortes e  
1249 vísceras, e qualidade da carne de frangos de corte criados de 1 a 42 dias de idade.

1250

1251

## MATERIAL E MÉTODOS

1252

### **Instalações, delineamento e dietas experimentais**

1253

1254

1255

1256

1257

1258

1259

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Pesquisas com Aves no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), de acordo com as normas éticas e aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (Licença: 083/2015) da mesma Universidade. Foram utilizados 648 pintos de um dia de idade da linhagem Cobb500, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 5 (três idades e cinco níveis), composto por seis tratamentos e seis repetições de 18 aves cada.

1260

1261

1262

1263

1264

1265

1266

1267

1268

1269

Os tratamentos consistiram de uma dieta controle à base de milho e farelo de soja (0% GIM), e cinco dietas testes com inclusão do GIM em 4, 8, 12, 16 e 20%, respectivamente (Tabelas de 1 a 4), de modo que as rações com 20% do GIM não tiveram adição do óleo de soja, devido ao seu alto teor lipídico. Os níveis nutricionais utilizados seguiram as recomendações de Rostagno et al. (2011) para frangos de corte machos de desempenho superior, assim como a composição de alimentos, com exceção do GIM que foi de acordo com os resultados obtidos em ensaio de metabolismo prévio (Tabela 5). O GIM utilizado no ensaio continha 7183 kcal/kg de energia bruta e  $EMA_n$  para as fases pré-inicial, inicial e crescimento foram: 4307, 4566 e 4900 kcal/kg, respectivamente, estabelecido pelo uso do modelo estatístico broken line. O cálculo de

1270 energia metabolizável foi realizado com base no coeficiente de metabolizabilidade  
1271 aparente da energia bruta do GIM ( $CMAEB = \frac{EMAn_{alimento}}{EB_{alimento}} \times 100$ ).

1272 As aves foram alojadas em galpão de alvenaria, dividido em boxes de PVC  
1273 medindo 2 x 1 m, forrados com cama de maravalha e equipados com comedouro tubular  
1274 e bebedouro nipple. A ração e água foram fornecidos *ad libitum*. A temperatura e  
1275 umidade relativa do ar foram registradas diariamente durante todo o período  
1276 experimental por meio do aparelho data logger (modelo HOBOWare U12-012), e as  
1277 médias registradas foram: para a fase pré-inicial 31,43 °C e 69,80%; fase inicial 28,53  
1278 °C e 74,75%; fase de crescimento 29,06 °C e 70,44% e para a fase final de 29,15 °C e  
1279 68,81%.

#### 1280 **Metabolizabilidade das rações experimentais**

1281 A metodologia utilizada para a determinação da metabolizabilidade das rações  
1282 foi a coleta parcial de excretas com uso de indicador, assim, foi adicionado às rações  
1283 1% da cinza ácida insolúvel.

1284 Durante o ensaio de desempenho dos frangos, as excretas foram coletadas duas  
1285 vezes ao dia, uma pela manhã e outra à tarde, com utilização de papel sobre o piso.  
1286 Foram utilizados dois dias para adaptação das aves à ração com a adição do indicador e  
1287 dois dias de coleta de excretas dentro das fases pré-inicial (nos dias 5 e 6), inicial (nos  
1288 dias 18 e 19) e crescimento (nos dias 32 e 33). As excretas foram pesadas,  
1289 acondicionadas em sacos plásticos identificados e armazenadas em freezer a -20 °C,  
1290 apenas ao final do experimento foram descongeladas, homogeneizadas, pré-secas em  
1291 estufa de circulação forçada a 55° durante 72 horas e encaminhadas ao laboratório.

1292 Excretas e rações foram analisadas quanto aos teores de matéria seca, nitrogênio  
1293 e extrato etéreo de acordo com os métodos descritos pela AOAC (2006), energia bruta  
1294 com utilização de bomba calorimétrica padronizada utilizando ácido benzoico e cinza

1295 ácida insolúvel pela metodologia descrita por Van Keulen e Young (1977). No GIM,  
1296 além das análises citadas acima, foi realizada a análise de aminoácidos pela empresa  
1297 Evonik através do HPLC (High performance liquid chromatography).

1298 Em seguida, foram calculados os valores da energia metabolizável aparente  
1299 (EMA) e corrigida pelo balanço de nitrogênio ( $EMA_n$ ) por equações propostas por  
1300 Matterson et al. (1965) e determinados os valores dos coeficientes de  
1301 metabolizabilidade aparente da energia bruta (CMAEB), matéria seca (CMAMS),  
1302 proteína bruta (CMAPB) e extrato etéreo (CMAEE) das rações seguindo as equações  
1303 descritas por Sakomura e Rostagno (2016).

#### 1304 **Desempenho e rendimento de carcaça**

1305 Para a determinação do desempenho, as aves e as rações foram pesadas a cada  
1306 sete dias para definir o consumo de ração (CR, kg/ave), ganho de peso (GP, kg/ave) e  
1307 conversão alimentar (CA, g/g).

1308 Aos 42 dias de idade foram eutanasiadas duas aves por unidade experimental  
1309 com o peso médio da parcela, as quais ficaram oito horas de jejum. As aves foram  
1310 insensibilizadas por choque elétrico, seguida da sangria, escaldagem, depena e  
1311 evisceração, procedendo-se então os cortes e as pesagens. Foram avaliados peso e  
1312 rendimento de carcaça (sem pés, cabeça e vísceras), partes (peito, coxa, sobrecoxa,  
1313 dorso e asas), vísceras comestíveis (coração, moela, proventrículo e fígado) e gordura  
1314 total (gordura da região abdominal mais a gordura do entorno da moela). Foram  
1315 considerados os pesos vazios da moela e do proventrículo.

1316 A carcaça, as vísceras e gordura total foram resfriadas em câmara fria a 4 °C por  
1317 12 horas, em seguida, foi realizada a separação e pesagem em balança com precisão de  
1318 0,01 g. O rendimento de carcaça e das vísceras foi determinado em relação ao peso vivo  
1319 da ave ao abate, e o rendimento dos cortes em relação ao peso da carcaça.

1320 **Qualidade da carne**

1321 Peito e coxas das aves abatidas foram embalados a vácuo em sacos plásticos e  
1322 congelados, até serem iniciadas as análises de qualidade da carne. Foram determinados  
1323 o pH, perda de peso por cocção, força de cisalhamento (textura ou maciez), capacidade  
1324 de retenção de água, cor do peito, coxa e da sobrecoxa e índice de peróxido. Para as  
1325 análises realizadas com o peito foi utilizado o músculo *pectoralis major*.

1326 A determinação do pH foi realizada com um medidor de pH portátil para carnes  
1327 (modelo HACCP-HI 99163), de ponta fina, introduzido diretamente nas amostras de  
1328 peito das aves. Para a determinação da perda de peso por cocção (PPC), foi registrado o  
1329 peso de uma amostra do músculo *pectoralis major* e essa foi embalada em papel  
1330 alumínio. As amostras foram cozidas em uma chapa até atingir a temperatura interna de  
1331 aproximadamente 80°C, sendo a temperatura monitorada através de termômetro  
1332 especializado para cocção de carne (Acurite®). A seguir, as amostras foram colocadas  
1333 sobre papel absorvente até atingirem temperatura ambiente (20-25°C). A PPC foi  
1334 calculada pela diferença de peso das amostras antes e depois da cocção e expressas em  
1335 porcentagem (Honikel, 1998).

1336 Após a determinação da PPC, as mesmas amostras foram utilizadas para a  
1337 determinação da força de cisalhamento (FC), onde foram retiradas quatro amostras por  
1338 unidade experimental na forma retangular (tamanho de 2x2x1 cm). As amostras foram  
1339 colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular às lâminas do aparelho  
1340 *Warner-BratzlerShear Force* (G-R Manufacturing Co., modelo 3000), com célula de  
1341 carga de 25 kgf e velocidade de 20 cm/min.. Para a determinação da FC, a média das FC  
1342 de cada cilindro foi utilizada para representar o valor da dureza de cada amostra  
1343 (Froning et al., 1978).

1344 A medida da capacidade de retenção de água (CRA) foi realizada utilizando a  
1345 metodologia descrita por Hamm (1960). A determinação foi baseada na medição da  
1346 perda de água liberada quando aplicada uma pressão sobre o tecido muscular, foram  
1347 utilizadas amostras de carne de 0,5g, colocadas entre dois papéis de filtro circulares e,  
1348 sobre estes foi colocado peso de 3 kg durante 5 minutos. A amostra de carne de peito  
1349 após a pressão foi pesada e, por diferença, calculou-se a quantidade de água perdida. O  
1350 resultado foi expresso em porcentagem de água exsudada em relação ao peso inicial da  
1351 amostra.

1352 A coloração da carne do peito e da coxa foi realizada com auxílio de colorímetro  
1353 (Konica Minolta, modelo CR-400), operando no sistema CIELAB ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), sendo  
1354  $L^*$  a luminosidade, variável do preto (0%) ao branco (100%);  $a^*$  a intensidade da cor  
1355 vermelha, variável do verde (-a) ao vermelho (+a); e  $b^*$  a intensidade da cor amarela,  
1356 variável do azul (-b) ao amarelo (+b). Foram utilizados os valores médios para a  
1357 representação da coloração (Honikel, 1998).

1358 O índice de peróxido foi determinado segundo a AOAC (2003). As coxas e  
1359 sobrecoxas foram desossadas. O peito, coxas e sobrecoxas foram moídos e  
1360 homogeneizados. Em laboratório, foi adotado o método de Goldfish para extração da  
1361 gordura, logo em seguida foi adicionada a solução de iodeto de potássio e o amido  
1362 como indicador. A titulação foi realizada com solução de tiosulfato de sódio, assim a  
1363 quantidade do tiosulfato consumida foi proporcional a quantidade de peróxidos  
1364 presentes na amostra analisada.

### 1365 **Análises estatísticas**

1366 Os dados foram analisados quanto aos princípios de normalidade dos erros e  
1367 homogeneidade das variâncias. Ajustou-se aos dados o Modelo Broken Line utilizando  
1368 o programa computacional SAS versão 9.2 (2008), pelo procedimento PROC NLIN

1369 para as variáveis de desempenho, pesos e rendimentos de carcaça, vísceras e,  
1370 aproveitamento energético das rações, conforme descrito:

$$1371 \quad y = \alpha + \beta (\gamma - x)$$

1372 Onde, y é a variável independente;  $\alpha$  é a resposta máxima do modelo;  $\beta$  é a  
1373 inclinação até o ponto de quebra do modelo;  $\gamma$  é o nível ótimo e x é o consumo do GIM.

1374 Aos dados de qualidade de carne foi aplicada a ANOVA e a análise multivariada  
1375 de fatores, com o valor mínimo de carga para uma variável ser significativa de 0,70  
1376 dentro de um fator e o método de rotação dos fatores foi o varimax raw (Kaiser, 1958).

1377

## 1378 **RESULTADOS**

1379 Os dados analisados neste estudo respeitaram os princípios de normalidade dos  
1380 erros e homogeneidade das variâncias.

### 1381 **Desempenho**

1382 As médias de CR, GP e CA dos frangos de corte estão descritos na Tabela 6.  
1383 Pode-se observar que não houve diferença para a CA na fase de 1 a 7 dias de idade dos  
1384 frangos e para o CR nas fases 1 a 35 e 1 a 42 dias.

1385 As equações geradas pelo modelo estatístico adotado para as variáveis de  
1386 desempenho das aves estão apresentadas na Tabela 7. Durante a fase pré-inicial (1 a 7  
1387 dias) foi estimado o CR médio de 149,6 g/ave e GP de 136,2 g/ave com nível ótimo de  
1388 inclusão do GIM de aproximadamente 9,8% para as duas variáveis. Na Figura 1, pode-  
1389 se observar o comportamento das variáveis para esta fase.

1390 De 1 a 21 dias de idade houve diferença para as três variáveis analisadas, onde o  
1391 ponto que proporcionou desempenho ótimo das aves foi quando adicionado 11,86;  
1392 10,10 e 6% do GIM, para o CR, GP e CA, de modo respectivo (Figura 2).

1393 No entanto, na fase de 1 a 35 dias de idade ocorreu diferença apenas para o GP e  
1394 CA (Figura 3). Este comportamento, também, ocorreu para o período total (1 a 42 dias)  
1395 (Figura 4), onde o GP ótimo para esta fase foi estimado em 2384,8 e 2921 g/ave com  
1396 nível de inclusão de GIM na ração de 10,4 e 11,8%, respectivamente.

#### 1397 **Metabolizabilidade dos nutrientes das rações experimentais**

1398 Na Tabela 8 estão descritos os valores de EMA e EMA<sub>n</sub> e coeficientes de  
1399 metabolizabilidade das rações experimentais. Não houve diferença para a EMA, EMA<sub>n</sub>  
1400 e CMAPB nas rações das três fases analisadas, porém, os CMAEB, CMAMS e CMAEE  
1401 foram reduzindo com o aumento dos níveis do GIM nas rações. O BN sofreu essa  
1402 influência apenas na ração inicial.

1403 As equações descritas pelas regressões apresentadas na Tabela 9 demonstram  
1404 que o aumento da inclusão do GIM nas dietas de frangos reduziu de forma significativa  
1405 a metabolizabilidade da energia bruta, onde os valores ótimos foram 74,15; 76,05 e  
1406 78,99%, nas idades de 1 a 7, 8 a 21 e 22 a 35 dias, respectivamente, com inclusão de  
1407 4,00; 15, 54 e 13,20% do GIM.

1408 Os melhores níveis de inclusão do GIM para a metabolizabilidade da matéria  
1409 seca foi de 8,00; 8,00 e 10,43%, respectivamente, para as três rações analisadas (pré-  
1410 inicial, inicial e de crescimento). As maiores metabolizabilidades do extrato etéreo  
1411 foram 67,77; 85,25 e 80,06% nos níveis de 16,55; 5,92 e 13,71% de GIM,  
1412 respectivamente, para as fases.

#### 1413 **Peso e rendimento de carcaça e vísceras**

1414 O peso e rendimento dos cortes e das vísceras estão apresentados na Tabela 10.  
1415 Pode-se observar que os níveis crescentes de inclusão do GIM não influenciaram o peso  
1416 e rendimento da carcaça, peito, coxa, sobrecoxa, asa, dorso e pescoço, no entanto,  
1417 influenciaram o peso e rendimento da moela e proventrículo (Figuras 5 e 6). A equação

1418 estimou o peso médio da moela de aproximadamente 38,53g com inclusão de 16% do  
1419 GIM, e para o proventrículo 8,35g aos 8% do GIM (Tabela 11).

#### 1420 **Qualidade da carne**

1421 Não houve diferença para as variáveis de qualidade de carne analisadas (Tabela  
1422 12). A análise de fatores indicou três principais fatores (Tabela 13), onde o fator 1  
1423 agrupou todas as variáveis relacionadas a coloração, mostrando que há uma correlação  
1424 positiva entre as colorações dos cortes (peito, coxa e sobrecoxa) e a adição do GIM nas  
1425 dietas das aves. Já o fator 2 agrupou a característica de força de cisalhamento,  
1426 mostrando inter-relação negativa, ou seja, o aumento do GIM nas dietas reduziu a força  
1427 de cisalhamento do peito dos frangos. O fator 3 agrupou a característica de índice de  
1428 peróxido do peito, expressando inter-relação positiva, ou seja, a adição do GIM na dieta  
1429 de frangos tende a aumentar o índice de peróxido do peito.

1430

#### 1431 **DISCUSSÕES**

1432 A redução do CR e GP pode ser atribuída à alta quantidade de gordura presente  
1433 nas rações com os maiores níveis do GIM, além da diferença do nível de energia bruta  
1434 nas dietas, considerando que na fase pré-inicial a dieta com 20% de inclusão do GIM  
1435 possuiu 10,93% de gordura, enquanto a dieta referência possuiu 5,063% e na ração da  
1436 fase final a gordura variou de 11,22% e 6,8%. Resultado semelhante foi encontrado por  
1437 Lima (2008), que constatou comportamento linear decrescente do CR de frangos de  
1438 corte alimentados com o GIM, nos níveis de 0 a 16%. Sabe-se que óleos e gorduras são  
1439 adicionados de 3 a 8% em rações de aves (Silva et al., 2014) e a adição de maiores  
1440 níveis está diretamente relacionada com o aumento da densidade das rações. O teor de  
1441 fibra bruta também aumentou nas rações com maiores níveis do GIM, variando entre

1442 2,99 a 7,81% nas rações referência da fase pré-inicial e de 2,62 a 7,46% nas rações da  
1443 fase final.

1444 A quantidade de gordura relacionou-se negativamente com a ingestão de ração,  
1445 afetando o consumo geral de todos os nutrientes, resultando em menor crescimento dos  
1446 pintos alimentados com altos níveis do GIM. Além disso, a piora na CA reforça a  
1447 ocorrência do menor aproveitamento do GIM nos maiores níveis de utilização, não só  
1448 devido à gordura, como também, ao aumento na quantidade de fibras nas rações.  
1449 Podendo-se observar efeito sinérgico entre os altos níveis de gordura e de fibra nas  
1450 dietas, promovendo diminuição do aproveitamento dos nutrientes das rações pelos  
1451 frangos de corte.

1452 Tradicionalmente, na maioria das pesquisas conduzidas na alimentação de aves,  
1453 a fibra dietética tem sido considerada um diluente da dieta, com conotações em relação  
1454 ao consumo de ração voluntário e digestibilidade de nutrientes (Rougière e Carrè,  
1455 2010). Consequentemente, a formulação das dietas, especialmente aquelas para frangos  
1456 jovens, devem conter menos de 3% de uma fonte de fibra insolúvel (Mateos et al.,  
1457 2012). No entanto, foi demonstrado que a inclusão de quantidades moderadas de fibras  
1458 de diferentes fontes na dieta melhora o desenvolvimento dos órgãos digestivos (Hetland  
1459 e Svihus, 2007; Svihus, 2011) e aumenta a secreção do ácido clorídrico, ácidos biliares,  
1460 e secreção enzimática (Svihus, 2011; Mateos et al., 2012). Estas alterações podem  
1461 resultar em melhorias na digestibilidade de nutrientes (Amerah et al., 2009),  
1462 crescimento (González-Alvarado et al., 2010) e saúde do trato gastrointestinal (TGI)  
1463 (Perez et al., 2011).

1464 Entretanto, em pesquisa utilizando o GIM com alto teor de gordura (47,1% EE),  
1465 Ciurescu et al. (2014) observaram que a inclusão do GIM, em níveis de até 21% em  
1466 dietas de frangos de corte dos 11 aos 42 dias, não influenciaram o CR, GP e CA. Assim

1467 como, Jiang et al. (2014), que avaliaram outro coproduto do milho, o DDGS (dried  
1468 distillers grains with solubles), em inclusão de 15% nas rações de frangos de corte e não  
1469 observaram diferença no desempenho.

1470 Considerando o período total de criação (1 a 42 dias) averiguou-se que a  
1471 inclusão de 11,8% do GIM promoveu o maior ganho de peso, sem alterar o consumo de  
1472 ração, mostrando-se ser o de melhor aproveitamento das dietas. Com isso, podemos  
1473 considerar que este nível foi o que promoveu melhores índices zootécnicos nos frangos  
1474 de corte.

1475 A formulação das rações foi adequada, promovendo os valores de energia  
1476 metabolizável para os frangos de corte de acordo com a fase de criação, em todas as  
1477 dietas analisadas.

1478 Os níveis de gordura nas dietas não interferiram na EMA e EMA<sub>n</sub> das rações,  
1479 porém interferiram nos coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta, matéria  
1480 seca e extrato etéreo, concordando com a hipótese que o nível de gordura pode  
1481 promover diferentes comportamentos quanto à capacidade de as aves utilizá-la.  
1482 Dependendo da fonte de gordura e dos níveis de uso na ração, a resposta em termos de  
1483 sua contribuição energética pode ser linear, curvilínea e, em alguns casos exceder o seu  
1484 conteúdo em energia bruta (Sibbald e Kramer, 1978). A fibra, também, possui efeitos  
1485 sobre a digestão dos nutrientes ingeridos pelas aves de acordo com os níveis de  
1486 inclusão, características físico-químicas e forma física (Mateos et al., 2012).

1487 A redução nos coeficientes de metabolizabilidade de alguns nutrientes justifica a  
1488 redução no desempenho das aves nos níveis mais elevados do GIM, mostrando que  
1489 nessas condições os animais não conseguiram metabolizar todos os nutrientes  
1490 necessários para o seu máximo desenvolvimento.

1491 A diminuição da metabolizabilidade da MS das rações experimentais pode ter  
1492 ocorrido em função da maior presença da fibra bruta e maior valor da matéria seca das  
1493 rações, promovendo aumento na excreção da matéria seca. O aumento da matéria seca  
1494 das rações ocorreu devido ao elevado nível de extrato etéreo do GIM. Enquanto que a  
1495 redução encontrada nos coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta e extrato  
1496 etéreo se devem a maior excreção de energia bruta e gordura pelas aves. Sabe-se que a  
1497 presença de maior quantidade de lipídeos pode melhorar a eficiência energética das  
1498 dietas, porém, o aproveitamento dessa energia vai depender da idade das aves em  
1499 função da produção das enzimas digestivas (Sakomura et al., 2004).

1500 A digestão dos lipídeos ocorre no lúmen intestinal e requer a participação das  
1501 secreções pancreáticas e biliares. A enzima lipase pancreática atua sobre os  
1502 triglicerídios, degradando-os a monoglicerídios, simultaneamente as secreções biliares  
1503 atuam na emulsificação das gorduras para facilitar a ação das enzimas (Nelson e Cox,  
1504 2011). Cerca de 90% dos sais biliares são reabsorvidos no íleo por processo ativo para  
1505 serem reutilizados. A absorção dos lipídeos ocorre na região do final do duodeno até o  
1506 final do íleo em animais monogástricos (Silva et al., 2014). Na ausência de sais biliares,  
1507 a absorção dos lipídeos é drasticamente reduzida, com a presença excessiva de gorduras  
1508 nas fezes (Reece, 2006). A partir desses resultados, podemos considerar que parte da  
1509 gordura fornecida pelas dietas às aves não foi absorvida pelo trato gastrointestinal,  
1510 sendo então excretadas, levando a redução da metabolizabilidade do extrato etéreo.

1511 Os resultados encontrados nesta pesquisa concordam com os anunciados por  
1512 Lima (2008), onde não houve efeito das dietas experimentais contendo níveis do GIM  
1513 (0 a 16%) sobre os rendimentos de carcaça e partes nobres de frangos de corte. A  
1514 ausência de efeitos dos tratamentos sobre o peso e rendimento das partes indica que,  
1515 apesar do incremento lipídico nas dietas, houve um satisfatório equilíbrio no consumo

1516 de aminoácidos e síntese proteica, refletindo principalmente na deposição de carne no  
1517 peito, que representa metade da proteína comestível do frango (Amarante Júnior et al.,  
1518 2005; Garcia et al., 2006). Assim como, Ciurescu et al. (2014) que constataram que o  
1519 rendimento de carcaça, peito, perna, deposição de gordura abdominal e peso do fígado  
1520 não diferiram significativamente entre os grupos consumindo o GIM (11 e 21%), no  
1521 entanto, o rendimento do peito e perna foi maior em ambos os grupos com GIM em  
1522 comparação ao grupo controle.

1523 Jiang et al. (2014) mostraram que a inclusão de 15% de DDGS não influenciou  
1524 os rendimentos de carcaça, peito, coxa e gordura abdominal de frangos. Assim como,  
1525 Kim et al. (2013) que avaliando a substituição de até 100% do óleo de soja pelo óleo  
1526 extraído do DDGS não encontraram diferença significativa para pesos de carcaça,  
1527 gordura total e peito dos frangos.

1528 No que se refere aos órgãos, o aumento de peso e rendimento da moela e do  
1529 proventrículo, pode ser justificado pelo alto teor de fibra bruta e fibra em detergente  
1530 neutro apresentados pelo GIM. Nesse sentido, Hetland et al. (2003) relataram que dietas  
1531 ricas em fibras causam aumento no peso da moela devido ao fato de que a fibra é mais  
1532 difícil de moer do que outros nutrientes e, portanto, se acumula na moela, aumentando  
1533 seu trabalho mecânico. Martinez et al. (2010) também relataram maior peso dos órgãos  
1534 digestivos e acessórios quando adicionado fontes de fibra insolúvel em dietas para  
1535 frangos de corte. Neste contexto, as fibras afetam o desenvolvimento e a função dos  
1536 órgãos digestivos, principalmente da moela (Svihus, 2011).

1537 Componentes estruturais das dietas, tais como a fração de fibra dietética  
1538 insolúvel, podem aumentar a função da moela, que, por sua vez, afeta positivamente a  
1539 fisiologia intestinal e a produtividade da ave (Sacranie et al., 2012). A quantidade de  
1540 fibra necessária depende das características da fonte da fibra, como: solubilidade,

1541 conteúdo de lignina e tamanho de partícula. Sob condições comerciais, as aves exigem  
1542 uma quantidade de fibra na dieta para otimizar o desempenho (Mateos et al., 2012).

1543 No entanto, as fibras solúveis apresentam efeitos negativos, como a formação de  
1544 um gel que dificulta a digestão e reduz a absorção dos nutrientes, redução na velocidade  
1545 de passagem da digesta pelo intestino e, conseqüente redução no consumo de ração  
1546 (Mateos et al., 2012). Além disso, essas fibras podem acelerar a fermentação no  
1547 intestino delgado promovendo a redução na digestibilidade da proteína, amido e  
1548 lipídeos presentes na dieta.

1549 Estudos recentes mostram que as fibras insolúveis podem melhorar o  
1550 desenvolvimento de órgãos (Sacranie et al., 2012), produção de enzimas (Svihus, 2011),  
1551 e digestibilidade de nutrientes em aves (Kheravii et al., 2017; Sacranie et al., 2017). As  
1552 fibras presentes neste coproduto aumentaram o crescimento de moela e proventrículo,  
1553 sem prejudicar a utilização da energia metabolizável das rações, entretanto, o alto teor  
1554 de extrato etéreo reduziu o aproveitamento da energia bruta das dietas.

1555 Podemos considerar que o aumento nos níveis de GIM na ração dos frangos teve  
1556 correlação com a coloração da carne de frangos de corte, como também, com a maciez  
1557 da carne.

1558 Com relação à peroxidação, o gérmen de milho possui óleo oxidativamente  
1559 estável quando armazenado em temperatura ambiente devido a sua quantidade de  
1560 tocoferóis (Moreau et al., 2011; Winkler-Moser e Breyer, 2011). Os tocoferóis são  
1561 comuns em óleos vegetais e é o principal antioxidante que protege a maioria dos óleos.  
1562 No milho e em outras plantas, o teor de tocoferol varia com base em fatores incluindo  
1563 híbridos, condições de crescimento, pós-colheita e condições de processamento  
1564 (Winkler-Moser e Breyer, 2011). Ciurescu et al. (2014) mostraram que o valor de  
1565 peróxido do GIM não aumentou significativamente até seis semanas de armazenamento.

1566 O pH da carne analisado está de acordo com o citado na literatura (Takahashi et  
1567 al., 2012; Oliveira et al., 2015). Verificou-se que o pH é um indicador de qualidade da  
1568 carne e um pH baixo (<5,7) às 24 h postmortem é indicativo de má qualidade da carne  
1569 (Corzo et al., 2009). O rápido declínio do pH postmortem pode levar à desnaturação da  
1570 proteína que pode resultar em cor pálida e baixa capacidade de retenção de água  
1571 (Briskey e Wismer-Pedersen, 1961). No presente estudo, não foi identificado pH abaixo  
1572 de 5,7. Isso indica que não houve problemas de qualidade com a carne do peito dos  
1573 tratamentos avaliados.

1574 O pH e suas variações podem influenciar a FC e a PPC, os quais são de suma  
1575 importância para a aceitação da carne pelo consumidor (Oliveira et al., 2015). A FC tem  
1576 relação direta com PPC, pois carnes que apresentam maior PPC resultam em maior  
1577 força necessária para o rompimento das fibras musculares (Brossi et al., 2009).

1578 A pigmentação da carne e pele das aves é proveniente da ingestão de  
1579 carotenoides presentes nos ingredientes das rações, tais como o milho e seus coprodutos  
1580 (Brunelli et al., 2010). Os principais carotenóides no óleo do milho são luteína e  
1581 zeaxantina, bem como menores quantidades de beta-criptoxantina e beta-caroteno  
1582 (Winkler-Moser e Breyer, 2011).

1583 Os valores L\*, a\* e b\* do peito para todos os tratamentos foram característicos  
1584 de carne de peito de frango normal (L\* < 55) às 24 horas pós-morte (Battula et al., 2008;  
1585 Corzo et al., 2009; Schilling et al. 2010), porém, superiores aos relatados por Corzo et  
1586 al. (2009) que trabalharam com um coproduto do milho (DDGS). Estudos anteriores  
1587 utilizaram L\* como medida para estimar a incidência de palidez ou a condição pálida,  
1588 macia e exsudativa, ou ambos, em carne de peito de frangos (Barbut, 1998; Van Laack  
1589 et al., 2000; Woelfel et al., 2002). Van Laack et al. (2000) relataram que os peitos que  
1590 pareciam normais tinham valores L\* de 55 e os que pareciam ser pálidos tinham valores

1591 de L\* de 60, e afirmou que altos valores de L\* e pH final baixo (<5,7) foram indicativos  
1592 de carne de frangos que era de cor pálida com baixa capacidade de retenção de água.

1593

1594

### **CONCLUSÕES**

1595           Recomenda-se para frangos de corte de 1 a 42 dias de idade a inclusão de 11,8%  
1596 do GIM, por promoverem os melhores índices zootécnicos.

1597

1598

### **AGRADECIMENTOS**

1599           À Ingredion Incorporated pela doação do gérmen integral de milho, à Evonik  
1600 Industries pelas análises de aminoácidos, e a Coordenação de Aperfeiçoamento de  
1601 Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico  
1602 e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia de Pernambuco  
1603 (FACEPE) pelo financiamento da pesquisa.

1604

1605

1606

1607

1608

1609

1610

1611

1612

1613

1614

1615

1616

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1617

1618 Albuquerque, C. S.; C. B. V. Rabello, M. J. B. Santos, M. B. Lima, E. P. Silva, T. S.

1619 Lima, D. P. Ventura e W. M. Dutra Jr. 2014. Chemical composition and

1620 metabolizable energy values of corn germ meal obtained by wet milling for layers.

1621 Braz. Jour. Poult. Sci. 16:107-112.

1622 Amerah, A. M., V. Ravindran, e R. G. Lentle. 2009. Influence of insoluble fibre and

1623 whole wheat inclusion on the performance, digestive tract development and ileal

1624 microbiota profile of broiler chickens. Br. Poult. Sci. 50:366–375.

1625 Amarante Júnior, V. S., F. G. P. Costa, L. R. Barros, G. A. J. Nascimento, P. A.

1626 Brandão, J. H. V. Silva, W. E. Pereira, R. V. Nunes, e J. S. Costa. 2005. Níveis de

1627 lisina para frangos de corte nos períodos de 22 a 42 e de 43 a 49 dias de idade,

1628 mantendo a relação metionina+cistina. R. Bras. Zoot. 34:1188-1194, 2005.

1629 AOAC - Association of Official Analytical Chemists. 2003. Official methods and

1630 recommended practices of the American Oil Chemists Society. Ed. AOCS:

1631 Champaign.

1632 AOAC - Association of Official Analytical Chemists. 2006. Official Methods of

1633 Analysis of AOAC International. 18th ed. AOAC Int., Gaithersburg, MD.

1634 Barbut, S. 1998. Estimating the magnitude of the PSE problem in poultry. J. Muscle

1635 Foods. 9:35–49.

1636 Battula, V., M. W. Schilling, Y. Vizzier-Thaxton, J. M. Behrends, J. B. Williams, e T.

1637 B. Schmidt. 2008. The effects of low atmosphere stunning and deboning time on

1638 broiler breast meat quality. Poult. Sci. 87:1202–1210.

1639 Briskey, E. J., e J. Wismer-Pedersen. 1961. Biochemistry of pork muscle structure. Rate

1640 of anaerobic glycolysis and temperature change versus the apparent structure of

1641 muscle tissue. J. Food Sci. 26:297–305.

1642 Brossi, C., C. J. C. Castillo, E. A. Amazonas, e J. F. M. Menten. 2009. Estresse térmico  
1643 durante o pré-abate em frangos de corte. *Ciênc. Rural*. 39:1284-1293.

1644 Brunelli, S. R., J. W. Pinheiro, N. A. N. Fonseca, A. Oba, e C. A. Silva. 2010. Farelo de  
1645 gérmen de milho desengordurado na dieta de poedeiras comerciais de 28 a 44  
1646 semanas de idade. *R. Bras. Zootec.* 39:1068-1073.

1647 CELERES – Empresa de Consultoria Focada no Agronegócio. Relatório estatístico.  
1648 Disponível em: <http://www.celeres.com.br/category/atualidades/artigos/> Acesso em:  
1649 24 ago. 2018.

1650 Ciurescu, G. 2008. Chemical composition and effects the dietary corn by-products on  
1651 broiler performance. *Zootehnie si Biotehnologii*, 41:491-497.

1652 Ciurescu, G.; M. Ropota, e A. Gheorghe. 2014. Effect of various levels of corn germ on  
1653 growth performance, carcass characteristics and fatty acids profile of thigh muscle in  
1654 broiler chickens. *Arch. Zootech.* 17: 77-91.

1655 Corn Refiners Association. 2006. Corn wet milled feed products corn wet milled feed  
1656 products corn. Washington D.C. Disponível em: <[http://www.corn.org/](http://www.corn.org/Feed2006.pdf)  
1657 [Feed2006.pdf](http://www.corn.org/Feed2006.pdf)>. Acesso em: 10 fev. 2016.

1658 Corzo, A., M. W. Schilling, R. E. Loar II, V. Jackson, S. Kin, e V. Radhakrishnan.  
1659 2009. The effects of feeding distillers dried grains with solubles on broiler meat  
1660 quality. *Poult. Sci.* 88:432–439.

1661 Froning, G.W.; A. S. Babji, F. B. Mather. 1978. The effect of preslaughter  
1662 temperatures, stress, struggle and anesthetization on color and textural characteristics  
1663 of turkey muscle. *Poult. Sci.* 57:630-633.

1664 Garcia, A. R., A. B. Batal, e D. H. Baker. 2006. Variations in the digestible lysine  
1665 requirement of broiler chickens due to sex, performance parameters, rearing  
1666 environment, and processing yield characteristics. *Poult. Sci.* 85:498-504.

1667 González-Alvarado, J. M., E. Jiménez-Moreno, D. González-Sánchez, R. Lázaro, and  
1668 G. G. Mateos. 2010. Effect of inclusion of oat hulls and sugar beet pulp in the diet  
1669 on productive performance and digestive traits of broilers from 1 to 42 days of age.  
1670 *Anim. Feed Sci. Technol.* 162:37–46.

1671 Hamm, R. 1960. Biochemistry of meat hydration: advances in food research.  
1672 *Cleveland.* 10:335-443.

1673 Hetland H., B. Svihus, e A. Krogdahl. 2003. Effects of hoat hulls and wood shavings on  
1674 digestion in broilers and layers fed diets based on whole or ground wheat. *British*  
1675 *Poult. Sci.* 44:275–282.

1676 Hetland, H., e B. Svihus. 2007. Inclusion of dust bathing materials affects nutrient  
1677 digestion and gut physiology of layers. *J. Appl. Poult. Res.* 16:22–26.

1678 Honikel, K.O. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of  
1679 meat. *Meat Sci.* 49:447- 457.

1680 Jiang, W., S. Nie, Q. Zhe, B. Chongpeng, e S. Anshan. 2014. The effects of conjugated  
1681 linoleic acid on growth performance, carcass traits, meat quality, antioxidant  
1682 capacity, and fatty acid composition of broilers fed corn dried distillers grains with  
1683 solubles. *Poult. Sci.* 93:1202–1210.

1684 Kim, E. J., J. L. Purswell, J. D. Davis, R. E. Loar II, e K. Karges. 2013. Live production  
1685 and carcass characteristics of broilers fed a blend of poultry fat and corn oil derived  
1686 from distillers dried grains with solubles. *Poult. Sci.* 92:2732–2736.

1687 Kheravii, S. K., R. A. Swick, M. Choct, e S. B. Wu. 2017. Coarse particle inclusion and  
1688 lignocellulose-rich fiber addition in feed benefit performance and health of broiler  
1689 chickens. *Poult. Sci.*0:1-10.

1690 Kaiser, H. F. 1958. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis.  
1691 *Psychometrika.* 23:187-200.

1692 Lima, R. B. Avaliação nutricional de derivados da moagem úmida do milho para  
1693 frangos de corte industrial. 2008. 58p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -  
1694 Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife

1695 Lima, M. B., C. B. V. Rabello, E. P. Silva, R. B. Lima, E. M. F. Arruda e L. F. T.  
1696 Albino. 2012. Effect of broiler chicken age on ileal digestibility of corn germ meal.  
1697 *Acta Scient. Anim. Sci.* 34:137-141.

1698 Lima, M. B., C. B. V. Rabello e E. P. Silva. 2016. Valores energéticos do germen  
1699 integral de milho para aves de postura. *R. Ciênc. Agron.* 47:770-777.

1700 Martínez, M., L. Savón, L. E. Dihigo, Y. Hernández, A. Oramas, F. Sierra, et al.  
1701 2010. Cecal and blood fermentative indicators in broiler chickens fed *Morus alba*  
1702 foliage meal in the ration. *Cuban Journal of Agricultural Science*44:49-53.

1703 Mateos, G.G., E. Jiménez-Moreno, M. P. Serrano, e P. Lázaro. 2012. Poultry response  
1704 to high elvels of dietary dietary fibre sources varying in physical and chemical  
1705 characteristics. *J. Appl. Poult. Res.* 21:156-174.

1706 Matterson, L. D., L. M. Potter, M. W. Stutz. 1965. The metabolizable energy of feed  
1707 ingredients for chickens. *Agricultural Experimental Station Research Report.* 7:3-  
1708 11.

1709 Moreau, R.A., Liu, K., Singh, V., e Winkler-Moser, J.K. 2011. Changes in lipid  
1710 composition during dry grind ethanol processing of corn. *J. Am. Oil Chem. Soc.*  
1711 88:435-442.

1712 Nelson, D. L., e M. M. Cox. 2011. *Princípios de Bioquímica de Lehninger.* 5ª ed.: ed.  
1713 Artmed. RS: Porto Alegre. 1274 p.

1714 Oliveira, F. R., C. A. Boari, A. V. Pires, J. C. Mognato, R. M. S. Carvalho, M. A.  
1715 Santos Júnior, e C. C. Mattioli. 2015. Jejum alimentar e qualidade da carne de  
1716 frango de corte caipira. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.* 16:667-677.

- 1717 Paes, M. C. D. 2006. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. Sete  
1718 Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, (Circular técnica, 75).
- 1719 Perez, V. G., C. M. Jacobs, J. Barnes, M. C. Jenkins, M. S. Kuhlenschmidt, G. C.  
1720 Fahey, C. M. Parsons, e J. E. Pettigrew. 2011. Effect of corn distillers dried grains  
1721 with solubles and *Eimeria acervulina* infection on growth performance and the  
1722 intestinal microbiota of young chicks. Poult. Sci. 90:958–964.
- 1723 Reece, W. O. 2006. Dukes Fisiologia dos animais domésticos. 12.ed. Ed. Guanabara  
1724 Koogan. RJ: Rio de Janeiro.
- 1725 Rostagno, H.S.; L. F. T. Albino, J. L. Donzele, P. S. Gomes, R. F. Oliveira, D. C.  
1726 Lopes, A. S. Ferreira, S. L. T. Barreto e R. F. Euclides. 2011. Tabelas brasileiras  
1727 para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais. 3ª edição,  
1728 Ed.UFV, MG: Viçosa. 252 p.
- 1729 Rougière, N., e B. Carré. 2010. Comparison of gastrointestinal transit times between  
1730 chickens from D+ and D– genetic lines selected for divergent digestion efficiency.  
1731 Animal. 4:1861–1872.
- 1732 SAS Institute Inc. STAT User’s Guide. 2008. Versão 9.0. 5ª ed. Cary, NC.
- 1733 Sacranie, A., B. Svihus, V. Denstadli, B. Moen, P. A. Igi, e M. Choct. 2012. The effect  
1734 of insoluble fiber and intermittent feeding on gizzard development, gut motility, and  
1735 performance of broiler chickens. Poult. Sci. 91:693-700.
- 1736 Sacranie, A., X. Adiya, L. T. Mydland e B. Svihus. 2017. Effect of intermittent feeding  
1737 and oat hulls to improve phytase efficacy and digestive function in broiler chickens.  
1738 Brit. Poult. Sci. 58:442-451.
- 1739 Sakomura, N. K., F. A. Lomgo, C. B. V. Rabello, K. Watanabe, K. Pelícia, e E. R.  
1740 Freitas. 2004. Efeito do nível de energia metabolizável da dieta no desempenho e  
1741 metabolismo energético de frangos de corte. R. Bras. Zoot. 33:1758-1767.

1742 Sakomura, N. K. e H. S. Rostagno. 2016. Métodos de pesquisa em nutrição de  
1743 monogástricos. 2ª Ed. Ed: Funep. SP: Jaboticabal. 262 p.

1744 Silva, J. H. V., R. B. Lima, P. B. Lacerda e A. C. Oliveira. 2014. Digestão e absorção de  
1745 lipídeos. In: Sakomura, N. K. Sakomura, J. H. V. Silva, F. G. P. Costa, J. B. K.  
1746 Fernandes e L. Hauschild. Nutrição de não ruminantes. Jaboticabal:Funep,. p. 62-76.

1747 Sibbald, I.R. e J. K. G. Kramer. 1978. The effect of the basal diet on the true  
1748 metabolizable energy value of fat. *Poult. Sci.* 57:685-691.

1749 Schilling, M. W., V. Battula, R. E. Loar II, V. Jackson, S. Kin, e A. Corzo. 2010.  
1750 Dietary inclusion level effects of distillers dried grains with solubles on broiler meat  
1751 quality. *Poult. Sci.* 89:752–760.

1752 Svihus, B. 2011. The gizzard: Function, influence of diet structure, and effects on  
1753 nutrient availability. *W. Poult. Sci. J.* 67:207-223.

1754 Takahashi, S. E., A. A. Mendes, C. Mori, C. C. Pizzolante, R. C. Garcia, I. C. A. Paz,  
1755 K. Pelícia, E. S. P. B. Saldanha, e J. R. O. Roça. 2012. Qualidade da carne de  
1756 frangos de corte tipo colonial e industrial. *R. Eletr. de Med. Vet.* 10:1679-7353.

1757 Van Keulen, J. e B. A. Young. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural  
1758 marker in ruminant digestibility studies. *J. Anim. Sci.* 44:282:287.

1759 Van Laack, R. L. J. M., C. H. Liu, M. O. Smith, e H. D. Loveday. 2000. Characteristics  
1760 of pale, soft, exudative broiler breast meat. *Poult. Sci.* 79:1057–1061.

1761 Woelfel, R. L., C. M. Owens, E. M. Hirschler, R. Martinez-Dawson, e A. R. Sams.  
1762 2002. The characterization and incidence of pale, soft and exudative broiler meat in  
1763 a commercial processing plant. *Poult. Sci.* 81:579–584.

1764 Winkler-Moser, J.K. e L. Breyer. 2011. Composition and oxidative stability of crude oil  
1765 extracts of corn germ and distillers grains. *Industr. Crops and Prod.* 33:572-578.

1766

1768 Tabela 1. Composições centesimal e nutricional das dietas de 1 a 7 dias de idade para  
1769 frangos de corte

Composição centesimal	Níveis do gérmen integral de milho					
	0%	4%	8%	12%	16%	20%
	GIM	GIM	GIM	GIM	GIM	GIM
Milho moído (7,86%)	54,33	51,46	48,60	45,73	42,87	40,00
Farelo de soja (45%)	38,80	38,14	37,48	36,82	36,16	35,50
Gérmen integral de milho	0,00	4,00	8,00	12,00	16,00	20,00
Óleo de soja	2,449	1,960	1,469	0,979	0,489	0,000
Fosfato bicálcico	1,903	1,888	1,874	1,859	1,845	1,830
Calcário	0,882	0,894	0,906	0,918	0,930	0,942
Sal comum	0,371	0,369	0,367	0,365	0,363	0,361
DL-Metionina (99%)	0,364	0,371	0,378	0,386	0,393	0,400
L-Lisina HCl (78,8%)	0,290	0,297	0,304	0,312	0,319	0,326
L-Treonina (98,5%)	0,116	0,121	0,126	0,131	0,136	0,141
Bacitracina de zinco	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Salinomicina sódica	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Bicarbonato de sódio	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Suplemento vitamínico e mineral <sup>1</sup>	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Total	100	100	100	100	100	100
Composição nutricional calculada, %						
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2960	2960	2960	2960	2960	2960
Proteína bruta	22,40	22,40	22,40	22,40	22,40	22,40
Gordura	5,063	6,235	7,408	8,581	9,753	10,93
Energia bruta <sup>2</sup>	3621	3628	3736	3797	4053	4060
Fibra bruta	2,996	3,959	4,923	5,886	6,849	7,813
Fibra em detergente neutro	11,831	13,628	15,425	17,222	19,018	20,815
Cálcio	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920
Fósforo disponível	0,470	0,470	0,470	0,470	0,470	0,470
Sódio	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220
Cloro	0,273	0,273	0,272	0,271	0,270	0,269
Potássio	0,868	0,850	0,832	0,814	0,796	0,778
Aminoácidos digestíveis, %						
Metionina + cisteína	0,953	0,953	0,953	0,953	0,953	0,953
Metionina	0,652	0,652	0,652	0,652	0,652	0,652
Lisina	1,324	1,324	1,324	1,324	1,324	1,324
Treonina	0,861	0,861	0,861	0,861	0,861	0,861
Triptofano	0,252	0,252	0,251	0,251	0,250	0,250
Leucina	1,727	1,712	1,697	1,683	1,668	1,654
Arginina	1,415	1,411	1,408	1,405	1,401	1,398
Fenilalanina	1,031	1,023	1,016	1,008	1,001	0,993
Fenilalanina + tirosina	1,762	1,721	1,680	1,638	1,597	1,556
Valina	0,944	0,942	0,941	0,940	0,938	0,937

1770 <sup>1</sup>Suplemento vitamínico e mineral (níveis de garantia por kg produto): vitamina A 7500000 UI, vitamina D3 2500000 UI, vitamina E 18000 UI, vitamina K3 1200 mg, tiamina 1500 mg, riboflavina 5500 mg, piridoxina 2000 mg, vitamina B12 12500 cg, niacina 35 g, pantotenato de cálcio

1771 10 g, biotina 67 mg, ferro 60 g, cobre 13 g, manganês 120 g, zinco 100 g, iodo 2500 mg, selênio 500 mg; <sup>2</sup> Valores determinados.

1773 Tabela 2. Composições centesimal e nutricional das dietas de 8 a 21 dias de idade para  
1774 frangos de corte

Composição centesimal	Níveis do gérmen integral de milho					
	0%	4%	8%	12%	16%	20%
	GIM	GIM	GIM	GIM	GIM	GIM
Milho moído (7,86%)	56,77	54,12	51,47	48,82	46,16	43,50
Farelo de soja (45%)	35,95	35,26	34,56	33,87	33,18	32,50
Gérmen integral de milho	0,00	4,00	8,00	12,00	16,00	20,00
Óleo de soja	3,329	2,663	1,997	1,332	0,666	0,000
Fosfato bicálcico	1,556	1,540	1,525	1,509	1,494	1,478
Calcário	0,916	0,928	0,941	0,953	0,966	0,978
Sal comum	0,346	0,344	0,342	0,340	0,338	0,336
DL-Metionina (99%)	0,312	0,315	0,318	0,320	0,323	0,326
L-Lisina HCl (78,8%)	0,240	0,248	0,256	0,264	0,272	0,280
L-Treonina (98,5%)	0,081	0,086	0,091	0,096	0,101	0,106
Bacitracina de zinco	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Salinomicina sódica	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Bicarbonato de sódio	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Suplemento vitamínico e mineral <sup>1</sup>	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Total	100	100	100	100	100	100
Composição nutricional calculada, %						
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3050	3050	3050	3050	3050	3050
Proteína bruta	21,20	21,20	21,20	21,20	21,20	21,20
Gordura	5,975	6,981	7,986	8,992	9,997	11,00
Energia bruta <sup>2</sup>	3625	3633	3753	3801	3870	4063
Fibra bruta	2,887	3,853	4,818	5,784	6,749	7,715
Fibra em detergente neutro	11,730	13,548	15,366	17,184	19,001	20,819
Cálcio	0,841	0,841	0,841	0,841	0,841	0,841
Fósforo disponível	0,401	0,401	0,401	0,401	0,401	0,401
Sódio	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210
Cloro	0,258	0,257	0,256	0,256	0,255	0,254
Potássio	0,822	0,804	0,786	0,768	0,751	0,733
Aminoácidos digestíveis, %						
Metionina + cisteína	0,876	0,876	0,876	0,876	0,876	0,876
Metionina	0,588	0,590	0,592	0,593	0,595	0,597
Lisina	1,217	1,217	1,217	1,217	1,217	1,217
Treonina	0,791	0,791	0,791	0,791	0,791	0,791
Triptofano	0,237	0,236	0,236	0,235	0,235	0,234
Leucina	1,657	1,643	1,630	1,616	1,603	1,589
Arginina	1,332	1,329	1,325	1,322	1,318	1,315
Fenilalanina	0,976	0,969	0,961	0,954	0,946	0,939
Fenilalanina + tirosina	1,670	1,629	1,588	1,546	1,505	1,464
Valina	0,896	0,894	0,893	0,892	0,890	0,889

1775 Suplemento vitamínico e mineral (níveis de garantia por kg produto): vitamina A 7500000 UI, vitamina D3 2500000 UI, vitamina E 18000  
UI, vitamina K3 1200 mg, tiamina 1500 mg, riboflavina 5500 mg, piridoxina 2000 mg, vitamina B12 12500 cg, niacina 35 g, pantotenato de  
1776 cálcio 10 g, biotina 67 mg, ferro 60 g, cobre 13 g, manganês 120 g, zinco 100 g, iodo 2500 mg, selênio 500 mg; <sup>2</sup> Valores determinados.

1777

1778 Tabela 3. Composições centesimal e nutricional das dietas de 22 a 35 dias de idade para  
1779 frangos de corte

Composição centesimal	Níveis do gérmen integral de milho					
	0%	4%	8%	12%	16%	20%
	GIM	GIM	GIM	GIM	GIM	GIM
Milho moído (7,86%)	59,78	57,36	54,92	52,48	50,05	47,62
Farelo de soja (45%)	32,36	31,62	30,90	30,17	29,44	28,72
Gérmen integral de milho	0,00	4,00	8,00	12,00	16,00	20,00
Óleo de soja	4,237	3,390	2,542	1,695	0,847	0,000
Fosfato bicálcico	1,335	1,319	1,302	1,286	1,270	1,254
Calcário	0,863	0,875	0,888	0,901	0,913	0,926
Sal comum	0,321	0,319	0,317	0,314	0,312	0,310
DL-Metionina (99%)	0,293	0,296	0,299	0,302	0,305	0,308
L-Lisina HCl (78,8%)	0,240	0,249	0,257	0,266	0,275	0,284
L-Treonina (98,5%)	0,072	0,077	0,082	0,088	0,092	0,098
Bacitracina de zinco	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Salinomicina sódica	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Bicarbonato de sódio	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Suplemento vitamínico e mineral <sup>1</sup>	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Total	100	100	100	100	100	100
Composição nutricional calculada, %						
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3150	3150	3150	3150	3150	3150
Proteína bruta	19,80	19,80	19,80	19,80	19,80	19,80
Gordura	6,924	7,757	8,591	9,424	10,26	11,09
Energia bruta <sup>2</sup>	3685	3717	3764	3918	4030	4124
Fibra bruta	2,749	3,717	4,685	5,652	6,619	7,587
Fibra em detergente neutro	11,596	13,436	15,275	17,114	18,953	20,792
Cálcio	0,758	0,758	0,758	0,758	0,758	0,758
Fósforo disponível	0,354	0,354	0,354	0,354	0,354	0,354
Sódio	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Cloro	0,243	0,242	0,241	0,241	0,240	0,239
Potássio	0,766	0,748	0,730	0,712	0,694	0,676
Aminoácidos digestíveis, %						
Metionina + cisteína	0,826	0,826	0,826	0,826	0,826	0,826
Metionina	0,554	0,556	0,558	0,560	0,562	0,564
Lisina	1,131	1,131	1,131	1,131	1,131	1,131
Treonina	0,735	0,735	0,735	0,735	0,735	0,735
Triptofano	0,217	0,216	0,216	0,215	0,215	0,214
Leucina	1,570	1,557	1,544	1,532	1,519	1,506
Arginina	1,229	1,225	1,221	1,217	1,213	1,209
Fenilalanina	0,909	0,901	0,894	0,886	0,879	0,872
Fenilalanina + tirosina	1,554	1,513	1,471	1,430	1,389	1,347
Valina	0,834	0,833	0,832	0,830	0,829	0,828

1780<sup>1</sup>Suplemento vitamínico e mineral (níveis de garantia por kg produto): vitamina A 7500000 UI, vitamina D3 2500000 UI, vitamina E 18000 UI, vitamina K3 1200 mg, tiamina 1500 mg, riboflavina 5500 mg, piridoxina 2000 mg, vitamina B12 12500 cg, niacina 35 g, pantotenato de cálcio 1781<sup>2</sup>10 g, biotina 67 mg, ferro 60 g, cobre 13 g, manganês 120 g, zinco 100 g, iodo 2500 mg, selênio 500 mg; <sup>2</sup>Valores determinados.

1782

1783

1784 Tabela 4. Composições centesimal e nutricional das dietas de 36 a 42 dias de idade para  
1785 frangos de corte

Composição centesimal	Níveis do gérmen integral de milho					
	0%	4%	8%	12%	16%	20%
	GIM	GIM	GIM	GIM	GIM	GIM
Milho moído (7,86%)	64,26	61,82	59,38	56,92	54,49	52,04
Farelo de soja (45%)	28,45	27,70	26,96	26,22	25,46	24,72
Gérmen integral de milho	0,00	4,00	8,00	12,00	16,00	20,00
Óleo de soja	4,092	3,273	2,455	1,636	0,818	0,000
Fosfato bicálcico	1,123	1,107	1,090	1,073	1,057	1,040
Calcário	0,773	0,785	0,796	0,808	0,820	0,832
Sal comum	0,308	0,306	0,303	0,301	0,299	0,296
DL-Metionina (99%)	0,272	0,274	0,276	0,279	0,282	0,284
L-Lisina HCl (78,8%)	0,267	0,276	0,284	0,293	0,301	0,310
L-Treonina (98,5%)	0,076	0,081	0,085	0,090	0,095	0,100
Bicarbonato de sódio	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Suplemento vitamínico e mineral <sup>1</sup>	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180
Total	100	100	100	100	100	100
Composição nutricional calculada, %						
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3200	3200	3200	3200	3200	3200
Proteína bruta	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4
Gordura	6,877	7,745	8,613	9,481	10,35	11,22
Energia bruta <sup>2</sup>	3699	3737	3780	3941	4050	4146
Fibra bruta	2,620	3,589	4,559	5,529	6,499	7,469
Fibra em detergente neutro	11,589	13,429	15,269	17,109	18,949	20,788
Cálcio	0,663	0,663	0,663	0,663	0,663	0,663
Fósforo disponível	0,309	0,309	0,309	0,309	0,309	0,309
Sódio	0,195	0,195	0,195	0,195	0,195	0,195
Cloro	0,237	0,236	0,235	0,234	0,234	0,233
Potássio	0,707	0,689	0,671	0,653	0,635	0,617
Aminoácidos digestíveis, %						
Metionina + cisteína	0,774	0,774	0,774	0,774	0,774	0,774
Metionina	0,519	0,521	0,523	0,525	0,527	0,529
Lisina	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
Treonina	0,689	0,689	0,689	0,689	0,689	0,689
Triptofano	0,197	0,197	0,196	0,195	0,195	0,194
Leucina	1,486	1,473	1,460	1,447	1,434	1,421
Arginina	1,120	1,116	1,112	1,108	1,105	1,101
Fenilalanina	0,839	0,831	0,824	0,816	0,809	0,801
Fenilalanina + tirosina	1,434	1,393	1,351	1,310	1,268	1,227
Valina	0,773	0,771	0,770	0,769	0,767	0,766

1786 <sup>1</sup>Suplemento vitamínico e mineral (níveis de garantia por kg produto): vitamina A 7500000 UI, vitamina D3 2500000 UI, vitamina E 18000 UI, vitamina K3 1200 mg, tiamina 1500 mg, riboflavina 5500 mg, piridoxina 2000 mg, vitamina B12 12500 cg, niacina 35 g, pantotenato de cálcio 10 g, biotina 67 mg, ferro 60 g, cobre 13 g, manganês 120 g, zinco 100 g, iodo 2500 mg, selênio 500 mg; <sup>2</sup>Valores determinados.

1788

1789

1790 Tabela 5. Composição química e energética do gérmen integral de milho utilizada para  
 1791 formular as rações experimentais expressos em matéria natural

Nutrientes	%
Matéria seca	95,35
Proteína bruta	12,72
Extrato etéreo	44,33
Fibra bruta	26,20
Fibra em detergente neutro	55,74
Energia bruta (kcal/kg)	6419
Matéria mineral	1,030
Energia metabolizável 1 a 7 dias (kcal/kg)* <sup>1</sup>	3848
Energia metabolizável 8 a 21 dias (kcal/kg)* <sup>2</sup>	4080
Energia metabolizável 22 a 42 dias (kcal/kg)* <sup>3</sup>	4378
Mínerais	%
Cálcio	0,040
Fósforo disponível	0,150
Sódio	0,038
Cloro	0,060
Potássio	0,060
Aminoácidos digestíveis em aves	%
Metionina	0,170
Lisina	0,414
Metionina + cistina	0,315
Treonina	0,339
Triptofano	0,120
Arginina	0,684
Leucina	0,808
Isoleucina	0,325
Valina	0,528
Fenilalanina	0,418
Histidina	0,319

1792 \*O Cálculo da energia metabolizável foi realizado com base no coeficiente  
 1793 de metabolizabilidade da energia bruta do GIM utilizado no experimento de  
 1794 digestibilidade, sendo este ponto de máxima estimado pelo Broken Line  
 1795 (CMAEB=EMAn<sub>alimento</sub>/EB<sub>alimento</sub>). \*<sup>1</sup> CMAEB = 4307 / 7183x100 =  
 59,96%, EMAn = 6419 x 59,96 / 100 = 3848 kcal/kg; \*<sup>2</sup>CMAEB = 4566 /  
 7183 x 100 =63,57%, EMAn = 6419 x 63,57 / 100 = 4080 kcal/kg;  
 1796 \*<sup>3</sup>CMAEB = 4900 / 7183 x 100 = 68,22%, EMAn = 6419 x 68,22 = 4378  
 kcal/kg.

1797

1798

1799

1800

1801 Tabela 6. Médias de consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar  
 1802 (CA) de frangos de corte alimentados com níveis crescentes do gérmen integral de  
 1803 milho em todas as fases de criação

Níveis de inclusão, %	Períodos avaliados (dias)			
	1 a 7	1 a 21	1 a 35	1 a 42
Consumo de ração (g/ave)				
0	152,2	1327,8	3566,4	4776,8
4	151,1	1339,4	3614,8	4861,6
8	145,4	1308,5	3608,8	4842,9
12	147,4	1324,9	3606,6	4855,0
16	144,5	1282,8	3596,4	4884,0
20	140,2	1247,4	3464,2	4787,1
Média	146,8	1305,1	3576,2	4834,6
CV (%)	3,87	2,50	3,60	4,36
P	0,0049	<0,0001	0,0665	0,8813
Ganho de peso (g/ave)				
0	138,5	1013,9	2376,2	2898,5
4	137,7	1033,4	2411,4	2951,5
8	132,5	1003,9	2366,8	2913,0
12	134,3	1001,5	2357,5	2921,0
16	131,7	965,8	2306,7	2832,5
20	127,9	933,6	2236,1	2761,5
Média	133,8	992,0	2342,4	2879,7
CV (%)	3,14	2,38	2,70	4,11
P	0,0011	<0,0001	<0,0001	0,0101
Conversão alimentar (g/g)				
0	1,099	1,309	1,501	1,648
4	1,097	1,296	1,499	1,648
8	1,097	1,304	1,524	1,662
12	1,097	1,323	1,529	1,663
16	1,096	1,328	1,559	1,724
20	1,096	1,336	1,550	1,736
Média	1,097	1,316	1,527	1,680
CV (%)	2,89	2,07	1,76	2,73
P	0,9884	0,0182	<0,0001	0,0003

1804 CV = coeficiente de variação; P = probabilidade, significativo quando (p<0,05)

1805

1806

1807

1808

1809

1810

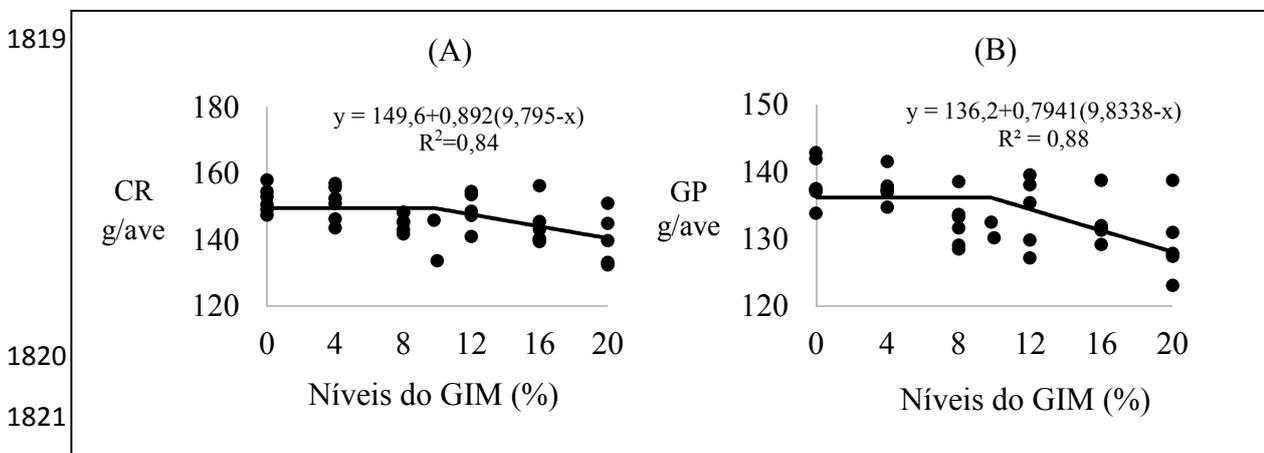
1811

1812 Tabela 7. Equações do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão  
 1813 alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com o gérmen integral de milho geradas  
 1814 a partir do modelo broken line

Variáveis	Fatores			R <sup>2</sup>	EPM
	α	β	γ		
	1 a 7 dias				
Consumo de ração	149,6	0,892	9,795	0,84	0,170
Ganho de peso	136,2	0,794	9,834	0,88	0,170
	1 a 21 dias				
Consumo de ração	1325,2	9,691	11,855	0,94	0,169
Ganho de peso	1017,1	8,494	10,098	0,97	0,169
Conversão alimentar	1,303	-0,003	5,992	0,78	0,170
	1 a 35 dias				
Ganho de peso	2384,8	15,167	10,415	0,93	0,169
Conversão alimentar	1,549	-0,004	16,672	0,93	0,169
	1 a 42 dias				
Ganho de peso	2921,0	19,948	11,856	0,81	0,169
Conversão alimentar	1,648	-0,007	7,105	0,90	0,171

1815 α = valor máximo; β = inclinação da curva; γ = nível ótimo;  
 1816 Equação Broken Line:  $y = \alpha + \beta(\gamma - x)$ ; R<sup>2</sup>= coeficiente de  
 1817 determinação; EPM = erro padrão da média.

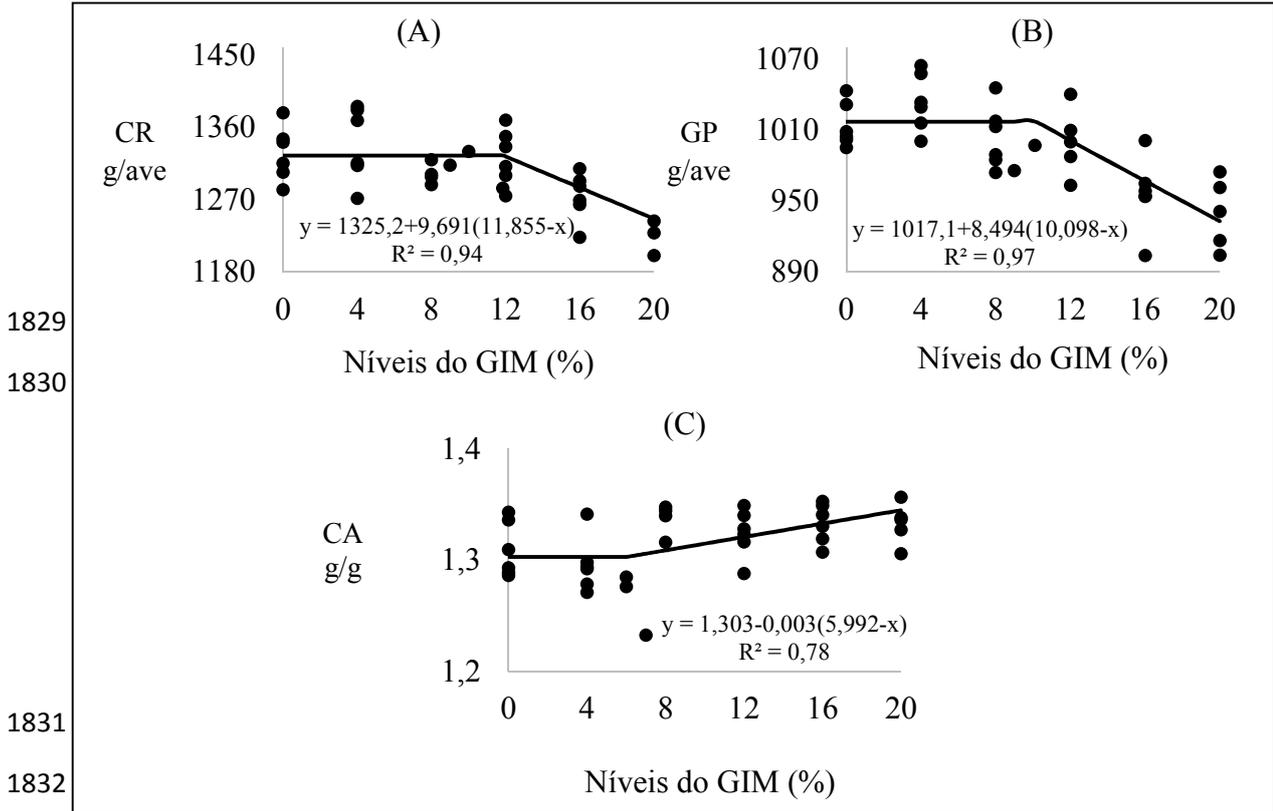
1817  
 1818



1822 Figura 1. Gráficos do CR (A) e GP (B) dos frangos de 1 a 7 dias de acordo com as  
 1823 equações previstas pelo modelo Broken Line

1824  
 1825  
 1826  
 1827

1828

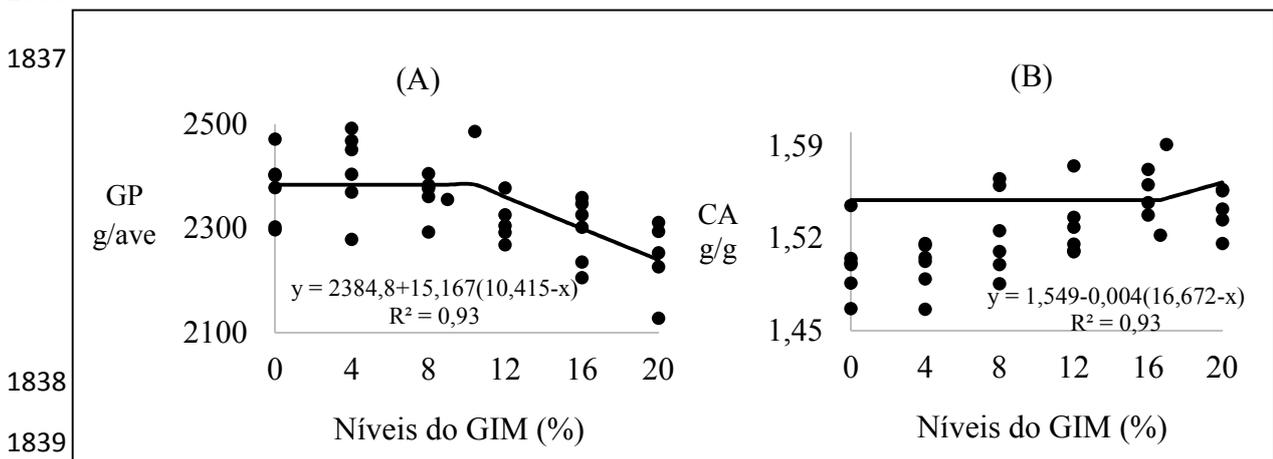


1833 Figura 2. Gráficos do CR (A), GP (B) e CA (C) dos frangos de 1 a 21 dias de acordo com as equações previstas pelo modelo Broken Line

1835

1836

1837

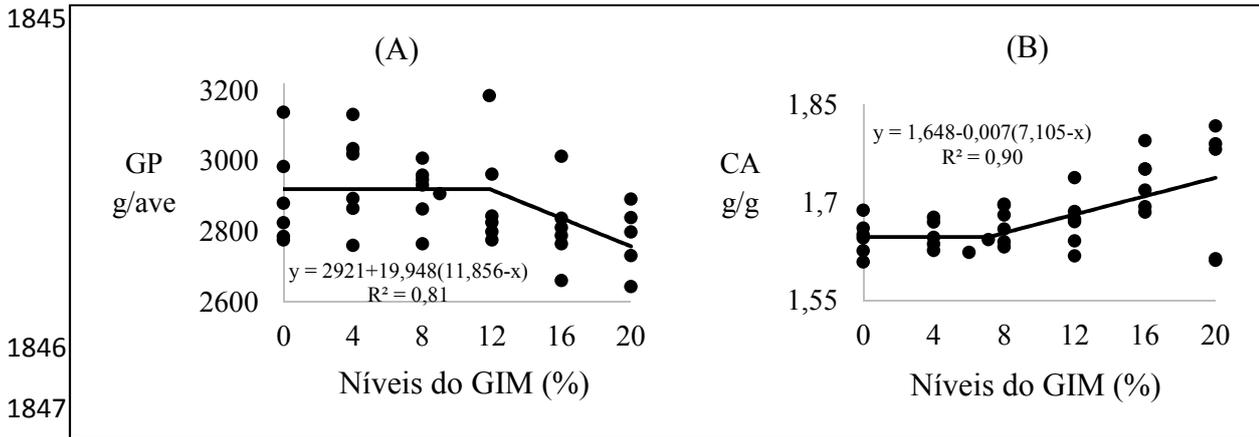


1840 Figura 3. Gráficos do GP (A) e CA (B) dos frangos de 1 a 35 dias de acordo com as equações previstas pelo modelo Broken Line

1842

1843

1844



1848 Figura 4. Gráficos do GP (A) e CA (B) dos frangos de 1 a 42 dias de acordo com as  
1849 equações previstas pelo modelo Broken Line

1850

1851

1852

1853

1854

1855

1856

1857

1858

1859

1860

1861

1862

1863

1864

1865

1866

1867

1868 Tabela 8. Médias de energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida para o  
 1869 balanço de nitrogênio (EMA<sub>n</sub>), coeficientes de metabolizabilidade aparente da energia  
 1870 bruta (CMAEB), proteína bruta (CMAPB), matéria seca (CMAMS) e extrato etéreo  
 1871 (CMAEE) e balanço de nitrogênio (BN) das rações pré-inicial, inicial e de crescimento  
 1872 dos frangos de corte alimentados com níveis crescentes do gérmen integral de milho  
 1873 (com base na matéria seca)

Níveis de inclusão, %	Variáveis						
	EMA (kcal/kg)	EMA <sub>n</sub> (kcal/kg)	CMAEB (%)	CMAPB (%)	CMAMS (%)	CMAEE (%)	BN (kcal/kg)
Ração pré-inicial (1 a 7 dias)							
0	3351	3107	74,08	70,66	67,99	87,68	244,4
4	3388	3152	74,48	70,60	66,72	85,46	235,9
8	3391	3159	72,85	69,36	65,74	78,36	237,3
12	3386	3152	71,19	68,17	64,72	74,33	235,7
16	3393	3146	70,86	70,74	64,96	68,78	240,6
20	3395	3157	69,29	70,04	62,13	68,45	238,0
Média	3384	3145	72,13	69,93	65,38	77,18	238,7
CV (%)	2,58	2,60	2,50	2,87	3,85	4,89	2,74
P	0,5774	0,9289	<0,0001	0,9983	<0,0001	<0,0001	0,7428
EPM	0,1685	0,1680	0,1681	0,1784	0,1714	0,1683	0,1715
Ração inicial (8 a 21 dias)							
0	3609	3368	79,18	72,97	73,69	85,42	240,6
4	3618	3374	78,08	71,06	72,20	85,08	244,4
8	3634	3406	78,49	71,57	73,66	84,30	227,6
12	3634	3402	76,39	70,77	72,34	82,04	231,6
16	3636	3415	76,19	70,76	70,72	78,54	220,8
20	3646	3407	75,87	70,69	70,91	77,99	237,9
Média	3629	3396	77,37	71,30	72,25	82,23	233,8
CV (%)	2,31	2,31	1,83	3,55	2,73	3,25	3,57
P	0,6852	0,4191	<0,0001	0,2506	0,0159	<0,0001	0,0146
EPM	0,1689	0,1704	0,1695	0,1682	0,1705	0,1701	0,1678
Ração de crescimento (22 a 35 dias)							
0	3739	3522	82,23	72,69	78,85	85,58	216,6
4	3742	3514	81,24	73,32	78,41	84,71	227,5
8	3753	3533	80,50	71,94	76,93	82,43	221,4
12	3727	3515	79,16	70,51	77,00	80,66	217,3
16	3737	3516	79,33	72,63	76,35	81,31	221,8
20	3724	3503	78,65	72,96	76,20	78,81	221,2
Média	3737	3517	80,19	72,34	77,29	82,25	220,9
CV (%)	1,97	1,88	1,96	3,85	2,28	2,83	3,07
P	0,8522	0,8215	0,0001	0,7225	0,0083	<0,0001	0,9964
EPM	0,1704	0,1697	0,1694	0,1694	0,1692	0,1686	0,1697

1874 CV = coeficiente de variação; P = probabilidade, significativo quando (p<0,05); EPM= erro padrão da  
 1875 média

1876

1877

1878 Tabela 9. Equações dos coeficientes de metabolizabilidade aparente da energia bruta  
 1879 (CMAEB), proteína bruta (CMAEB), proteína bruta (CMAEB), matéria seca (CMAMS) e extrato etéreo  
 1880 (CMAEE) e balanço de nitrogênio (BN) das rações das rações pré-inicial, inicial e de  
 1881 crescimento dos frangos de corte alimentados com níveis crescentes do GIM (Com base  
 1882 na matéria seca) geradas a partir do modelo Broken Line

Variáveis	Fatores			R <sup>2</sup>
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	
Ração pré-inicial (1 a 7 dias)				
CMAEB	74,153	0,305	4,000	0,95
CMAMS	67,777	0,436	8,000	0,95
CMAEE	68,454	1,223	16,558	0,99
Ração inicial (8 a 21 dias)				
CMAEB	76,056	0,205	15,547	0,92
CMAMS	73,112	0,216	8,000	0,79
CMAEE	85,250	0,561	5,922	0,96
BN	230,100	1,614	8,603	0,79
Ração de crescimento (22 a 35 dias)				
CMAEB	78,991	0,249	13,202	0,92
CMAMS	76,516	0,241	10,427	0,82
CMAEE	80,060	0,426	13,713	0,94

1883  $\alpha$  = valor máximo;  $\beta$  = inclinação da curva;  $\gamma$  = nível ótimo; Equação Broken  
 1884 Line:  $y = \alpha + \beta(\gamma - x)$ ; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação.

1885

1886

1887

1888

1889

1890

1891

1892

1893

1894

1895

1896

1897

1898 Tabela 10. Peso absoluto e rendimento de carcaça, vísceras e gordura total de frangos de  
 1899 corte alimentados com níveis crescentes do gérmen integral de milho

Variáveis	Níveis de inclusão do gérmen integral de milho, %						CV (%)	EPM	P
	0	4	8	12	16	20			
Peso absoluto dos cortes, g									
Carcaça	2313,7	2319,0	2270,3	2302,2	2228,7	2193,2	4,69	0,169	0,062
Peito	834,67	834,17	813,83	845,17	815,17	793,33	6,20	0,171	0,111
Coxa	293,50	292,17	285,00	293,17	282,33	284,67	5,03	0,169	0,404
Sobrecoxa	366,17	372,83	343,33	369,83	356,83	344,50	7,01	0,171	0,100
Asa	216,83	220,67	212,17	213,33	207,50	207,50	5,01	0,170	0,072
Dorso	425,33	432,00	400,83	415,83	399,17	408,50	7,09	0,177	0,212
Pescoço	146,58	139,67	141,33	140,50	137,83	130,67	10,87	0,169	0,241
Fígado	43,43	39,74	40,50	41,97	41,21	37,70	10,58	0,168	0,175
Moela	33,76	33,50	33,33	38,56	39,78	37,47	11,89	0,168	0,016
Proventrículo	8,39	8,40	8,46	9,25	9,98	9,92	13,21	0,172	0,006
Coração	11,89	11,31	10,75	12,39	12,46	11,28	14,82	0,166	0,161
Gordura total	48,42	42,17	42,72	41,22	39,51	36,55	17,24	0,171	0,062
Rendimentos calculados, %									
Carcaça	78,45	78,87	77,92	78,05	77,91	77,77	1,11	0,169	0,130
Peito	36,07	35,92	36,46	36,73	36,57	36,15	2,49	0,168	0,408
Coxa	12,71	12,61	12,78	12,74	12,67	12,98	3,91	0,169	0,192
Sobrecoxa	15,83	16,08	15,69	16,07	16,00	15,72	3,99	0,169	0,102
Asa	9,38	9,53	9,51	9,28	9,31	9,47	3,80	0,172	0,074
Dorso	18,38	18,65	17,98	18,07	17,91	18,62	5,56	0,175	0,281
Pescoço	6,34	6,03	6,34	6,11	6,48	5,96	9,98	0,171	0,674
Fígado	1,47	1,35	1,41	1,42	1,44	1,33	7,75	0,169	0,097
Moela	1,15	1,13	1,17	1,30	1,32	1,33	10,68	0,168	0,003
Proventrículo	0,29	0,29	0,28	0,32	0,35	0,35	13,05	0,169	0,007
Coração	0,403	0,382	0,37	0,42	0,44	0,40	12,12	0,170	0,162
Gordura total	1,56	1,39	1,50	1,39	1,43	1,27	15,26	0,171	0,194

1900 CV = coeficiente de variação; EPM = erro padrão da média; P = probabilidade, significativo quando  
 1901 (p<0,05)

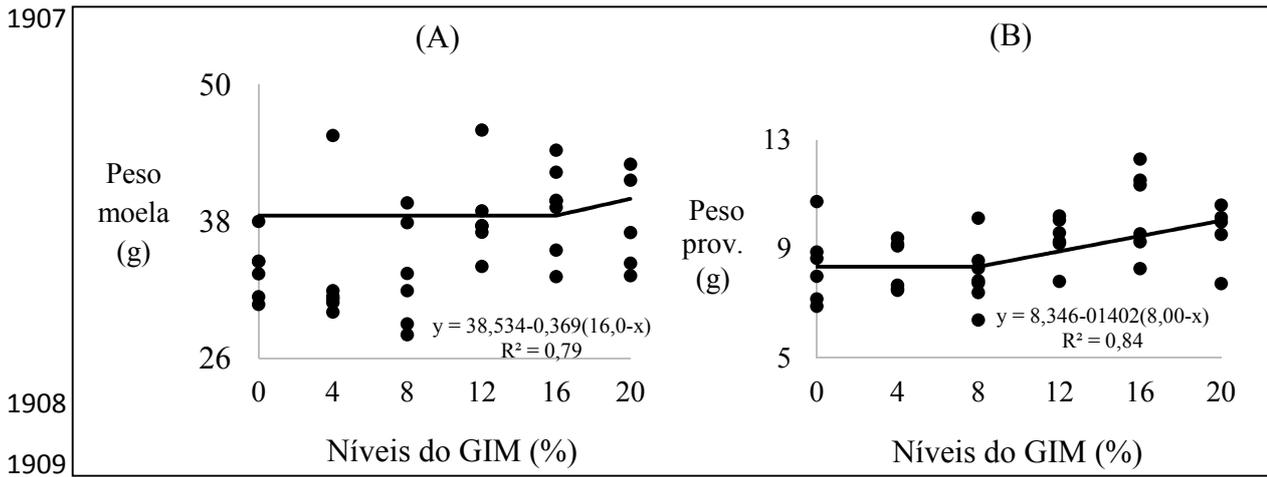
1902

1903 Tabela 11. Equações do peso absoluto e rendimento de órgãos de frangos de corte  
 1904 alimentados com níveis crescentes do gérmen integral de milho

Variáveis	Fatores			R <sup>2</sup>
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	
Peso absoluto dos órgãos (g)				
Moela	38,5345	-0,3688	16,0000	0,79
Proventrículo	8,3465	-0,1402	8,0000	0,84
Rendimentos calculados (%)				
Moela	1,3281	-0,0130	16,7705	0,85
Proventrículo	0,2858	-0,0045	4,1238	0,83

1905  $\alpha$  = valor máximo;  $\beta$  = inclinação da curva;  $\gamma$  = nível ótimo;  
 Equação Broken Line:  $y = \alpha + \beta(\gamma - x)$ ; R<sup>2</sup> = coeficiente de

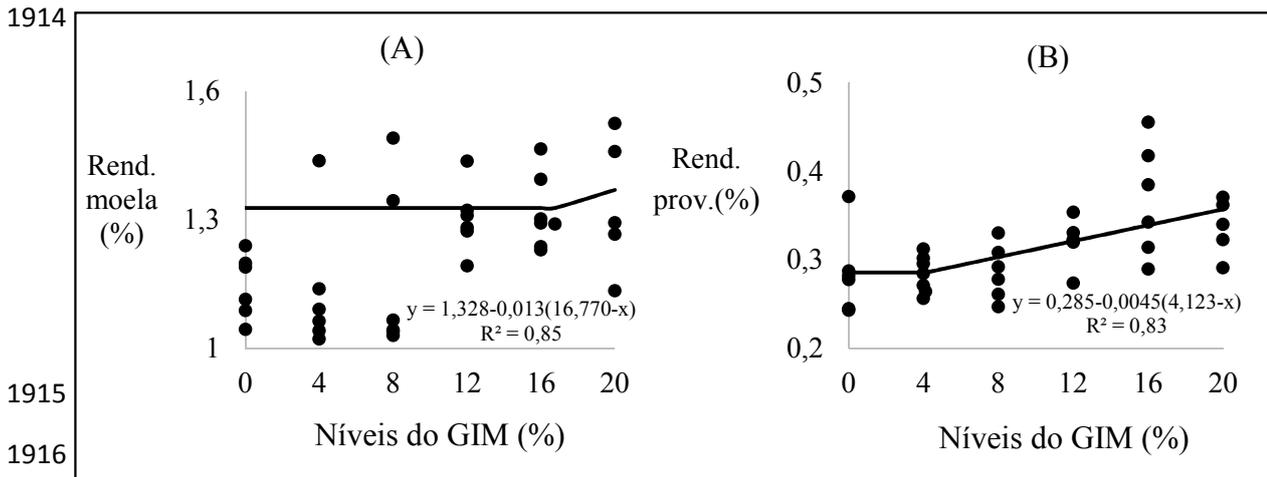
1906 determinação; EPM = erro padrão da média



1910 Figura 5. Gráficos dos pesos de moela (A) e proventrículo (B) dos frangos de corte aos 42 dias, de acordo com as equações previstas pelo modelo Broken Line

1912

1913



1917 Figura 6. Gráficos dos rendimentos de moela (A) e proventrículo (B) dos frangos de corte aos 42 dias, de acordo com as equações previstas pelo modelo Broken Line

1919

1920

1921

1922

1923

1924

1925

1926 Tabela 12. Médias e análise de variância do pH, capacidade de Retenção de Água  
 1927 (CRA, %), força de cisalhamento (FC, kgf/cm<sup>2</sup>), perda de peso por cocção (PPC, g),  
 1928 índice de peróxido (IP, mEq/kg) e coloração de frangos de corte aos 42 dias de idade  
 1929 alimentados com GIM

Variáveis	Níveis de inclusão do gérmen integral de milho, %						Médias
	0	4	8	12	16	20	
pH	5,8	5,9	5,9	5,8	5,9	5,8	5,8
CRA	36,17	36,23	37,47	39,01	39,79	39,86	38,09
FC	1,04	1,01	1,02	1,01	1,00	0,98	1,01
PPC	30,00	27,47	24,11	28,87	27,17	27,18	27,47
IPSCOX	14,78	15,70	15,18	12,56	15,66	15,87	14,96
IPCOX	12,88	14,88	16,52	16,02	14,77	15,74	15,13
IPPEITO	16,90	16,05	17,50	16,07	18,73	16,30	16,93
PL*	58,75	58,48	59,39	61,62	58,25	57,57	58,51
Pa*	0,86	0,62	1,41	0,80	1,69	0,43	0,97
Pb*	6,49	4,46	4,72	3,88	4,28	3,14	4,50
COXL*	57,98	58,18	55,56	60,04	59,38	44,99	56,02
COXa*	1,96	2,46	2,66	2,32	1,81	1,98	2,20
COXb*	4,32	3,30	8,11	2,89	2,13	2,16	3,82

MANOVA

Teste	F	Efeito	Erro	p
Wilks	0,049	0,750	64	0,852
Pillai	1,944	0,768	64	0,843
Hotelling	5,431	0,721	64	0,871

1930 Índice de peróxido da sobrecoxa (IPSCOX); Índice de peróxido da coxa (IPCOX); Índice de peróxido do peito  
 1931 (IPPEITO); Intensidade da luminosidade do peito (PL\*); Intensidade da cor vermelha do peito (Pa\*); Intensidade da  
 1932 cor amarela no peito (Pb\*); Intensidade da luminosidade externa da coxa (COXL\*); Intensidade da cor vermelha da  
 1933 coxa (COXa\*); Intensidade da cor amarela da coxa (COXb\*).

1934

1935

1936

1937

1938

1939

1940

1941

1942

1943

1944

1945

1946

1947 Tabela 13. Coeficientes dos três fatores das variáveis analisadas de qualidade da carne  
 1948 de frangos de corte alimentados com níveis crescentes do GIM aos 42 dias de idade

Variáveis	Fatores		
	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Tratamento	-0,0146	-0,0604	0,3146
pH	0,0252	0,4659	-0,5707
CRA	0,0754	0,4977	0,4211
FC	-0,0404	-0,7386*	0,1404
PPC	-0,0139	-0,6825	-0,2029
IPCOX	0,2273	0,6727	-0,0913
IPSCOX	0,1389	0,0715	0,5748
IPPEITO	-0,0547	0,0203	0,8036*
PL*	0,9387*	0,0373	0,0903
Pa*	0,9963*	0,0400	0,0147
Pb*	0,9969*	0,0355	0,0130
COXL*	0,9157*	0,1098	-0,1951
COXa*	0,9963*	0,0374	0,0145
COXb*	0,9929*	0,0309	0,0206

1949 \*Dados que foram consideradas as correlações; Índice de peróxido da  
 1950 sobrecoxa (IPSCOX); Índice de peróxido da coxa (IPCOX); Índice de  
 1951 peróxido do peito (IPPEITO); Intensidade da luminosidade do peito (PL\*);  
 1952 Intensidade da cor vermelha do peito (Pa\*); Intensidade da cor amarela no  
 1953 peito (Pb\*); Intensidade da luminosidade da coxa (COXL\*); Intensidade da  
 1954 cor vermelha da coxa (COXa\*); Intensidade da cor amarela da coxa (COXb\*).

1955  
 1956  
 1957  
 1958  
 1959  
 1960  
 1961  
 1962  
 1963  
 1964

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

1965

1966 A composição química do GIM é considerada variável, pois depende da  
1967 qualidade do grão de milho e do processo utilizado pela indústria. No entanto, neste  
1968 caso, quando processado por via úmida sem extração de óleo, possui altos níveis de  
1969 extrato etéreo, levando esse coproduto a ser considerado de alto valor energético, além  
1970 de possuir considerável teor de aminoácidos essenciais para a dieta de aves. O alto teor  
1971 de extrato etéreo do GIM pode promover a saturação do trato gastrointestinal das aves,  
1972 resultando na diminuição da digestibilidade dos lipídeos das dietas experimentais. Além  
1973 do alto teor de fibras que podem reduzir a ação das enzimas e a digestibilidade deste  
1974 coproduto.

1975 Houve correlação entre a idade e o nível, onde a dependência entre esses fatores  
1976 indica que a utilização de energia do GIM pelos frangos varia de acordo com o nível de  
1977 substituição e a idade dos frangos de corte. Os valores ótimos de EMA e EMAn  
1978 estimados pelo MSR foram de 4173 e 3591 kcal/kg, sendo que a EMAn foi obtida aos  
1979 18 dias com 28% do GIM. Já os valores para digestibilidade ileal foram com inclusão  
1980 de 21% do GIM, aos 28 e 21 dias de idade, para as variáveis de digestibilidade da  
1981 proteína bruta e extrato etéreo, respectivamente.

1982 O GIM na alimentação de frangos de corte foi prejudicial ao desempenho. No  
1983 entanto, considerando o período total de criação (1 a 42 dias), podemos recomendar o  
1984 nível de 11,8% para o ótimo ganho de peso

1985 Contudo, apesar do aumento nos níveis de gordura e fibra bruta nas rações com  
1986 os maiores níveis do GIM, o aproveitamento energético das rações, o rendimento de  
1987 carcaça, cortes e a qualidade da carne não foram afetados. No entanto, estes níveis  
1988 tiveram efeito no desenvolvimento da moela e do proventrículo.

1989           Precisa-se de mais estudos com a utilização do GIM na alimentação de frangos  
1990 de corte para se determinar o nível mais seguro de utilização, assim como a  
1991 possibilidade do uso de enzimas para o melhor aproveitamento deste coproduto.