

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**EFEITO DA GRANULOMETRIA DO MILHO E DO VALOR  
DE ENERGIA METABOLIZÁVEL EM RAÇÕES PELETIZADAS  
PARA FRANGOS DE CORTE**

**DANIEL JOSÉ ANTONIOL MIRANDA**

**BELO HORIZONTE  
ESCOLA DE VETERINÁRIA - UFMG**

**2011**

DANIEL JOSÉ ANTONIOL MIRANDA

**EFEITO DA GRANULOMETRIA DO MILHO E DO VALOR DE ENERGIA  
METABOLIZÁVEL EM RAÇÕES PELETIZADAS PARA FRANGOS DE CORTE**

Dissertação apresentada à Escola de Veterinária da  
Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial  
para a obtenção do Grau de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Nutrição Animal.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo José Camargos Lara

Co-orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra Ângela Maria Quintão Lana

Belo Horizonte  
UFMG – Escola de Veterinária  
2011

Miranda, Daniel José Antoniol, 1984-

L732d      Efeito da granulometria do milho e do valor de energia metabolizável em rações peletizadas para frangos de corte / Daniel José Antoniol Miranda. – 2011.

91 p. : il.

Orientador: Leonardo José Camargos Lara

Co-orientadora: Ângela Maria Quintão Lana

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária

Inclui bibliografia

1. Frango de corte – Alimentação e rações – Teses. 2. Frango de corte – Desempenho produtivo – Teses. 3. Digestibilidade – Teses. 4. Nutrição animal – Teses. I. Lara, Leonardo José Camargos. II. Lana, Ângela Maria Quintão. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. IV. Título.

CDD – 636.508 5

Dissertação defendida e aprovada em 25/02/2011, pela Comissão Examinadora constituída por:

---

Prof. Dr. Leonardo José Camargos Lara

(Orientador)

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Cristina Amorim Ribeiro de Lima

---

Prof. Dr. Nelson Carneiro Baião

## **DEDICATÓRIA**

À minha mãe!!!

Aos meus familiares, principalmente meu pai José Geraldo, meus avós Geraldo e Vitorina, minhas tias Ducarmo e Rosimar, minha irmã Camila e minha sobrinha Yasmim.

Aos meus professores e orientadores Leonardo Lara e Cristina Amorim pela enorme contribuição em minha vida profissional.

Aos amigos da Avicultura, que diretamente contribuíram para a realização deste trabalho!

*“Sabemos que o que fizemos foi apenas uma gota no oceano,  
mas se não tivéssemos feito, esta gota faltaria.”*

*(Madre Tereza de Calcutá)*

*"Experiência é o nome que nós damos aos nossos próprios erros."*

*(Oscar Wilde)*

## **AGRADECIMENTOS**

Á Deus!

À minha família pelo constante apoio e incentivo.

Ao professor Leonardo Lara pelo exemplo ético, amizade, incentivo e por proporcionar uma grande evolução do meu aprendizado.

Ao professor Nelson Baião pela amizade, conselhos e constantes ensinamentos.

À professora Ângela Lana pelos ensinamentos estatísticos.

À professora Eloísa Saliba pelos ensinamentos laboratoriais e fornecimento do LIPE®.

Ao professor Afonso Liguori Oliveira por ceder o laboratório de análises físico-químicas.

Ao professor Dalton Fontes pela ajuda com os detalhes experimentais.

Ao meu primo Adolpho Antoniol pela ajuda sempre disponível!

Aos meus amigos “ruralinos” Bruna, Diogo, Evelyn, Jú Cosendey, Marcia, Mauricio, Michele, Pikachu, Rodrigo e Yazo pela força e amizade de todas as horas.

Aos meus amigos “belorizontinos” e companheiros de UFMG Hemilly, Jú Carioca, Kássia e Mércia pelas horas de alegrias e diversão.

À Paula Genuíno e Raquel pela amizade, pelas horas de diversão, pelos conselhos culturais e por estar sempre presente.

À Júlia e Roberta por me ajudarem na nova adaptação e nos sufoco do dia-a-dia.

Aos meus amigos do grupo de avicultura Anamaria, André, Cadu, Carol, Chris, Danilo, Diogo, Ed, Érika, Gustavo, Kamilla, Jéssica, Júlia, Leandro, Lissandra, Luciano, Luís, Mariana, Marília, Paula Cardeal, Paula Mourão, Pedro, Raquel, Rodrigo, Roberta, Vanessa e Winnie pela disponibilidade de tempo e paciência.

Ao Leonardo Boscoli e à Lupus Alimentos pela peletização das rações experimentais.

Ao Gladstone Brumano e à Pif Paf Alimentos pelas análises no durabilímetro.

À Raquel Andrade e à Vaccinar pelas análises de DGM do milho.

Ao Bruno Ribeiro e à Multimix pelas análises de DGM das rações.

Aos funcionários da Fazenda Experimental da UFMG pelo apoio, dedicação e empenho na realização das tarefas.

Aos funcionários do LAMA.

Ao Toninho pelo suporte no Laboratório de Nutrição.

À Escola de Veterinária e ao colegiado de pós-graduação pelo suporte.

Às funcionárias do colegiado de pós-graduação em Zootecnia, Heloísa e Paula.

Aos professores Baião e Cristina pela participação na banca e por contribuírem na correção da dissertação.

A FAPEMIG pelo financiamento do projeto.

A CAPES pela bolsa de estudos concedida.

A todos que de alguma forma contribuíram pelo desenvolvimento deste trabalho.

---

## SUMÁRIO

---

RESUMO.....	14
ABSTRACT.....	15
1. INTRODUÇÃO.....	16
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 Benefícios da peletização.....	18
2.2 Qualidade do pélete.....	19
2.2.1 Efeitos da granulometria.....	21
2.2.2 Efeitos do valor de energia.....	24
2.3 Digestibilidade dos nutrientes.....	25
2.3.1 Metodologias para a determinação da digestibilidade dos nutrientes.....	28
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1 Experimento I: Digestibilidade dos nutrientes .....	30
3.1.1 Local.....	30
3.1.2 Equipamentos e instalações.....	30
3.1.3 Aves e manejo.....	30
3.1.4 Rações.....	31
3.1.5 Tratamentos.....	34
3.1.6 Variáveis obtidas.....	35
3.1.6.1 Digestibilidade dos nutrientes.....	35
3.1.6.1.1 Metodologia: Coleta total de excretas.....	35
3.1.6.1.2 Metodologia: Uso do indicador de Lignina Purificada de Eucalipto (LIPE®).....	35
3.1.6.2 Valores de energia.....	38
3.1.7 Delineamento experimental.....	38
3.2 Experimento II: Desempenho zootécnico.....	39
3.2.1 Local.....	39
3.2.2 Equipamentos e instalações.....	39
3.2.3 Aves e manejo.....	39
3.2.4 Rações e tratamentos.....	39
3.2.5 Variáveis de desempenho zootécnico obtidas.....	40
3.2.5.1 Granulometria do milho e índice de uniformidade.....	40
3.2.5.2 Qualidade do pélete.....	40
3.2.5.2.1 Método Embrapa de avaliação da peletização (MEP).....	40
3.2.5.2.2 Índice de durabilidade do pélete (PDI).....	41

---

---

3.2.5.3 Ganho de peso (kg).....	41
3.2.5.4 Consumo de ração (kg).....	41
3.2.5.5 Conversão alimentar (kg/kg).....	42
3.2.5.6 Taxa de viabilidade (%).....	42
3.2.5.7 Consumo de energia (kcal).....	42
3.2.5.8 Conversão calórica (kcal/kg).....	42
3.2.5.9 Fator de produção.....	42
3.2.5.10 Custos de fabricação das rações.....	42
3.2.5.10.1 Consumo em kWh do moinho.....	42
3.2.5.10.2 Custo de produção das rações de acordo com a granulometria.....	42
3.2.5.3.8.3 Custo da ração por quilo de frango produzido.....	43
3.2.6 Delineamento experimental.....	43
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4.1 Granulometria do milho e índice de uniformidade.....	43
4.2 Qualidade do pélete.....	44
4.2.1 Método Embrapa de avaliação da peletização (MEP).....	44
4.2.2 Índice de durabilidade dos péletes (PDI).....	47
4.3 Experimento I: Digestibilidade dos nutrientes.....	49
4.3.1 Fase inicial (15 a 18 dias de idade).....	49
4.3.1.1 Digestibilidade dos nutrientes.....	49
4.3.1.1.1 Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS).....	49
4.3.1.1.2 Coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB).....	51
4.3.1.1.3 Coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo (CDEE).....	52
4.3.1.1.4 Energia metabolizável aparente (EMA).....	53
4.3.1.1.5 Energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn)....	54
4.3.1.2 Correlação entre a coleta total e o uso da lignina purifica de eucalipto (LIPE®).....	55
4.3.2 Fase de crescimento (30 a 33 dias de idade).....	57
4.3.2.1 Digestibilidade dos nutrientes.....	57
4.3.2.1.1 Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS).....	57
4.3.2.1.2 Coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB).....	58
4.3.2.1.3 Coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo (CDEE).....	59
4.3.2.1.4 Energia metabolizável aparente (EMA).....	60
4.3.2.1.5 Energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn)....	61
4.3.2.2 Correlação entre a coleta total e o uso da lignina purifica de eucalipto (LIPE®).....	61
4.4 Experimento II: Desempenho zootécnico.....	62

---

---

4.4.1 Fase inicial (um a 21 dias de idade).....	62
4.4.1.1 Ganho de peso.....	62
4.4.1.2 Consumo de ração.....	64
4.4.1.3 Conversão alimentar.....	65
4.4.1.4 Viabilidade.....	67
4.4.1.5 Consumo de energia.....	67
4.4.1.6 Conversão energética.....	68
4.4.2 Fase de crescimento (23 a 42 dias de idade).....	69
4.4.2.1 Ganho de peso.....	69
4.4.2.2 Consumo de ração.....	70
4.4.2.3 Conversão alimentar.....	71
4.4.2.4 Viabilidade.....	72
4.4.2.5 Consumo de energia.....	73
4.4.2.6 Conversão energética.....	74
4.4.2.7 Fator de produção e custos.....	74
5. CONCLUSÕES.....	77
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78

---

## LISTA DE TABELAS

---

Tabela 1-	Tamanho das partículas do milho de acordo com peneiras .....	22
Tabela 2-	Composição percentual e valores nutricionais calculados das rações para a fase inicial.....	32
Tabela 3-	Composição percentual e valores nutricionais calculados das rações para a fase de crescimento.....	33
Tabela 4-	Temperatura de peletização das rações .....	34
Tabela 5-	Diâmetro geométrico médio (DGM) e desvio padrão geométrico (DPG) do milho utilizado para a fabricação das rações.....	43
Tabela 6-	Índice de uniformidade (IU) do milho utilizado para a fabricação das rações..	44
Tabela 7-	Percentual de péletes íntegros das rações iniciais e de crescimento de acordo com o MEP distribuídos nos tratamentos.....	45
Tabela 8-	Percentual de péletes íntegros das rações iniciais e de crescimento de acordo com o PDI distribuídos nos tratamentos.....	47
Tabela 9-	Coefficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS), em percentual, das rações peletizadas/trituradas, em função da granulometria do milho e do valor de energia para frangos de corte, no período de 15 a 18 dias de idade.....	50
Tabela 10-	Coefficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), em percentual, das rações peletizadas/trituradas, em função da granulometria do milho e do valor de energia para frangos de corte, no período de 15 a 18 dias de idade.....	51
Tabela 11-	Coefficiente de digestibilidade do extrato etéreo (CDEE), em percentual, das rações peletizadas/trituradas, em função da granulometria do milho e do valor de energia para frangos de corte, no período de 15 a 18 dias de idade.....	52
Tabela 12-	Valores de energia metabolizável aparente (EMA), em kcal/kg na MS em percentual, das rações peletizadas/trituradas, em função da granulometria do milho e do valor de energia para frangos de corte, no período de 15 a 18 dias de idade.....	54
Tabela 13-	Valores de energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn), em kcal/kg na MS, em percentual, das rações peletizadas/trituradas, em função da granulometria do milho e do valor de energia para frangos de corte, no período de 15 a 18 dias de idade.....	55

Tabela 14-	Correlação (%) entre os valores do coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS), coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo (CDEE), energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) determinados pela método de coleta total e com o uso da lignina purificada de eucalipto (LIPE®) .....	56
Tabela 15-	Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS), coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo (CDEE), energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) de acordo com as metodologias utilizadas.....	56
Tabela 16-	Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS), em percentual, das rações peletizadas, em função da granulometria do milho e do valor de energia para frangos de corte, no período de 30 a 33 dias de idade.....	57
Tabela 17-	Coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), em percentual, das rações peletizadas, em função da granulometria do milho e do valor de energia para frangos de corte, no período de 30 a 33 dias de idade.....	58
Tabela 18-	Coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo (CDEE), em percentual, das rações peletizadas, em função da granulometria do milho e do valor de energia para frangos de corte, no período de 30 a 33 dias de idade.....	59
Tabela 19-	Valores de energia metabolizável aparente (EMA), em Kcal/kg da MS, das rações peletizadas, em função da granulometria do milho e do valor de energia para frangos de corte, no período de 30 a 33 dias de idade.....	60
Tabela 20-	Valores de energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn), em kcal/kg da MS, das rações peletizadas, em função da granulometria do milho e do valor de energia para frangos de corte, no período de 30 a 33 dias de idade.....	61
Tabela 21-	Correlação (%) entre os valores do coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS), coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo (CDEE), energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) determinados pela método de coleta total e com o uso da lignina purificada de eucalipto (LIPE®).....	62

Tabela 22-	Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS), coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo (CDEE), energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) de acordo com as metodologias utilizadas.....	62
Tabela 23-	Ganho de peso (kg) dos frangos de corte de um a 21 dias de idade de acordo com os tratamentos.....	63
Tabela 24-	Consumo de ração (kg) dos frangos de corte de um a 21 dias de idade de acordo com os tratamentos.....	65
Tabela 25-	Conversão alimentar (kg/kg) dos frangos de corte de um a 21 dias de idade de acordo com os tratamentos.....	66
Tabela 26-	Viabilidade (%) dos frangos de corte de um a 21 dias de idade de acordo com os tratamentos.....	67
Tabela 27-	Consumo de energia (kcal) dos frangos de corte de um a 21 dias de idade de acordo com os tratamentos.....	68
Tabela 28-	Conversão energética (kcal/Kg) dos frangos de corte de 1 a 21 dias de idade de acordo com os tratamentos.....	68
Tabela 29-	Ganho de peso (kg) dos frangos de corte de 23 a 42 dias de idade de acordo com os tratamentos.....	69
Tabela 30-	Consumo de ração (kg) dos frangos de corte de 23 a 42 dias de idade de acordo com os tratamentos.....	70
Tabela 31-	Conversão alimentar (kg/kg) dos frangos de corte de 23 a 42 dias de idade de acordo com os tratamentos.....	71
Tabela 32-	Viabilidade (%) dos frangos de corte de 23 a 42 dias de idade de acordo com os tratamentos.....	72
Tabela 33-	Consumo de energia (kcal) dos frangos de corte de 23 a 42 dias de idade de acordo com os tratamentos.....	73
Tabela 34-	Conversão energética (kcal/kg) dos frangos de corte de 23 a 42 dias de idade de acordo com os tratamentos.....	74
Tabela 35-	Fator de produção dos frangos de corte, para a fase compreendida entre 23 e 42 dias de idade de acordo com os tratamentos.....	74
Tabela 36-	Custos (R\$/tonelada) das rações experimentais de acordo com o valor de energia	75
Tabela 37-	Custos (R\$/tonelada) das rações experimentais de acordo com a granulometria e o valor de energia.....	75
Tabela 38-	Custos para a produção de um quilo de peso vivo (R\$/Kg de frango) das rações experimentais de acordo com a granulometria e o valor de energia.....	76

---

---

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1-	Consumo de energia elétrica e rendimento de moagem em função do diâmetro dos furos das peneiras (Zanotto et al., 1998a).....	21
Figura 2-	Peneira fina .....	31
Figura 3-	Peneira média .....	31
Figura 4-	Peneira grossa .....	31
Figura 5-	Equipamentos utilizados para a determinação do DGM do milho e das rações (Zanotto et al., 1998b).....	40
Figura 6-	Durabilímetro .....	41
Figura 7-	Percentual de péletes íntegros, segundo o MEP de acordo com os tratamentos para a fase inicial.....	45
Figura 8-	Percentual de péletes íntegros, segundo o MEP de acordo com os tratamentos para a fase de crescimento.....	46
Figura 9-	Percentual de péletes íntegros, segundo o PDI de acordo com os tratamentos para a fase inicial.....	48
Figura 10-	Percentual de péletes íntegros, segundo o PDI de acordo com os tratamentos para a fase de crescimento.....	49

## RESUMO

Com o objetivo de avaliar o efeito da granulometria e do valor de energia da ração sobre desempenho, digestibilidade dos nutrientes, valores de energia metabolizável aparente e aparente corrigida para o balanço de nitrogênio e utilização do LIPE<sup>®</sup> como indicador para estimar a produção de excretas para a determinação da digestibilidade dos nutrientes em comparação ao método de coleta total foram realizados quatro experimentos, sendo dois para a fase inicial (um a 21 dias de idade) e dois para a fase de crescimento (23 a 42 dias de idade) de frangos de corte. Para avaliar o desempenho foram utilizados 1620 pintos de corte machos da linhagem Ross. As aves foram alojadas em galpão de alvenaria e distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso, com seis tratamentos e cinco repetições de 30 e 24 aves para a fase inicial e de crescimento, respectivamente. O delineamento experimental foi o inteiramente ao acaso, em arranjo fatorial (2x3), sendo os tratamentos definidos pelos valores de energia (2.900 e 3.000 kcal/kg de EM para a fase inicial, e 3.100 e 3.200 kcal/kg de EM para a fase de crescimento) e as granulometrias do milho (fina, média e grossa). Para a fase inicial, houve uma superioridade ( $P \leq 0,05$ ) das aves alimentadas com a ração com granulometria grossa e 3.000 Kcal/kg de EM sobre a digestibilidade da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAN). Em relação ao desempenho das aves de um a 21 dias de idade, as aves alimentadas com a ração com granulometria grossa foi superior ( $P \leq 0,05$ ) às demais quando avaliado o ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) e conversão energética (CEN). Para as variáveis consumo de ração (CR), viabilidade e consumo de energia (CE) não houve diferenças estatísticas ( $P > 0,05$ ) para esta fase. Para a fase de crescimento, de 23 a 42 dias de idade, as aves alimentadas com ração com granulometria grossa e 3.200 Kcal/kg de EM, foram superiores ( $P \leq 0,05$ ) às aves que receberam as demais rações em relação à digestibilidade da MS, PB, EE, EMA e EMAN. Em relação ao desempenho dos frangos de corte de 23 a 42 dias de idade, as aves alimentadas com a ração com granulometria grossa e 3.200 Kcal/kg de EM foi superior ( $P \leq 0,05$ ) sobre o GP, viabilidade e CE. Não foi encontrada diferença estatística ( $P > 0,05$ ) sobre as variáveis de desempenho: CR, CA, CEN. O valor de energia da ração influenciou ( $P \leq 0,05$ ) o fator de produção, apresentando o maior fator de produção para valor o 3.200 kcal/kg de EM. Em relação aos custos das rações, mesmo sendo maior o custo da ração com granulometria grossa e valor de 3.200 Kcal/kg de EM, a melhoria do desempenho provinda da maior digestibilidade de nutrientes, promove redução desse custo quando se mensura o quilo de frango produzido. O uso do LIPE<sup>®</sup> para mensurar a produção de excretas dos frangos para posterior cálculo do coeficiente de digestibilidade dos nutrientes e valores de EMA e EMAN é viável para a fase de crescimento, e para a fase inicial, com exceção da mensuração do valor de EMAN para esta fase no qual difere da método de coleta total de excretas. Pode-se concluir que a digestibilidade das rações nas fases inicial e crescimento foi favorecida pelo maior nível de energia e prejudicada pela granulometria fina. Para o desempenho dos frangos, em ambas as fases, o efeito principal de melhora está relacionado com o aumento de energia. O LIPE<sup>®</sup> como indicador externo, também em ambas as fases, pode ser recomendado para a mensuração da produção de excretas e subsequente determinação dos coeficientes de digestibilidade e valores de energia.

**Palavras chave:** desempenho, digestibilidade, diâmetro geométrico médio (DGM), índice de durabilidade do pélete (PDI), LIPE<sup>®</sup>, peletização

## ABSTRACT

Aiming to evaluate the effect of particle size and amount of dietary energy on performance, nutrient digestibility, apparent metabolizable energy and apparent corrected for nitrogen balance and use of LIPE<sup>®</sup> as an indicator to estimate the production of excreta determining the digestibility of nutrients in comparison to the total collection method were conducted four experiments, two for the initial phase (one to 21 days old) and two for the growth phase (23 to 42 days old) broiler court. To evaluate performance we used 1620 male broiler chicks of Ross. The birds were housed in a shelter made of concrete and distributed in a completely randomized design with six treatments and five replicates of 30 birds and 24 for the initial phase and growth, respectively. The experimental design was completely randomized in factorial arrangement (2x3), with treatments defined by the values of energy (2,900 and 3,000 kcal/kg ME for the initial phase, and 3,100 and 3,200 kcal/kg ME for the phase growth) and the particle size of corn (fine, medium and coarse). For the initial phase, there was a superiority ( $P \leq 0.05$ ) of birds fed the diet with coarse and 3,000 kcal/kg of the digestibility of dry matter (DM), crude protein (CP), ether extract (EE), apparent metabolizable energy (AME) and apparent metabolizable energy corrected for nitrogen balance (AMEn). Regarding the performance of birds from one to 21 days of age, birds fed the diet with coarse was higher ( $P \leq 0.05$ ) to the other when evaluating the weight gain (BWG), feed conversion (FC) and energy conversion (EC). For the variables feed intake (FI), viability and energy consumption (ECP) no statistical differences ( $P > 0.05$ ) for this phase. For the growth phase of 23 to 42 days of age, birds fed with diets containing coarse and 3,200 kcal/kg of ME were greater ( $P \leq 0.05$ ) to birds fed the other diets on the digestibility DM, CP, EE, AME and AMEn. Regarding the performance of broilers from 23 to 42 days of age, birds fed the diet with coarse and 3,200 kcal/kg of ME was higher ( $P \leq 0.05$ ) on the BWG, viability and ECP. There was no statistical difference ( $P > 0.05$ ) on the performance variables: FI, FC and CE. The energy value of the diet influenced ( $P \leq 0.05$ ) the factor of production, with the largest production factor to the value 3,200 kcal/kg of ME. Regarding costs of feed, even with higher feed costs with coarse and value of 3,200 Kcal/kg of the improved performance stemmed from the higher digestibility of nutrients, promotes reduction of this cost is measured when a kilogram of chicken produced. Use of LIPE<sup>®</sup> to measure the production of excreta of chickens kept for subsequent calculation of the coefficient of digestibility of nutrients, and the AME and is feasible for the growth phase, and for the initial phase, the exception being the value of AMEn for this phase which differs from the method of total excreta collection. It can be concluded that the digestibility of rations in the initial phase and growth was stimulated by the higher energy level and affected by fine particle size. For the performance of broilers in both phases, the main effect of improvement is related to the increase in energy. The LIPE<sup>®</sup> as an external, also in both phases can be recommended for the measurement of excreta production and subsequent determination of digestibility and energy values.

**Keywords:** performance, digestibility, geometric mean diameter (GMD), pellet durability index (PDI), LIPE<sup>®</sup>, pelleting

## 1. INTRODUÇÃO

O fator de maior peso no custo da produção avícola é a alimentação. Assim, têm-se buscado tecnologias para aumentar a eficiência e a qualidade das rações oferecidas às aves. Algumas destas tecnologias são: a determinação de níveis nutricionais para cada fase de criação, a alteração da forma física da dieta por meio dos processamentos e a busca do grau ideal de moagem dos ingredientes.

A avaliação dos aspectos físicos da ração embora um parâmetro relativamente simples de ser avaliado em algumas ocasiões passa, muitas vezes, despercebida. Entender as alterações anatomo-fisiológicas desencadeadas pela granulometria e forma física da ração em aves auxilia no momento de escolher o melhor tamanho de partícula e forma física dentro da realidade de cada empresa. A adequação da moagem de grãos, na maioria das vezes, necessita de baixos investimentos e a redução do gasto de energia elétrica e maior rendimento do moinho podem ser decisivos economicamente.

De acordo com o IFIF (2009) o Brasil é o quarto maior produtor mundial de rações, sendo superado apenas pelos Estados Unidos da América, União Europeia e China, sendo estes, juntamente com o Brasil, responsáveis por cerca de 70% da produção mundial de rações. Segundo a UBA (2009), no Brasil, em 2008, foram produzidas cerca de 60 milhões de toneladas de ração. Desse total, foram destinadas 32 milhões de toneladas à alimentação avícola, dos quais 87,5% à nutrição de frangos de corte.

Klein (2009) define a peletização como a transformação da ração farelada em granulada por um processo físico-químico, por meio da adição de vapor à ração farelada e sua submissão a faixas específicas de temperatura, umidade e pressão, durante um tempo determinado. Busca-se atingir o pré-cozimento da ração proporcionando a gelatinização parcial do amido, plastificação de partículas sólidas (em especial, as proteínas) e amolecimento das fibras. Dessa forma, consegue-se melhorar a digestibilidade da ração.

Há algum tempo, os benefícios do processamento de rações foram reconhecidos pela indústria avícola. Técnicas como a peletização e a extrusão são utilizadas, frequentemente em função de seus benefícios sobre o manejo da alimentação e desempenho animal (McKinney e Teeter, 2002).

A peletização, de acordo com Jones (1979), Nilipour (1993), López e Baião (2004) e Klein (2009), traz inúmeros benefícios na fabricação de rações. Este processamento aumenta a palatabilidade; facilita e estimula a ingestão devido à mudança da forma física; evita ou reduz a seleção dos ingredientes; aumenta a densidade da ração, o que reduz a necessidade de espaços para armazenamento e custos de transporte; diminui as perdas de ração, tanto por geração de pó na

armazenagem e no transporte, quanto na cama aviária; reduz os microrganismos presentes na ração, o que aumenta a sua durabilidade; reduz o tempo de consumo por parte dos animais, favorecendo o crescimento das aves. Influencia, também, o desempenho zootécnico dos animais, atuando principalmente sobre a conversão alimentar, ganho de peso, consumo de ração e, conseqüentemente, sobre o fator de produção.

Além dos efeitos citados anteriormente, a peletização aumenta o diâmetro geométrico médio (DGM) das partículas, através da formação dos grânulos, favorecendo ao consumo, pois quando existe a possibilidade de escolha, as aves preferem as partículas maiores, sendo que os frangos de corte jovens preferem rações com partículas de DGM em torno de 700 e 900  $\mu\text{m}$  (Nir et al., 1994a).

Sabe-se que o processo de peletização aumenta o custo da ração em torno de 2%, por ser um processo de grande demanda de energia e de capital. Pode ainda influenciar o rendimento da fábrica de ração, principalmente se esta não for adequadamente dimensionada, e possuir uma produção acima de sua capacidade, o que normalmente acontece na maioria das empresas avícolas brasileiras (Meinerz et al., 2001).

A integridade intestinal é fundamental para um bom aproveitamento de nutrientes, melhora no desempenho zootécnico e conseqüentemente diminuição dos custos de produção. É importante lembrar que a granulometria dos ingredientes, tanto em dietas trituradas, peletizadas, ou micropelletizadas, continuam a exercer seus efeitos nos segmentos do trato digestório depois de ingeridas e dissolvidas no papo (Dahlke, 2000).

Atualmente existe uma grande preocupação por parte dos nutricionistas em correlacionar o grau de moagem dos grãos, objetivando maior rendimento de moagem com menor consumo de energia elétrica pela fábrica, juntamente com a inclusão de óleo nas rações devido à alta exigência energética dos frangos de corte, para a obtenção de pletes de boa qualidade. Estes fatores estão diretamente relacionados com a qualidade do pélete, ou seja, com granulometria mais fina obtêm-se pletes de melhor qualidade com maior gasto energético, ao contrário com granulometrias mais grosseiras se observa menor gasto com a moagem e redução na qualidade do pélete. A inclusão de óleo nas rações para frangos de corte, também, pode prejudicar a qualidade do pélete, dependendo da quantidade. Devido a isso, os objetivos deste trabalho foram avaliar os efeitos da granulometria do milho e do valor de energia metabolizável em rações peletizadas, na fase inicial (um a 21 dias de idade) e na fase de crescimento (23 a 42 dias de idade) de frangos de corte, machos, sobre o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Benefícios da peletização**

Segundo Biagi (1998), peletizar custa dinheiro e melhores péletes custam ainda mais. A vantagem pode estar na conveniência do transporte e manuseio da ração sem haver desmistura e pelo provável aumento na eficiência do uso da ração pelos animais, em parte devido ao aquecimento que torna o amido mais digestível e reduz a presença de agentes patogênicos ou pelo aumento no consumo de ração.

A forma física da dieta interfere no padrão de consumo das aves. Yo et al. (1997), trabalhando com aves de 14 dias de idade em situação de livre escolha para balanceamento da dieta, estudaram o efeito da troca repentina da forma física de um concentrado proteico. Quando houve a troca da forma física (farelado-peletizado) as aves reduziram o consumo durante as primeiras 24 horas, mas equilibraram-no após três dias de adaptação.

Leczneski et al. (2001) avaliaram a influência dos níveis de energia (2,8; 2,9; 3,0; 3,1 e 3,2 Mcal/kg de EM) e da forma física da ração (peletizada, sem a presença de finos e farelada) no desempenho e na composição de carcaça de frangos de corte de 22 a 43 dias de idade, concluíram que a peletização de ração proporcionou aumento no consumo, no ganho de peso e melhora na conversão alimentar e conversão calórica das aves. Por outro lado, as aves alimentadas com ração peletizada apresentaram menor viabilidade do que as alimentadas com ração farelada. Em relação aos níveis energéticos não houve diferenças significativas para o ganho de peso, consumo energético e conversão calórica. Para a variável consumo de ração houve redução à medida que aumentaram os níveis de energia, resultando em melhor conversão alimentar.

Ao comparar rações fareladas e peletizadas, por um período de 12 anos, McCracken (2002) verificou que com o uso de rações peletizadas foram observados melhores resultados de desempenho (ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar) e da energia metabolizável, apresentando grandes diferenças entre as respostas observadas. As diferenças para consumo de ração variaram de 1 a 26%, para o ganho de peso de 3 a 39% , de 0 a 12% para a conversão alimentar e de 2 a 6% para a energia metabolizável. Segundo o autor, estas respostas poderiam estar relacionadas com as diferenças no tamanho das partículas da ração antes do processamento e com o tipo de cereal utilizado.

Freitas et al. (2003), avaliando a influência da forma física da ração (farelada, peletizada e peletizada moída) sobre o desempenho de pintos na primeira semana, concluíram que o uso de ração peletizada e peletizada moída apresentaram melhores resultados para ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar e teor de gordura na carcaça quando comparadas com ração farelada. Do mesmo

modo, Nagano et al. (2003) obtiveram melhores resultados para peso médio e conversão alimentar aos sete dias de idade para frangos alimentados com dietas peletizadas e extrusadas quando comparadas à ração farelada. Esta diferença entre tratamentos não foi observada aos 47 dias de idade.

O desperdício de ração também pode ser influenciado pela forma física da dieta. Zanotto et al. (2003) analisaram o efeito do tamanho das partículas de milho e do tipo da ração sobre o comportamento de frangos de corte e concluíram que o desperdício de ração aumentou com o avanço da idade, porém não sofre influência dos níveis da granulometria nas rações peletizadas. As aves alimentadas com rações fareladas chegaram a apresentar desperdício de ração de 3,2% aos 46 dias. Além disso, as aves alimentadas com rações peletizadas gastaram menos tempo com o consumo de ração do que aquelas alimentadas com ração farelada.

López et al. (2007), comparando os efeitos da forma física (farelada, granulada e expandida-granulada) sobre o desempenho de frangos de corte de um a 42 dias de idade, concluíram que o desempenho é melhorado com aumento da intensidade do processamento térmico devido ao maior consumo e melhor aproveitamento da ração, observando melhora no peso corporal e conversão alimentar com o processamento das rações, sem afetar a viabilidade.

Lara et al. (2008a) avaliaram o efeito da forma física da ração (farelada e peletizada) sobre o desempenho e o rendimento de cortes de frangos de corte de um a 45 dias de idade. Observaram que em relação ao desempenho, a peletização melhorou o ganho de peso das aves. Já em relação ao rendimento de cortes, observaram que as aves alimentadas com ração farelada e peletizada responderam de maneira semelhante, diferindo apenas em relação à percentagem de moela, evidenciando o efeito da forma física sobre esse parâmetro, justificado por Macari et al. (2002) citado por Lara et al. (2008a), devido à menor velocidade de passagem da ração farelada comparada com a da ração peletizada, o que provocaria maior estimulação mecânica do trato gastrointestinal e, conseqüentemente, maior atividade dos músculos da moela.

## **2.2 Qualidade do pélete**

As vantagens deste processamento já estão consagradas e o maior desafio das fábricas de ração é produzir péletes de boa qualidade. Segundo Thomas e Van der Poel (1996), a eficácia desse processo é traduzida pela qualidade do pélete que pode ser definida pela proporção de péletes íntegros que chegam aos comedouros dos frangos, ou seja, sua resistência à quebra entre a fábrica de rações e as granjas.

Os principais fatores que interferem na qualidade do pélete, citados por Nir (1998) são: a característica da peletizadora, a composição da ração, o tamanho da partícula, a temperatura da peletização, a umidade e a injeção de vapor.

De acordo com Gill (1993), a qualidade do pélete não depende só da peletizadora, mas de todo o sistema de fabricação desde a formulação, moagem, mistura, até o resfriamento e transporte. Quando a qualidade do pélete não é atingida pode-se lançar mão de alternativas mais caras, como restringir o uso de gorduras, aumentar o conteúdo de cereais e reduzir o conteúdo de fibra ou adição de um ligante, segundo o autor, a mais viável financeiramente.

Scheideler (1995) realizou um trabalho onde acompanhou e identificou a formação de finos na ração de acordo com o local de produção. O autor relatou que a presença de finos nas fábricas de ração pode chegar a aproximadamente 33% da dieta, sendo este percentual aumentado durante o transporte da ração da fábrica para o aviário, para aproximadamente 59%. A formação de finos aumenta ainda mais na descarga da ração para os silos do galpão, chegando a apresentar no comedouro uma concentração entre 63 e 72% de finos. Este grande volume de finos encontrado no campo supera os valores máximos de 35% recomendados pela literatura (McNaughton e Reece, 1984; Maiorka, 1998).

Para que os benefícios da peletização da ração no desempenho sejam alcançados é necessário que esta chegue até o comedouro na sua forma íntegra ou pelo menos com baixa percentagem de finos, caso contrário, os resultados vão ser menos proeminentes. À medida que aumenta a concentração de finos os resultados assemelham-se aos de uma dieta na forma farelada. Maiorka (1998) relata que a presença de 10 a 15% de finos na ração é considerada normal em uma fábrica de rações.

A utilização de rações com o percentual de péletes íntegros acima de 40% resulta em maior ganho de peso e melhor conversão alimentar quando comparados com as rações fareladas. À medida que se melhora a qualidade do pélete, as aves gastam menos tempo para consumir a ração, o que representa redução da atividade, melhorando o aproveitamento da energia (maior valor calórico real) levando a maior deposição de tecidos (McKinney e Teeter, 2004).

A qualidade do pélete normalmente é definida pelo índice de durabilidade do pélete (PDI). A determinação deste índice é feita por meio de um teste simples, no qual o alimento é movimentado em um misturador por tempo definido que simula o transporte e o manuseio da ração. O percentual de péletes íntegros, após esta simulação, é o PDI. A quantidade de finos nas rações peletizadas é negativamente correlacionada com o PDI. Quando as rações têm alto PDI significa que os péletes

podem se manter mais íntegros até o momento de ingestão pelos frangos, segundo Beyer (2000), citado por Lara (2007).

A durabilidade de péletes é inversamente proporcional ao tamanho de partículas (Angulo et al., 1996). Baseado nesta informação, um menor tamanho de partícula dos ingredientes oferece mais superfície para a absorção de umidade proveniente do vapor, resultando em melhor lubrificação e aumento da taxa de produção. Por outro lado, partículas de tamanho maior resultam em pontos naturais de quebra dos péletes, criando mais finos (Behnke, 2001). Alguns trabalhos relatam, porém, que a moagem grosseira dos grãos não prejudica a durabilidade dos péletes (Reece, et al. 1986b; Peron et al, 2005).

### 2.2.1 Efeitos da granulometria

Por definição, a granulometria é um método de análise que visa classificar as partículas de uma amostra pelos respectivos tamanhos e medir as frações correspondentes a cada tamanho. Na prática, o termo granulometria é usado para caracterizar o tamanho dos grânulos de um produto moído, dado pelo Diâmetro Geométrico Médio (DGM), em milímetros ou microns (Zanotto et al., 1999). Segundo esses mesmos autores, o aumento no DGM das partículas de 515 para 905 microns ( $\mu\text{m}$ ), promove aumento de 166% no rendimento da moagem e uma redução de 62% no consumo de energia elétrica, conforme a figura 1.

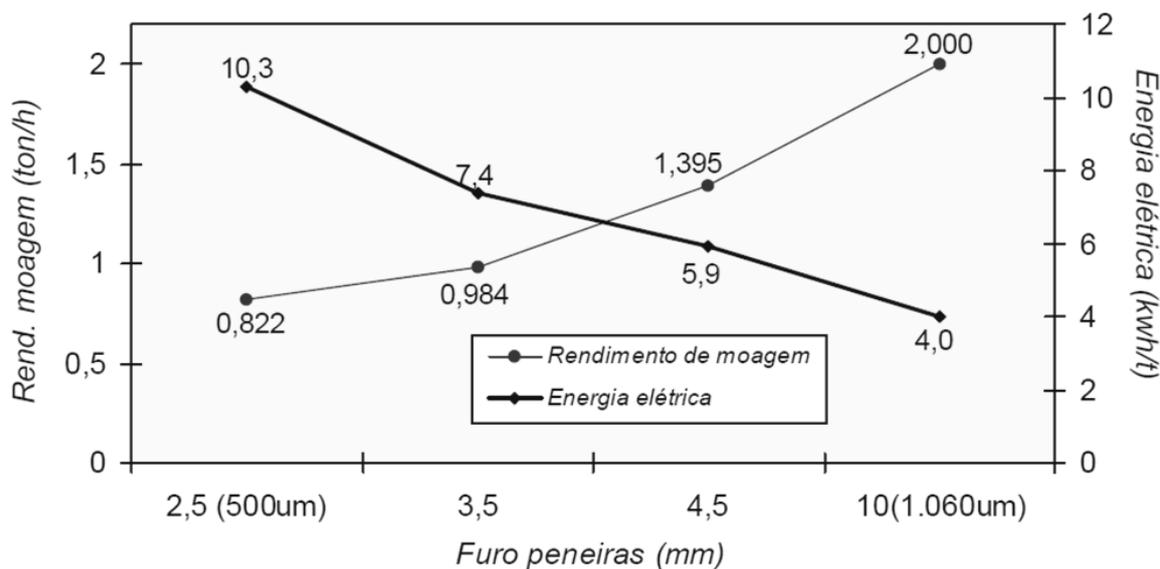


Figura 1: Consumo de energia elétrica e rendimento de moagem em função do diâmetro dos furos das peneiras (Zanotto et al., 1998a)

A redução do tamanho das partículas dos alimentos é o segundo maior custo com energia elétrica depois da peletização (Reece et al., 1985). Reece et al. (1986a) relataram que com o aumento do diâmetro dos furos das peneiras do moinho de martelo de 4,76 para 6,35  $\mu\text{m}$  alcança-se uma

economia de energia elétrica de 27%, mas que essa relação entre os diâmetros dos furos das peneiras e o consumo de energia elétrica não é linear. O consumo de energia elétrica durante a moagem do milho com moinho de martelos e com peneiras de DGM de 600  $\mu\text{m}$  para um de 400  $\mu\text{m}$  é o dobro do necessário para reduzir o tamanho da partícula de 1.000 para 600  $\mu\text{m}$  (Wondra et al., 1995). Em 2002, Dozier, estimou que o uso da energia elétrica é responsável por cerca de 25 a 30% do custo de produção para frangos de corte.

A granulometria pode variar de muito fina a muito grossa de acordo com o tamanho dos furos da peneira do moinho (Tabela 1), onde são processadas. Acredita-se, portanto, que uma das formas possíveis de reduzir custos é através da geração de informações mais precisas sobre o grau de moagem do milho, de forma a identificar a granulometria que proporcione o melhor aproveitamento dos nutrientes pelas aves, associado à redução dos gastos com energia elétrica e ao aumento no rendimento de moagem (Zanotto et al., 1998a).

Tabela 1 - Tamanho das partículas do milho de acordo com peneiras

Furo da Peneira (mm)	Tamanho das partículas ( $\mu\text{m}$ )
6,35	1300 a 2100
4,75	1000 a 1200
3,18	600 a 800
2,38	500 a 600
1,59	400 a 500

Fonte: Adaptada de Lenser (1985)

Estudando o efeito de três diferentes graus de moagem (3180, 6500 e 9530  $\mu\text{m}$  de diâmetro de abertura da peneira) sobre a qualidade dos péletes Reece et al. (1986a) constataram que, péletes produzidos com milho moído em peneira de 9530  $\mu\text{m}$  foram significativamente mais duráveis do que aqueles processados com milho finamente moído (3180  $\mu\text{m}$ ). As contradições nas informações relatadas podem ser devidas à interferência de outros fatores que afetam a durabilidade dos péletes como o tempo no condicionador, resfriador, secador e especificações da matriz (Behnke, 1996) e a quantidade de proteína e óleo na dieta (Briggs et al., 1999).

Alguns autores relatam que o tamanho de partícula dos grãos é mais crítica em rações fareladas do que em peletizadas e trituradas (Nir et al., 1995; Peron et al., 2005). Dahlke (2000) observou que o aumento do DGM de 336 para 1120  $\mu\text{m}$ , independentemente da forma física, aumentou o consumo de ração, ganho de peso e melhorou a conversão alimentar. No entanto, verificou que o efeito da granulometria é mais visível nas rações fareladas do que nas peletizadas e os benefícios da

peletização são mais evidenciados em relação à farelada, quando em ambas os ingredientes são finamente moídos. Dietas fareladas com granulometrias grosseiras diminuem as diferenças de desempenho em relação às peletizadas, basicamente devido à maior facilidade de a ave ingerir e deglutir partículas de maior tamanho.

Daklke et al. (2001) estudaram os efeitos de diferentes granulometrias do milho (336, 585, 856 e 1120  $\mu\text{m}$ ) de dietas fornecidas na forma farelada e peletizada sobre o desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte de 21 a 42 dias de idade. Verificaram a existência de interação entre forma física e granulometria, destacando o efeito da granulometria sobre o desempenho das aves alimentadas com ração farelada, e melhora dos índices com o aumento da granulometria. Efeito esse não observado para as aves alimentadas com ração peletizada. Em relação ao rendimento de carcaça e de coxa, a granulometria e a forma física não tiveram nenhum efeito, exceto, em relação à dieta de 336  $\mu\text{m}$  na forma farelada, na qual foi observada uma redução no rendimento de peito.

Objetivando avaliar os efeitos da granulometria do milho das rações (377, 574, 680, 778, 868 e 936  $\mu\text{m}$ ), expressos pelo DGM, sobre o desempenho e características de carcaça de frangos de corte de 21 a 42 dias de idade, Ribeiro et al. (2002), mostraram que para granulometrias superiores a 337  $\mu\text{m}$  não houveram diferenças significativas para desempenho e rendimento de carcaça.

De acordo com Flemming et al. (2002), o valor nutritivo do milho moído em moinho de martelos não é afetado quando a sua granulometria apresenta DGM das partículas compreendidos entre 500 e 1000  $\mu\text{m}$ . Entretanto, se a granulometria do milho for excessivamente fina ou grossa, os nutrientes podem não ser bem aproveitados pelas aves. Isso depende também da forma física da ração (farelada, triturada ou peletizada). No caso da granulometria do milho muito fina, com DGM abaixo de 400  $\mu\text{m}$ , em rações fareladas e/ou trituradas, os frangos podem apresentar problemas de consumo devido à maior presença de pó, podendo causar-lhes problemas respiratórios e incrustações do alimento no bico, aumentando o consumo de água e a perda de alimento nos bebedouros, além de possibilitar o umedecimento da cama. Por outro lado, quando a granulometria for excessivamente grosseira, os problemas poderão originar-se da preferência e seleção de partículas maiores, podendo causar desequilíbrio nutricional na dieta das aves (Brum et al., 1998).

Objetivando avaliar o efeito da alimentação de frangos de corte de 21 a 42 dias de idade, com milho inteiro e moído (peneiras de 2,5 mm e 4,5 mm), Freitas et al. (2002) não observaram nenhuma alteração significativa sobre o consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar e viabilidade dos frangos.

Do ponto de vista nutricional, pode-se considerar que quanto menor o tamanho das partículas do alimento, maior seu contato com os sucos digestivos, favorecendo, portanto, a digestão e a absorção dos nutrientes (López, 2004), na fase inicial de criação. Entretanto, partículas finamente moídas levam a menor estimulação e crescimento de vilosidades intestinais. Já do ponto de vista de produção de rações, quanto maior o tamanho das partículas dos ingredientes maior a economia com a energia e maior a eficiência (toneladas/hora) de moagem (Bellaver, 2000). Por outro lado, segundo Esminger (1985), as partículas muito finas favorecem a peletização, mas diminuem a seletividade (palatabilidade) e aumentam o pó.

De acordo com Pozza et al. (2005), o milho moído em martelos pode apresentar DGM que varia de 300  $\mu\text{m}$  (muito fina) até 1200  $\mu\text{m}$  (excessivamente grossa).

Zanotto et al. (2006) avaliando o efeito de quatro granulometrias das partículas do milho (484, 666, 886 e 986  $\mu\text{m}$ ) e da forma física da ração (farelada e peletizada), sobre o desempenho e rendimento de carcaça em frangos de corte em três idades diferentes (21, 42 e 49 dias) observaram que a variação do DGM das partículas do milho nas faixas estudadas, dentro da ração peletizada, não teve efeito sobre o consumo de ração, peso corporal e conversão alimentar, para qualquer idade.

Conforme demonstrado na literatura, as aves têm maior preferência pelas rações granuladas do que pelas rações fareladas. Quando se oferece ração às aves com proporções iguais entre péletes e finos, estas consomem primeiro os péletes. Se as aves são alimentadas com rações mal peletizadas (com excesso de finos), as mais agressivas consomem os péletes, enquanto as menos agressivas consomem apenas os finos. Este comportamento pode afetar a uniformidade dos frangos em função do seu efeito sobre a taxa de crescimento (Behnke e Beyer, 2006). Porém, segundo McKinney e Teeter (2004) a preferência do frango de corte (selecionado para apetite voraz) por péletes íntegros depende da relação entre péletes íntegros e finos. À medida que a proporção de finos aumenta e a de péletes íntegros diminui (rações contendo apenas 20% de péletes íntegros), tanto a preferência por péletes quanto a habilidade para selecioná-los diminui ou perdem a importância

### **2.2.2. Efeitos do valor de energia**

A composição dos alimentos e/ou das rações tem forte influência sobre a qualidade do pélete e determina efeitos diferentes sobre sua dureza e durabilidade. A inclusão de óleos e/ou gorduras, dependendo da quantidade, por sua característica hidrofóbica, pode prejudicar a agregação das partículas, agindo como lubrificante entre as partículas do alimento e a matriz da peletizadora, reduzindo a pressão de peletização e a gelatinização do amido, resultando em péletes de baixa qualidade. Por outro lado, a lubrificação causada pela adição de fonte lipídica ao produto a ser peletizado pode ser positiva, uma vez que aumenta a eficiência de produção da fábrica de rações

devido à redução de atrito e economia de energia, além de aumentar a capacidade de pressão. A oxidação e a degradação térmica de alguns nutrientes podem levar à formação de complexos químicos prejudiciais à qualidade física e nutricional do alimento processado (Thomas et al., 1998).

O aumento da energia, por meio da inclusão de óleos e gorduras, tem influência tanto nos parâmetros de desempenho de frangos de corte quanto na qualidade do pélete produzido. O principal parâmetro influenciado positivamente pelo aumento do valor de energia nas rações é a conversão alimentar dos frangos (Beterchini et al., 1991, Leeson et al., 1996 e Lara et al., 2008b).

Brigs et al. (1999), avaliando os efeitos da inclusão de óleo às rações, verificaram que um aumento de 2,9% a 7,5% de óleo resultou em péletes com 88,8% e 59,6% do índice de durabilidade dos péletes (PDI), respectivamente. Estes autores concluíram que a qualidade do pélete não é comprometida quando a inclusão de óleo for menor que 5,6%.

Rações de baixa energia, com diâmetro de pélete de 2 mm apresentam menor quantidade de finos do que rações com diâmetro de pélete de 4mm (12 e 27%, respectivamente), provavelmente em função da maior pressão da mistura dos ingredientes contra a matriz peletizadora, (Meinerz et al., 2001).

McKinney e Teeter (2004), estudaram rações com diferentes relações entre péletes íntegros e finos (100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80 e moída) e obtiveram o valor calórico efetivo da peletização, que é definido como a densidade calórica da dieta necessária para que as aves alcancem determinado peso corporal em relação à determinada conversão alimentar. Esses autores concluíram que com o aumento da qualidade do pélete, o valor calórico efetivo aparente da dieta fica maior. Poupar, assim, um gasto energético, atribuído ao processo de peletização, de 187 Kcal/kg EM a 76 kcal/kg EM, em rações variando de 100 a 20% a relação entre péletes íntegros e finos, o que comprova a importância de obter-se um pélete de boa qualidade.

Mayer et al. (2009) estudaram os efeitos da granulometria da ração (360, 473 e 768  $\mu$ m) e níveis de inclusão de óleo de soja nas rações (0 e 3%) no desempenho zootécnico de frangos de corte aos 7, 14, 21 e 28 dias de idade, concluindo que a utilização de óleo em dietas nas primeiras semanas melhora o ganho de peso e a conversão alimentar dos frangos, quando a gordura usada é de alta qualidade.

### **2.3 Digestibilidade dos nutrientes**

A alimentação com dietas peletizadas pode modificar as exigências energéticas e a eficiência do aproveitamento da energia pelos frangos de corte, principalmente sobre a deposição de proteína e gordura na carcaça (Emmans, 1987). A peletização também aumenta a eficiência de retenção da

energia metabolizável aparente, sendo essa melhor eficiência justificada pela melhor conversão alimentar das aves alimentadas com rações peletizadas ou trituradas (McKinney e Teeter, 2004; Lemme et al., 2006).

Segundo Nir et al. (1994b) menores granulometrias aumentam a velocidade de passagem do alimento da moela para o duodeno e pelo intestino delgado, dificultando a ação dos sucos digestivos na moela e a ação enzimática no intestino delgado, podendo reduzir a digestibilidade e a disponibilidade de nutrientes para posterior absorção. Kilburn e Edwards (2004) relataram que a moagem fina do milho aumentou os valores da energia metabolizável verdadeira determinados em rações fareladas, mas o efeito oposto foi observado com dietas peletizadas. Peron et al. (2005) constataram que a moagem fina de trigo melhora a digestibilidade do amido e da energia metabolizável aparente (EMA) em comparação com granulometria grossa. Por outro lado, a granulometria grossa do milho tem sido relatada por aumentar a eficiência de utilização do nitrogênio e da retenção de lisina em frangos alimentados com dietas fareladas (Parsons et al., 2006). Amerah et al. (2007b) observaram que granulometria grossa tende a melhorar a EMA em dietas à base de trigo, mas não em dietas à base de milho. Em contraste, Svihus et al. (2004) não encontraram efeito do tamanho das partículas de trigo sobre o EMA. De acordo com Amerah et al. (2007a), a redução de tamanho de partículas pode melhorar a digestão de nutrientes, aumentando a área de superfície disponível para as enzimas digestivas, porém segundo estes mesmos autores, estudos que relacionam o tamanho de partícula e digestibilidade dos nutrientes são limitados e, no caso dos grãos, muitas vezes equívocos.

A peletização da ração proporciona aumento na digestibilidade dos nutrientes devido à ação mecânica existente pela temperatura do processo (López e Baião, 2004). Segundo Dozier (2001), os processos térmicos também promovem alterações das estruturas terciárias naturais das proteínas, facilitando sua posterior digestão.

Entre os benefícios do uso de rações peletizadas para frangos de corte, tem-se observado aumento no aproveitamento da energia das rações (Jensen, 2001). De acordo com Nir et al. (1994b), a peletização reduz o gasto de energia das aves para o consumo proporcionando redução na energia de manutenção e aumentando a energia líquida de produção, o que favorece a energia disponível para o ganho. McKinney e Teeter (2004) observaram que, além de favorecer o consumo de ração, a peletização aumenta a eficiência de retenção da energia metabolizável aparente.

O processamento e o armazenamento dos alimentos interferem na digestibilidade de seus nutrientes, podendo alterar o seu valor energético. Carvalho et al. (2004), trabalhando com milhos de diferentes temperaturas de secagem (80, 100 e 120°C) e diferentes tempos de armazenamento (0, 60, 120 e 180

dias), observaram redução linear dos valores de EMA e EMAn com o aumento do tempo de armazenamento. Esses autores verificaram que a secagem dos grãos a altas temperaturas influenciou os valores de EM, mas não alterou a composição química e o valor de EB.

A digestibilidade é o fator que mais influencia o valor energético dos lipídios, sendo esta dependente do comprimento da cadeia carbônica, do grau de saturação e da posição dos ácidos graxos na molécula de glicerol (Renner e Hill, 1960; Dvorin et al., 1998). Carew et al. (1972) demonstraram que a capacidade fisiológica da ave em utilizar gordura aumenta com o seu envelhecimento. A redução na digestibilidade do alimento pode contribuir para uma diminuição nas quantidades de nutrientes disponíveis para o crescimento (Bonnet et al., 1997 e Hai et al., 2000).

Freitas et al. (1999) avaliaram a digestibilidade aparente de extrato etéreo (EE) e da proteína bruta (PB) para frangos de corte alimentados com rações acrescidas ou não de óleo de soja. Esses autores observaram alta digestibilidade do EE na primeira semana, acompanhada de redução na segunda semana e de um novo aumento na terceira semana. A digestibilidade da PB foi em torno de 70% na primeira semana, diminuindo a menos de 60% na segunda semana.

A digestibilidade aparente da proteína das dietas à base de farelos e grãos de cereais está entre 80 a 89% (Rotter et al., 1989). Por outro lado, a digestibilidade aparente da matéria seca dessas dietas tem medidas entre 65 e 75%. Tal discrepância indica que a maior fração dietética, os carboidratos, é uma fração que tem algum comprometimento de sua digestibilidade em aves. A soja possui uma quantidade mínima de amido (aproximadamente 0,5%), sendo sua fração de carboidratos constituída por componentes da fibra insolúvel (celulose e hemicelulose) e solúvel (pectinas e oligossacarídeos como sacarose, estaquiose, rafinose e verbascose), que constituem mais de um terço do farelo desse ingrediente (Karr-Lilienthal et al., 2005). A celulose é praticamente indigestível pelas aves, enquanto os polissacarídeos não amídicos solúveis (PNAs) apresentam 39% de digestibilidade (Jamroz et al., 2002). Valores iguais ou inferiores aos dos PNAs podem ser esperados para a digestibilidade da hemicelulose e pectinas. Em consequência, a digestibilidade da fração glicídica do farelo de soja provavelmente muito baixa, e sua alta inclusão em dietas para frangos de corte estão associadas à baixa digestibilidade da MS observada nessas dietas. Beretta (2003) verificou digestibilidade da matéria orgânica para frangos de corte de 21 a 42 dias de idade de apenas 68,6%, em dietas à base de milho e farelo de soja. Constatou igualmente que é de 71,1% quando parte do farelo de soja foi substituído por proteína isolada de soja e amido. Vieira e Lima (2005) também verificaram que a digestibilidade da matéria seca (DMS) da dieta foi menor em dietas à base de milho e farelo de soja (DMS = 75%) do que em dietas em que parte do farelo de soja foi substituída por ingredientes de origem animal (DMS = 77,6%).

### **2.3.1 Metodologias para a determinação da digestibilidade dos nutrientes**

O método de coleta total de excretas é um dos mais utilizados para determinar a digestibilidade aparente de nutrientes, assim como os valores de energia metabolizável das rações ou dos ingredientes para aves. Nesse procedimento, o alimento ingerido por um determinado tempo está relacionado com a excreta produzida no mesmo período. O ensaio envolve um período de adaptação dos animais às rações e às instalações o qual deve ser de 4 a 7 dias, e o período de coleta das excretas com o controle do consumo de ração por um período de 4 a 5 dias (Sakomura e Rostagno, 2007). Segundo esses mesmos autores, uma alternativa ao método de coleta total de excretas é a determinação da digestibilidade através de uma relação entre substâncias indigeríveis presentes no alimento e nas excretas. Essas substâncias, denominadas indicadores, são utilizadas para determinar um fator de indigestibilidade e, com este, estimar a quantidade de excreta que corresponde a uma unidade de ração consumida. Posteriormente, calcula-se a quantidade de nutriente presente na dieta que foi digerida e absorvida pelo animal. Entre as principais vantagens da utilização de indicadores pode-se citar que não é necessária a mensuração do consumo de ração, o total de excretas produzidas e evita-se a mudança na composição da excreta devido à fermentação, excreção fora das bandejas e contaminação com ração. Esses fatores podem ter influência na determinação da digestibilidade dos nutrientes.

O indicador mais utilizado em ensaios de digestibilidade é o óxido crômico, mas este possui as desvantagens de ser prejudicial à saúde quando inalado (Peddie et al., 1982), além da taxa de recuperação incompleta e propriedades eletrostáticas que interferem na uniformização das rações e a separação do indicador da excreta (Vohra, 1972).

Outro indicador utilizado é a cinza insolúvel (CAI), caracterizada como um mineral indigerível, composto em sua maioria por sílica, que tem a vantagem de ser determinada por métodos gravimétricos. Segundo Sales e Jansen (2003), a CAI proporciona valores superestimados de digestibilidade em relação à coleta total de excretas, mas por ser de fácil análise e menor custo, esse indicador apresenta um potencial de uso nos ensaios de digestibilidade.

Para que se tenham bons resultados com a utilização de indicadores, é necessário que estes estejam uniformemente misturados à ração e as análises químicas sejam padronizadas para determinar a sua concentração nas rações e excretas em diferentes laboratórios (Sibbald, 1987 citado por Sakomura e Rostagno, 2007). Embora não sejam necessários longos períodos de coleta de amostra quando se utiliza um indicador, é preciso que esse período se estenda por pelo menos 24 horas, para que sejam evitadas variações na composição da excreta entre a noite e o dia (Yishida e Marimoto, 1957 citados por Sakomura e Rostagno, 2007).

A digestibilidade ileal é considerada melhor medida para mensurar a disponibilidade de aminoácidos que a digestibilidade total em frangos, no entanto, a diferença entre a digestibilidade ileal e a total pode ser menor em alimentos mais digeríveis (Ravindran et al., 1999).

Nos últimos anos, muitas pesquisas relacionadas ao estudo da composição químico-estrutural e das propriedades físico-químicas da lignina foram realizadas, em função, principalmente, do interesse da sua eliminação como contaminante da celulose destinada à indústria de papel (Vasconcellos, 2004).

Saliba et al. (1999) utilizaram os resíduos da cultura do milho e da soja para isolamento da lignina por meio de solventes orgânicos. As ligninas isoladas incubadas no rúmen durante 24 horas não sofreram alterações e quando observadas ao microscópio eletrônico de varredura não foram identificadas bactérias ou colônias de bactérias nas ligninas incubadas. Através deste estudo concluiu-se que as ligninas isoladas dos resíduos da cultura do milho e da soja são indigestíveis. Com base nessa informação e nos estudos estruturais e ultraestruturais da lignina (Saliba, 1998; Saliba et al., 2000) iniciaram-se os estudos de avaliação da lignina isolada como indicador externo de digestibilidade.

Saliba et al. (2003) isolaram a lignina e a enriqueceram com grupamentos fenólicos não comumente encontrados na lignina da dieta animal. Esse trabalho deu origem a um hidroxifenilpropano modificado e enriquecido denominado LIPE<sup>®</sup>, um indicador externo de digestibilidade desenvolvido especificamente para pesquisas. O LIPE<sup>®</sup> foi inicialmente utilizado em estudo de consumo e digestibilidade comparada à coleta total de fezes em coelhos. As estimativas de produção fecal e digestibilidade revelaram a eficiência da LIPE<sup>®</sup> como indicador externo, não apresentando diferenças estatísticas com relação à coleta total. Além disso, apresentou as vantagens de um curto período de adaptação e ser de baixo custo. A sua apresentação comercial é feita em cápsulas de 100, 250 e 500 mg, em caixas contendo 100 cápsulas ou na forma de xarope na concentração de 10000 mg por 100 mL, em recipientes contendo 100mL. O período de adaptação para que sua excreção seja uniforme é de 48 horas. O período experimental para a colheita de fezes é satisfatório com três (aves) a cinco (outras espécies) dias de repetição. A técnica analítica para dosagem do indicador nas fezes é a Espectroscopia no Infravermelho, técnica rápida, sensível, barata e não destrutível da amostra (Rodrigues et al., 2006).

Vasconcellos et al. (2007), trabalhando com frangos de corte na fase de crescimento, encontraram valores bem próximos de energia metabolizável aparente para dietas com inclusão de diferentes ingredientes calculadas a partir dos métodos de coleta total de excretas e dos indicadores óxido crômico e LIPE<sup>®</sup>. Para avaliar a confiabilidade de um indicador é necessário que sejam feitos ensaios de digestibilidade comparando os resultados obtidos pelo indicador com aqueles obtidos pela coleta

total de fezes. Neste trabalho, os autores encontraram semelhança entre os coeficientes de digestibilidade da energia bruta calculado pelos três métodos, exceto os tratamentos onde utilizaram o farelo de soja expandido e a farinha de penas e vísceras no qual encontraram diferenças entre os indicadores, porém ambos se igualaram ao método tradicional de coleta total.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

Foram realizados dois experimentos, com o objetivo de avaliar os efeitos da granulometria e do valor de energia em rações peletizadas para frangos de corte, machos. No experimento I, foram avaliados os efeitos da granulometria e do valor de energia sobre a digestibilidade de nutrientes em frangos de corte na fase inicial, dos 15 a 18 dias de idade, e na fase de crescimento, dos 30 a 33 dias de idade. No experimento II, foram avaliados os efeitos da granulometria e do valor de energia sobre o desempenho de frangos de corte na fase inicial de criação, de um a 21 dias de idade, e na fase de crescimento, de 23 a 42 dias de idade.

#### **3.1 Experimento I: Digestibilidade dos nutrientes**

##### **3.1.1 Local**

O experimento foi realizado no Laboratório de Metabolismo Animal (LAMA) da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, localizada no município de Belo Horizonte – MG, no período de 17 de agosto a 26 de setembro de 2010.

##### **3.1.2 Equipamentos e instalações**

As aves foram alojadas em gaiolas metálicas de 1m<sup>2</sup>, com bandejas próprias para coleta de excretas. Cada gaiola foi equipada com comedouro, do tipo cocho (dentro da gaiola) nos primeiros 10 dias de vida e do tipo calha (fora da gaiola) até o final do período experimental, e bebedouro do tipo copo até o 10º dia de idade e do tipo nipple com aparador até o fim do experimento, permitindo, assim, o livre acesso das aves à ração e à água.

As aves foram aquecidas nos primeiros 10 dias com uma lâmpada incandescente (150 Watts) colocada em cada gaiola.

##### **3.1.3 Aves e manejo**

Foram utilizados 750 pintos de um dia, machos, da linhagem Ross, sendo alojados para a fase inicial 15 pintos de corte de um dia de idade, com peso médio de 39,1±0,8 g, em cada uma das 30 unidades experimentais, totalizando 450 aves. Para a fase de crescimento, foram alojados 10 frangos de corte com 22 dias de idade, com peso médio de 1,038±0,030 Kg, em cada uma das 30 unidades experimentais, totalizando 300 aves.

As aves que foram destinadas ao experimento relativo à fase de crescimento foram criadas até os 22 dias de idade na Fazenda Experimental “Prof. Hélio Barbosa” da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, sendo alimentadas com ração única e, sendo transferidas para as gaiolas de metabolismo e distribuídas de acordo com os tratamentos no 22º dia de idade.

Água e ração foram oferecidos à vontade. O programa de luz utilizado foi o seguinte: de um a 14 dias de idade, 24 horas de iluminação diária, e de 15 a 40 dias de idade foi utilizada somente luz natural.

### 3.1.4 Rações

Quanto aos níveis nutricionais foram utilizadas duas rações que diferiram apenas no valor energético. Foram utilizados dois tipos de rações, de acordo com a fase de criação, ou seja, inicial peletizada triturada (um a 21 dias) e crescimento peletizada (23 a 40 dias de idade), de acordo com os tratamentos. Para a fase de crescimento, as aves foram criadas até os 22 dias de idade com ração farelada única com granulometria média (moída em peneira de 2,5 mm). A composição destas rações e seus valores nutricionais calculados encontram-se na tabela 2 (fase inicial) e na tabela 3 (fase de crescimento). Para a formulação das rações foram utilizados os valores nutricionais dos ingredientes encontrados nas tabelas brasileiras de aves e suínos (Rostagno et al. 2005). Os níveis nutricionais das rações foram estabelecidos de acordo com Lara et al. (2008a). Foi utilizada a farinha de carne e ossos para suprir as necessidades de cálcio e fósforo devido ser uma prática rotineira das fábricas de rações. Para a diferenciação das granulometrias de moagem do milho foram utilizadas três peneiras (Figuras 3, 4 e 5) com os seguintes diâmetros dos furos: fina menor que 1,0 mm; média 2,5 mm e grossa 6,0 mm. As rações foram misturadas na fábrica de rações na Fazenda Experimental “Prof. Hélio Barbosa” da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, e peletizadas na empresa privada Lupus Alimentos, localizada no município de Santa Luzia – MG. As temperaturas do processo de peletização de cada ração estão apresentadas na tabela 4.

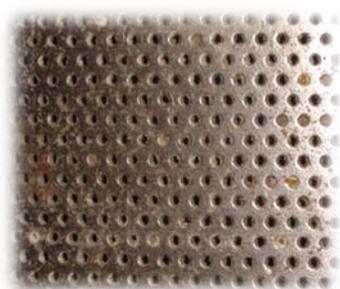


Figura 2: Peneira fina

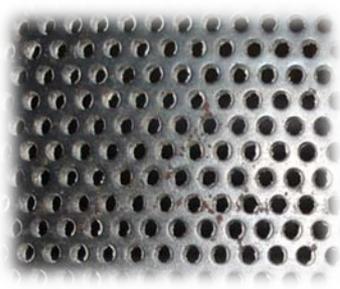


Figura 3: Peneira média

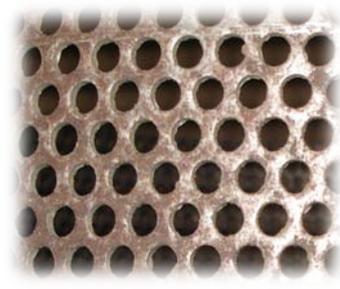


Figura 4: Peneira grossa

Tabela 2 - Composição percentual e valores nutricionais calculados das rações para a fase inicial

<b>Ingredientes</b>	<b>0% de óleo</b>	<b>2% de óleo</b>
Milho moído (8,26%)	60,80	58,00
Farelo de soja (46%)	32,00	32,80
Farinha de carne e ossos (40%)	5,60	5,60
Óleo de soja	-	2,00
Suplemento vitamínico/mineral	0,50	0,50
Sal comum	0,36	0,36
DL-Metionina	0,28	0,28
L-Lisina	0,24	0,22
Calcário calcítico	0,14	0,16
L-Treonina	0,08	0,08
<b>TOTAL (%)</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
<b>Níveis nutricionais</b>		
Proteína bruta (%)	22,22	22,33
Energia metabolizável (kcal/kg)	2900	3000
Cálcio (%)	0,95	0,95
Fósforo disponível (%)	0,50	0,50
Lisina digestível (%)	1,22	1,22
Metionina digestível (%)	0,58	0,58
Metionina + Cistina digestível (%)	0,86	0,86
Treonina digestível (%)	0,80	0,80
Triptofano digestível (%)	0,23	0,23
Sódio (%)	0,19	0,19

<sup>1</sup>Suplemento Vitamínico Mineral (Fase inicial). Cada 1,0 kg contém: Ácido fólico 160 mg, ácido pantotênico 2400 mg, bacitracina de zinco 11g, BHT 1000 mg, biotina 2000 mg, cobre 2000 mg, colina 40g, ferro 10g, iodo 170 mg, manganês 14g, niacina 7600 mg, nicarbazina 25 g, selênio 60 mg, vit A 2000000 UI, vit B1 300 mg, vit B12 2800 mcg, vit B2 1160 mg, vit B6 560 mg, vit D3 460000 UI, vit E 4000 UI, vit K3 420 mg, zinco 12g.

Tabela 3 - Composição percentual e valores nutricionais calculados das rações para a fase de crescimento

Ingredientes	Inicial	Crescimento	Crescimento
	(1 a 22 dias)	2% de óleo	4% de óleo
Milho moído (8,26%)	60,80	65,00	62,80
Farelo de soja (46%)	32,00	25,80	26,00
Farinha de carne e ossos (40%)	5,60	5,00	5,00
Óleo de soja	-	2,40	4,40
Suplemento vitamínico/mineral <sup>1</sup>	0,50	0,40	0,40
Calcário	0,36	0,39	0,40
Sal comum	0,28	0,36	0,36
L-Lisina	0,24	0,29	0,28
DL-Metionina	0,14	0,27	0,27
L-Treonina	0,08	0,09	0,09
<b>TOTAL (%)</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
<b>Níveis nutricionais</b>			
Proteína bruta (%)	22,22	19,56	19,46
Energia metabolizável (kcal/kg)	2900	3100	3200
Cálcio (%)	0,95	0,94	0,94
Fósforo disponível (%)	0,50	0,45	0,45
Lisina digestível (%)	1,22	1,10	1,10
Metionina digestível (%)	0,58	0,54	0,54
Metionina + cistina digestível (%)	0,86	0,79	0,79
Treonina digestível (%)	0,80	0,71	0,71
Triptofano digestível (%)	0,23	0,19	0,19
Sódio (%)	0,19	0,18	0,18

<sup>1</sup>Suplemento Vitamínico Mineral (Fase crescimento). Cada 1,0 kg contém: Ácido fólico 175 mg, ácido pantotênico 2500 mg, bacitracina de zinco 13,75g, BHT 1000 mg, biotina 3,75 mg, cobre 2500 mg, colina 37,5g, ferro 12,5g, iodo 212,5 mg, manganês 17,5g, niacina 7500 mg, salinomicina 16,5 g, selênio 75 mg, vit A 1700000 UI, vit B1 250 mg, vit B12 2500 mcg, vit B2 1000 mg, vit B6 500 mg, vit D3 375000 UI, vit E 3000 UI, vit K3 400 mg, zinco 15g.

### 3.1.5 Tratamentos

Foram utilizados seis tratamentos nos quais foram definidos pela granulometria do milho e pelo valor de energia metabolizável, como mostrado a seguir:

✓ **Fase inicial (Um a 21 dias de idade)**

- Granulometria fina com 2900 kcal/kg de EM (inclusão de 0% de óleo);
- Granulometria fina com 3000 kcal/kg de EM (inclusão de 2% de óleo);
- Granulometria média com 2900 kcal/kg de EM (inclusão de 0% de óleo);
- Granulometria média com 3000 kcal/kg de EM (inclusão de 2% de óleo);
- Granulometria grossa com 2900 kcal/kg de EM (inclusão de 0% de óleo);
- Granulometria grossa com 3000 kcal/kg de EM (inclusão de 2% de óleo).

✓ **Fase de crescimento (23 a 42 dias de idade)**

- Granulometria fina e com 3100 Kcal/kg de EM (inclusão de 2% de óleo);
- Granulometria fina e com 3200 kcal/kg de EM (inclusão de 4% de óleo);
- Granulometria média e com 3100 Kcal/kg de EM (inclusão de 2% de óleo);
- Granulometria média e com 3200 kcal/kg de EM (inclusão de 4% de óleo);
- Granulometria grossa e com 3100 Kcal/kg de EM (inclusão de 2% de óleo);
- Granulometria grossa e com 3200 kcal/kg de EM (inclusão de 4% de óleo).

Tabela 4 – Temperatura de peletização das rações

Tratamentos		Temperatura (°C)
Granulometria	Valor de Energia (Kcal/kg EM)	
<i>Fase inicial (Um a 21 dias de idade)</i>		
<b>Fina</b>	<b>2900</b>	50,0
<b>Fina</b>	<b>3000</b>	59,0
<b>Média</b>	<b>2900</b>	55,0
<b>Média</b>	<b>3000</b>	50,0
<b>Grossa</b>	<b>2900</b>	50,0
<b>Grossa</b>	<b>3000</b>	60,0
<i>Fase de crescimento (23 a 42 dias de idade)</i>		
<b>Fina</b>	<b>3100</b>	72,0
<b>Fina</b>	<b>3200</b>	70,0
<b>Média</b>	<b>3100</b>	72,0
<b>Média</b>	<b>3200</b>	71,0
<b>Grossa</b>	<b>3100</b>	75,0
<b>Grossa</b>	<b>3200</b>	71,0

### **3.1.6 Variáveis obtidas**

#### **3.1.6.1 Digestibilidade dos nutrientes**

##### **3.1.6.1.1 Metodologia: Coleta total de excretas**

A digestibilidade dos nutrientes foi realizada por meio do método tradicional de coleta total de excretas e em duas idades das aves, ou seja, nos períodos de 15 a 18 dias de idade (fase inicial) e 30 a 33 dias de idade (fase de crescimento).

As quantidades das rações oferecidas foram pesadas no início do período experimental e as sobras foram pesadas no final do período experimental. As aves foram pesadas e homogeneizadas nos tratamentos no início do período experimental. Antes do início do período de coleta de excretas, as aves passaram por um jejum de 12 horas para o esvaziamento do trato gastrointestinal.

As excretas foram coletadas duas vezes ao dia durante o período de quatro dias de coleta. O material recolhido foi colocado em sacos plásticos, pesado e armazenado em congelador, até o período final de coleta. Posteriormente as excretas foram pesadas e colocadas em estufa de ventilação forçada a 60°C durante 72 horas para pré-secagem. Após a pré-secagem, o material foi exposto por duas horas à temperatura ambiente e, em seguida, pesado e homogeneizado para a coleta de amostra para a determinação de matéria seca, extrato etéreo e de nitrogênio. As rações experimentais, também, passaram pelas mesmas análises, conforme técnicas descritas pelo Compêndio Brasileiro de Nutrição Animal (2005). As análises de matéria seca e nitrogênio foram realizadas no laboratório de nutrição da Escola de Veterinária da UFMG. As análises de extrato etéreo foram realizadas no laboratório de análises físico-químicas do Departamento de Tecnologia da Escola de Veterinária da UFMG. Previamente, as amostras de excretas passaram por uma hidrólise ácida com o objetivo de disponibilizar a gordura protegida contida nas excretas.

A partir dos resultados das análises de laboratório, bem como os dados de consumo de ração, e produção de excretas, foram calculados os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDMS), da proteína bruta (CDPB) e do extrato etéreo (CDEE), conforme a seguinte fórmula:

$$\text{Digestibilidade dos nutrientes (\%)} = \frac{\text{nutriente ingerido(g)} - \text{nutriente das excretas(g)}}{\text{nutriente ingerido(g)}} \times 100$$

##### **3.1.6.1.2 Metodologia: Uso do indicador de Lignina Purificada de Eucalipto (LIPE<sup>®</sup>)**

A digestibilidade dos nutrientes utilizando o LIPE<sup>®</sup> também foi realizada em duas idades das aves, ou seja, nos períodos de 15 a 18 dias de idade (fase inicial) e 30 a 33 dias de idade (fase de crescimento).

A incorporação do LIPE® nas rações permite mensurar os valores de consumo de alimentos e ainda a produção de excretas.

As quantidades das rações oferecidas e as sobras foram pesadas no início e no final do período experimental, respectivamente. As excretas foram coletadas duas vezes ao dia durante o período de quatro dias de coleta.

A incorporação da LIPE® foi feita por diluição em acetona e aspergida sobre a ração de cada tratamento, sendo logo após homogeneizada e deixando evaporar a acetona por um período de 24 horas antes do fornecimento da ração aos animais. A concentração de LIPE® utilizada foi de 0,1g de LIPE® para cada 1 kg de ração. Foram oferecidos 35g de ração/ave/dia para a fase inicial e 100g de ração/ave/dia na fase de crescimento de ração com LIPE®, por um período de cinco dias, sendo dois dias de adaptação e três dias de coleta. A ração tratada com LIPE® foi fornecida pela manhã, após a retirada das sobras do dia anterior. O restante do consumo diário foi fornecido à vontade.

O processamento das amostras marcadas com o LIPE® foi semelhante ao descrito para a coleta total.

A técnica empregada para análise do teor de LIPE® nas fezes é a Espectroscopia no Infravermelho com transformada de Fourier. A amostra foi seca a 55° C e moída a 1 mm, e executado o seguinte procedimento:

- Transferida para um grau de ágata, aproximadamente 300 mg de amostra e, aproximadamente, 2 mg de brometo de potássio (KBr) em pó, devendo este ter um alto grau de pureza e espectroscopicamente seco;
- moer os pós juntos no grau de ágata, até a mistura ficar homogênea e com aspecto de talco;
- transferir a mistura para o orifício da pastilha tomando o cuidado de fazer todo o pó cair no orifício;
- colocar a terceira peça do pastilhador por cima, tomando o cuidado de espalhar bem a amostra;
- colocar a peça na prensa e certificar a pressão desejada, que deverá ser a mesma em todo o processo;
- prensar por aproximadamente um minuto, remover da prensa e retirar o disco central para leitura;
- transferir o disco para o espectrômetro, evitando tocar nas faces do disco;
- certificar que o disco esteja translúcido e que a amostra esteja distribuída homogeneamente no disco.

Para realizar uma curva padrão é necessário partir de uma amostra da substância que se quer dosar, que satisfaça os critérios de pureza. Para isso, deve ser confeccionada uma curva padrão com o indicador em questão (LIPE<sup>®</sup>) de acordo com a metodologia a seguir:

1. Pesar, exatamente, 10 mg de LIPE<sup>®</sup> e transferir para um gral de ágata;
2. Pesar, exatamente, 190 mg de KBr e transferi-lo para o mesmo gral;
3. Proceder à moagem até que a mistura se torne fina como um talco (aproximadamente por dez minutos);
4. Desta mistura, pesar exatamente 10 mg e diluir com 90 mg de KBr, macerar novamente no gral de ágata;
5. Fazer diluições sucessivas de modo a se conseguir concentrações de LIPE<sup>®</sup> desejadas, ou que se espera encontrar nas amostras;
6. Das amostras padrão, pesar 15 miligramas e proceder ao pastilhamento;
7. Utilizando uma prensa manual, com a força na posição 6 (Varian), prensar os 15 mg em pastilhas de 7 mm, por aproximadamente um minuto;
8. Levar para o espectrômetro FTIR e realizar a leitura de cada amostra padrão;
9. Para cada espectro coletado, definir os picos a serem referenciados associando a eles o seu valor em porcentagem (%);
10. Construir o gráfico correlacionando as absorbâncias com o valor de cada padrão;
11. Efetuar o valor da regressão linear (R<sup>2</sup>) que não deverá ser menor que 95%;
12. As amostras a serem lidas devem ser pesadas (aproximadamente 10 mg) e diluídas com KBr, sofrendo o mesmo processo de maceração;
13. Após a maceração pesar 15 mg de pastilhados;
14. Ler no FTIR e coletar o espectro, por interpolação no gráfico dos padrões, efetuar a leitura dos valores nos picos correspondentes.

A produção de excretas foi determinada através do uso de um indicador externo pela seguinte fórmula:

$$\text{Excreção de excretas (g/dia de MS)} = \frac{\text{Quantidade de indicador administrado (g/dia)}}{\text{Concentração média do indicador nas excretas (g/g de MS)}} \times \text{RR}$$

Onde: RR é a taxa de recuperação do indicador estimada por:

$$\text{RR} = \frac{\text{Quantidade total do indicador presente nas excretas (g)}}{\text{Quantidade total administrada do indicador (g)}}$$

A partir dos resultados das análises de laboratório, juntamente com os dados de consumo de ração e produção de excretas preditos pela análise do LIPE<sup>®</sup>, foram calculados os CDMS, CDPB e CDEE, conforme a fórmula abaixo:

$$\text{Digestibilidade dos nutrientes (\%)} = \frac{\text{nutriente ingerido(g)} - \text{nutriente das excretas(g)}}{\text{nutriente ingerido(g)}} \times 100$$

### 3.1.6.2 Valores de energia

A partir do consumo de matéria seca, da determinação dos valores de energia bruta e do nitrogênio das rações e das excretas foram calculados os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço do nitrogênio (EMAn) por meio das seguintes fórmulas:

$$\text{EMA} = \frac{(\text{MS}_{\text{ingerida}} \times \text{EB}_{\text{ração}}) - (\text{MS}_{\text{excretada}} \times \text{EB}_{\text{excretada}})}{\text{MS}_{\text{ingerida}}}$$

MS= matéria seca; EB= energia bruta

$$\text{EMAn} = \frac{[(\text{MS}_{\text{ingerida}} \times \text{EB}_{\text{ração}}) - (\text{MS}_{\text{excretada}} \times \text{EB}_{\text{excretada}}) - 8,22\text{BN}]}{\text{MS}_{\text{ingerida}}}$$

n = corrigida para nitrogênio

8,22 = fator que corresponde a 8,22 Kcal de energia bruta por cada grama de nitrogênio retido

$$\text{BN} = (\text{Nitrogênio}_{\text{consumido}}) - (\text{Nitrogênio}_{\text{excretado}})$$

### 3.1.7 Delineamento experimental

O delineamento experimental para a determinação de metabolizabilidade dos nutrientes e determinação de energia foi o inteiramente ao acaso em arranjo fatorial 3 x 2 (três granulometrias do milho e dois valores de energia metabolizável), totalizando seis tratamentos com cinco repetições de 15 aves (fase inicial) e 10 aves (fase de crescimento) cada. Para comparar os dois métodos de determinação da digestibilidade de nutrientes (coleta total ou uso do LIPE<sup>®</sup>) o delineamento utilizado foi em blocos casualizados sendo as repetições os blocos, totalizando dois tratamentos com 24 repetições de 15 aves (fase inicial) e 10 aves (fase de crescimento) cada. Foi realizada, também, a correlação de Pearson entre as respostas dos dois métodos de determinação dos coeficiente de digestibilidade e para os valores de energia metabolizável.

A normalidade e homocedasticidade dos dados foram verificadas pelo teste de Lilliefors e Cochran. Os dados normais e homogêneos foram submetidos à análise de variância, sendo as médias da granulometria do milho e dos valores de energia metabolizável para a metabolizabilidade dos nutrientes e para a determinação da energia comparadas pelo teste de Tukey (Sampaio, 2002). As análises estatísticas foram realizadas através do programa SAEG 9.1 (2007).

### **3.2 Experimento II: Desempenho zootécnico**

#### **3.2.1 Local**

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental “Prof. Hélio Barbosa” da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, localizada no município de Igarapé – MG, no período de 17 de agosto a 29 de setembro de 2010.

#### **3.2.2 Equipamentos e instalações**

As aves foram alojadas em galpão de alvenaria, não climatizado, dividido em boxes idênticos com 10 m<sup>2</sup> cada, sendo 30 boxes de cada lado. O material utilizado como cama foi o cepilho de madeira. As aves foram aquecidas nos primeiros 14 dias com lâmpada infravermelha (250 Watts) colocada em cada box. Nos primeiros sete dias de alojamento foi utilizado um bebedouro tipo copo de pressão e, após este período, um bebedouro pendular automático para cada box. Foram utilizados dois comedouros tipo minitubular até os 14 dias de idade das aves e, posteriormente, estes foram substituídos por um comedouro do tipo tubular adulto para cada box.

#### **3.2.3 Aves e manejo**

Foram utilizados 1620 pintos de um dia, machos, da linhagem Ross, sendo alojados para a fase inicial 30 pintos de corte de um dia de idade, com peso de 40,3±0,7 g, em cada uma das 30 unidades experimentais, totalizando 900 aves. Para a fase de crescimento, foram alojados 24 pintos de corte de 21 dias de idade, com peso de 1,075±0,033 Kg, em cada uma das 30 unidades experimentais, totalizando 720 aves.

As aves que foram destinadas ao experimento relativo à fase de crescimento foram criadas até os 22 dias de idade com ração única e, somente após, foram distribuídas dentro dos tratamentos. Água e ração foram oferecidos à vontade. O programa de luz utilizado foi o seguinte: de um a 14 dias de idade, 24 horas de iluminação diária, e de 15 a 42 dias de idade foi utilizada somente luz natural.

#### **3.2.4 Rações e tratamentos**

As rações e os tratamentos utilizados foram os mesmos utilizados no experimento de digestibilidade, descritos anteriormente.

### 3.2.5 Variáveis de desempenho zootécnico obtidas

#### 3.2.5.1 Granulometria do milho e índice de uniformidade

Antes do processo de peletização, foi mensurado o índice de uniformidade (IU), o diâmetro geométrico médio (DGM) e o desvio padrão geométrico (DPG) do milho segundo a metodologia descrita por Zanotto e Bellaver (1996), sendo o cálculo de DPG realizado pelo programa SoftGran 2.0, desenvolvido pela Embrapa Aves e Suínos (1999). Os equipamentos utilizados se encontram na Figura 6.

O IU indica a proporção relativa entre partículas grossas, médias e finas, que são definidas segundo os diâmetros: maior que 2 mm, entre 2 e 0,6 mm e menor que 0,6mm, respectivamente.



Figura 5: Equipamentos utilizados para a determinação do DGM do milho e das rações (Zanotto et al., 1998b)

#### 3.2.5.2 Qualidade do pélete

##### 3.2.5.2.1 Método Embrapa de avaliação da peletização (MEP)

O MEP foi realizado pela seguinte metodologia: foi coletado cerca de 500 g de amostra à saída da peletizadora antes do resfriamento, e resfriado à temperatura ambiente. Após pesada, a amostra foi peneirada em conjunto de peneiras de abertura de 4 mm (Tyler = 5), correspondendo a ABNT número 5, por 30 segundos. Após isso, a amostra foi pesada novamente e calculado o MEP através da seguinte fórmula:

$$\text{MEP (\%)} = \frac{\text{peso dos péletes após a peneiragem}}{\text{peso dos péletes antes da peneiragem}} \times 100$$

### 3.2.5.2.2 Índice de durabilidade dos péletes (PDI)

O PDI foi determinado seguindo a metodologia descrita a seguir: foi peneirada a amostra da ração peletizada na peneira Tyler 8. Após este processo, foi pesada 500 gramas da amostra peneirada e colocada no compartimento do durabilímetro (Figura 8). O aparelho foi ligado durante 10 minutos numa rotação de 50 a 55 rpm. Após isso, foi retirada a amostra e peneirada novamente na peneira Tyler 8. A parte retida na peneira foi pesada novamente, para a determinação do percentual sobre 500g que não geraram finos, sendo este o valor do PDI (ver fórmula a seguir):

$$\text{PDI (\%)} = \frac{\text{peso dos péletes retidos após a peneiragem}}{500} \times 100$$



Figura 6: Durabilímetro

### 3.2.5.3 Ganho de peso (kg)

As aves foram pesadas no alojamento e aos 21 dias de idade, quando foi encerrada a fase inicial. Para a fase de crescimento, as aves foram pesadas aos 23 dias e aos 42 dias de idade. O ganho de peso foi calculado descontando-se o peso inicial de cada período, do peso obtido aos 21 e 42 dias de idade.

### 3.2.5.4 Consumo de ração (kg)

O consumo de ração foi obtido a partir da quantidade de ração oferecida durante cada semana subtraindo-se a sobra ao final da mesma. Para o cálculo do consumo semanal de ração, de acordo com os tratamentos, foi considerado o número de aves mortas na semana.

### **3.2.5.5 Conversão alimentar (kg/kg)**

O cálculo de conversão alimentar foi feito com base no consumo médio de ração e o ganho médio de peso dos frangos ao final de cada fase de criação.

### **3.2.5.6 Taxa de viabilidade (%)**

A mortalidade diária foi registrada e a porcentagem de viabilidade foi calculada a partir dessa taxa, de acordo com os tratamentos, conforme a fórmula abaixo:

$$\text{Viabilidade} = 100 - \text{Mortalidade (\%)}$$

### **3.2.5.7 Consumo de energia (kcal)**

O cálculo do consumo de energia foi feito com base nos valores de energia da ração calculados e o consumo médio de ração das aves ao final do período experimental.

### **3.2.5.8 Conversão calórica (kcal/kg)**

O cálculo da conversão calórica foi realizado com base na relação de energia metabolizável consumida pelo ganho de peso das aves (kcal consumida/kg de ganho de peso).

### **3.2.5.9 Fator de produção**

Para fase de crescimento foi determinado o fator de produção, onde utilizou-se a seguinte fórmula:

$$\text{Fator de Produção} = \frac{\text{Ganho de peso diário (kg)} \times \text{Viabilidade (\%)}}{\text{Conversão alimentar}} \times 100$$

### **3.2.5.10 Custos de fabricação das rações**

#### **3.2.5.10.1 Consumo em kWh do moinho**

Para mensurar o consumo em kWh pelo moinho foi utilizada a seguinte equação:

$$\text{Consumo (kWh/h)} = \frac{\text{Potência (cavalos)} \times 0,736}{\text{Rendimento do moinho (\%)}} \times 100$$

#### **3.2.5.10.2 Custo de produção das rações de acordo com a granulometria**

Para a determinação do custo da ração de acordo com o tempo de moagem dos ingredientes, para cada granulometria, utilizou-se a seguinte equação:

$$\text{Custo da ração} = \text{Consumo de energia (kWh)} \times \text{Tempo de moagem (h)} \times \text{Preço do kWh (reais)}$$

### 3.2.5.10.3 Custo da ração por quilo de frango produzido

Para a determinação do custo da ração de acordo com o com o quilo de frango produzido aos 21 e 42 dias de idade, em função de cada granulometria e valor energético utilizado, foi feito uso da seguinte equação:

$$\text{Custo da ração (kg/kg PV)} = \frac{\text{Consumo de ração (kg)} \times \text{Custo da ração (R\$/kg)}}{\text{Peso médio (kg)}}$$

### 3.2.6 Delineamento experimental

Para os resultados de granulometria e uniformidade do milho, assim como os de qualidade do pélete foi realizada estatística descritiva (média) devido ao baixo número de repetições (apenas uma repetição).

Para as avaliações do desempenho para a fase inicial (um a 21 dias de idade) e a fase de crescimento (23 a 42 dias de idade) o delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, em arranjo fatorial 3x2 (três granulometrias do milho e dois valores de energia metabolizável), totalizando assim seis tratamentos por fase, com cinco repetições de 30 aves (fase inicial) e 24 aves (fase de crescimento) cada.

A normalidade e homocedasticidade dos dados foram verificadas pelo teste de Lilliefors e Cochran. Os dados normais e homogêneos foram submetidos à análise de variância, sendo as médias da granulometria do milho e dos valores de energia metabolizável para as variáveis de desempenho zootécnico comparadas pelo teste de Tukey (Sampaio, 2002). As análises estatísticas foram realizadas através do programa SAEG 9.1 (2007).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Granulometria do milho e índice de uniformidade

Os dados do diâmetro geométrico médio (DGM) e o desvio padrão geométrico (DPG) encontram-se na tabela 5, e do índice de uniformidade (IU) do milho encontram-se na tabela 6.

Tabela 5 - Diâmetro geométrico médio (DMG) e desvio padrão geométrico (DPG) do milho utilizado para a fabricação das rações

Milho	DGM (µm)	DPG
Fino	249,76	1,62
Médio	682,83	1,77
Grosso	920,57	2,95

O tamanho das partículas dos ingredientes que compõem as rações destinadas às aves pode afetar a digestibilidade dos nutrientes, devido sua influência sobre o tempo de transito, e conseqüentemente na maximização do desempenho. É importante ressaltar que o tamanho das partículas ainda está relacionado com o consumo de energia elétrica pelo moinho, bem como no rendimento da fábrica de rações.

Nir et al., (1994b) mostraram que, frangos alimentados com dietas fareladas quando o DPG aproximou de 2,00, as aves tiveram o melhor ganho de peso e conversão alimentar, comparado às que recebiam dieta com DPG maior. Segundo Nir et al. (1995), a consideração do DPG nas avaliações de granulometria é recomendada, sendo que quanto menor este valor, melhor o desempenho dos frangos. Ribeiro et al. (2002) verificaram que as maiores granulometrias também tiveram o maior DPG, porém esse fator não foi suficiente para influenciar negativamente o desempenho dos animais.

Tabela 6 – Índice de uniformidade (IU) do milho utilizado para a fabricação das rações

<b>Partículas</b>	<b>Milho fino</b>	<b>Milho médio</b>	<b>Milho grosso</b>
<b>Finas</b>	91,7%	41,3%	35,9%
<b>Médias</b>	8,2%	57,2%	41,8%
<b>Grossas</b>	0,1%	1,5 %	22,3%

No processo de peletização, não somente o tamanho de partícula é importante, mas também a uniformidade no tamanho das partículas é relevante para determinar a sua influência no desempenho das aves (Amerah *et al.*, 2007a). Apesar de ser um tema bastante importante, pouca atenção se tem dado à uniformidade das partículas. Uma maior uniformidade das partículas poderá resultar em um menor tempo das aves procurando e selecionando partículas maiores, beneficiando assim o seu desempenho.

## **4.2 Qualidade do pélete**

### **4.2.1 Método Embrapa de avaliação da peletização (MEP)**

É de fundamental importância o controle de qualidade do processo de peletização para que os péletes mantenham sua integridade maximizada, sem que ocorra a produção de finos durante o transporte e o manuseio das rações, refletindo no campo a maximização do desempenho das aves devido à alta densidade nutricional dos péletes de maior qualidade física.

Conforme pode ser observado na tabela 7, existe grande influencia da granulometria dos ingredientes e do valor de energia metabolizável sobre a qualidade do pélete.

Tabela 7 – Percentual de péletes íntegros das rações iniciais e de crescimento de acordo com o MEP distribuídos nos tratamentos

Fase de Criação	Tratamentos		MEP (%)
	Granulometria	Valor de Energia (kcal/kg)	
Fase inicial (1 a 21 dias)	Fina	2900	89,76
	Fina	3000	78,77
	Média	2900	98,77
	Média	3000	89,88
	Grossa	2900	88,05
	Grossa	3000	81,90
Fase de crescimento (23 a 42 dias)	Fina	3100	89,63
	Fina	3200	76,99
	Média	3100	79,74
	Média	3200	66,97
	Grossa	3100	74,15
	Grossa	3200	65,97

De acordo com Schmidt et al. (2004) uma ração com péletes de má qualidade pode ser responsável pela piora de até 13% na conversão alimentar das aves, quando comparada a rações peletizadas de boa qualidade.

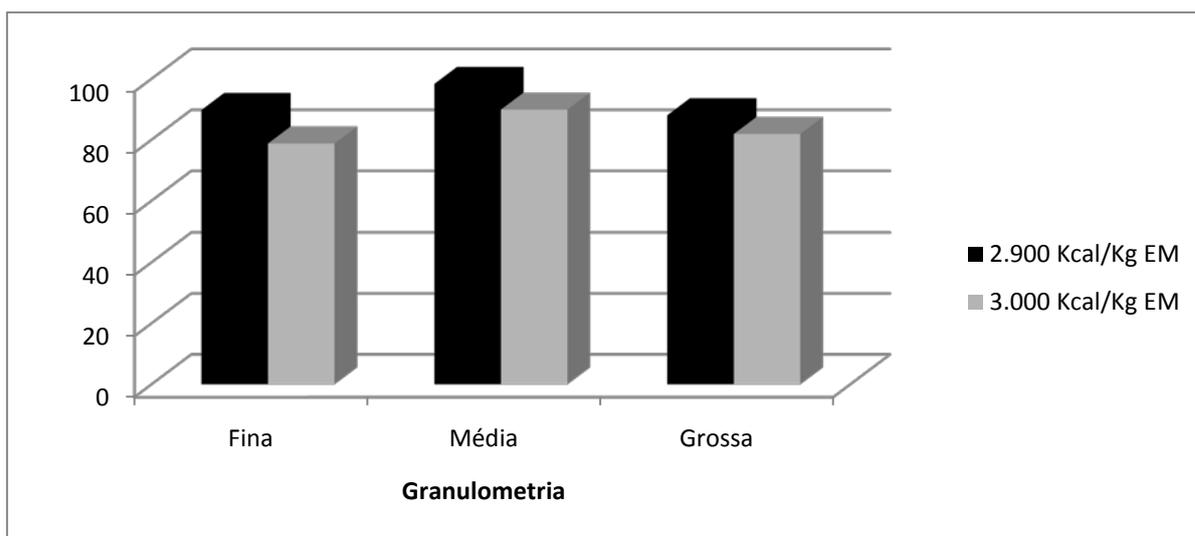


Figura 7: Percentual de péletes íntegros, segundo o MEP de acordo com os tratamentos para a fase inicial

Independente da fase de criação, inicial (Figura 6) ou crescimento (Figura 7), ao aumentar o grau de moagem dos ingredientes, ou seja, a granulometria e/ou o valor de energia da ração houve uma piora na qualidade dos péletes.

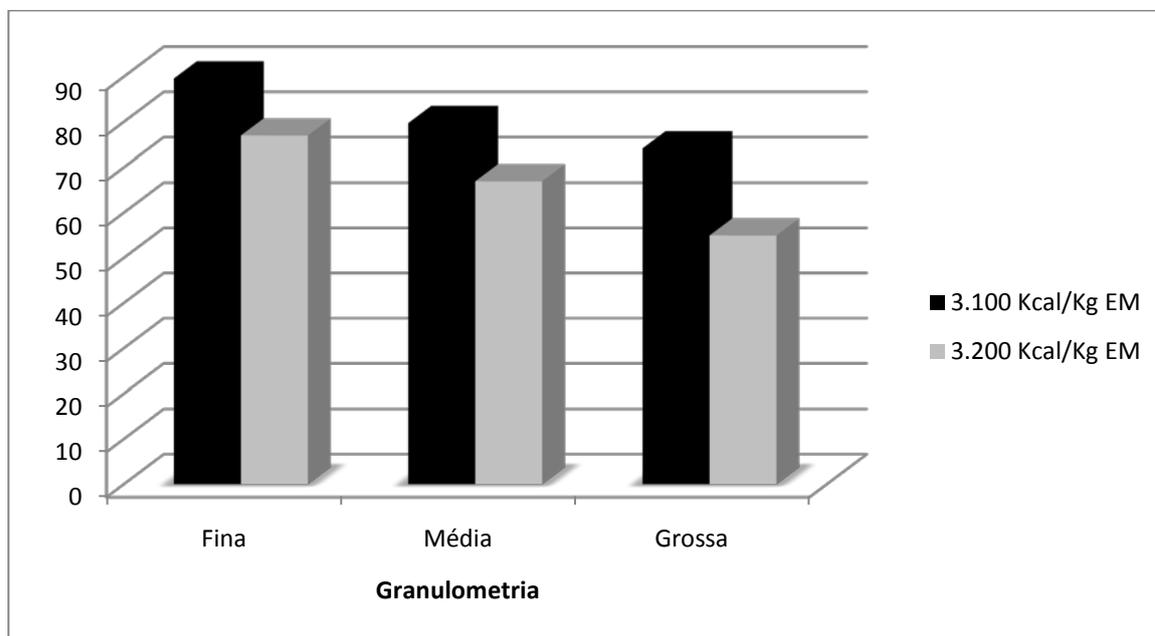


Figura 8: Percentual de péletes íntegros, segundo o MEP de acordo com os tratamentos para a fase de crescimento

Mesmo com a influência destes fatores, as rações experimentais apresentaram percentual de péletes íntegros acima de 65%. Este resultado pode ser considerado bom, mas longe do ideal (superior a 85%), pois de acordo com Mckinney e Teeter (2002) rações contendo apenas 20% de péletes íntegros diminuem a preferência e a habilidade das aves em selecionar péletes. Segundo esses mesmos autores, a utilização de rações com o percentual de péletes íntegros acima de 40% resulta em maior ganho de peso e melhor conversão alimentar quando comparados a rações fareladas. Mckinney e Teeter (2004) ressaltaram que à medida que se melhora a qualidade do pélete, é gasto menos tempo de consumo pelas aves, o que representa uma redução da atividade, e conseqüentemente, melhora no aproveitamento da energia (maior valor calórico real) levando a uma maior deposição de tecidos.

#### 4.2.1 Índice de durabilidade do pélete (PDI)

Os valores de PDI encontram-se na tabela 8.

Tabela 8 – Percentual de péletes íntegros das rações iniciais e de crescimento de acordo com PDI distribuídos nos tratamentos

Fase de Criação	Tratamentos		PDI (%)
	Granulometria	Valor de Energia (kcal/kg)	
Fase inicial (1 a 21 dias)	Fina	2900	81,50
	Fina	3000	70,30
	Média	2900	90,40
	Média	3000	60,90
	Grossa	2900	76,50
	Grossa	3000	68,00
Fase de crescimento (23 a 42 dias)	Fina	3100	78,10
	Fina	3200	72,50
	Média	3100	79,30
	Média	3200	73,00
	Grossa	3100	84,40
	Grossa	3200	71,10

Assim como o MEP, conforme pode ser observado na tabela 8, o PDI também é influenciado pelo aumento do grau de moagem dos ingredientes, assim como, o aumento dos níveis de energia da ração.

Observa-se uma média de 74,6 e 76,4% para a fase inicial e de crescimento, respectivamente. Era esperada uma piora na qualidade do pélete nas rações de crescimento devido o aumento do valor de energia. Está melhora na qualidade do pélete nas rações de crescimento quando comparada as rações iniciais pode estar ligada à temperatura da peletização (Tabela 4) que para as rações da fase inicial foram bem abaixo do preconizado.

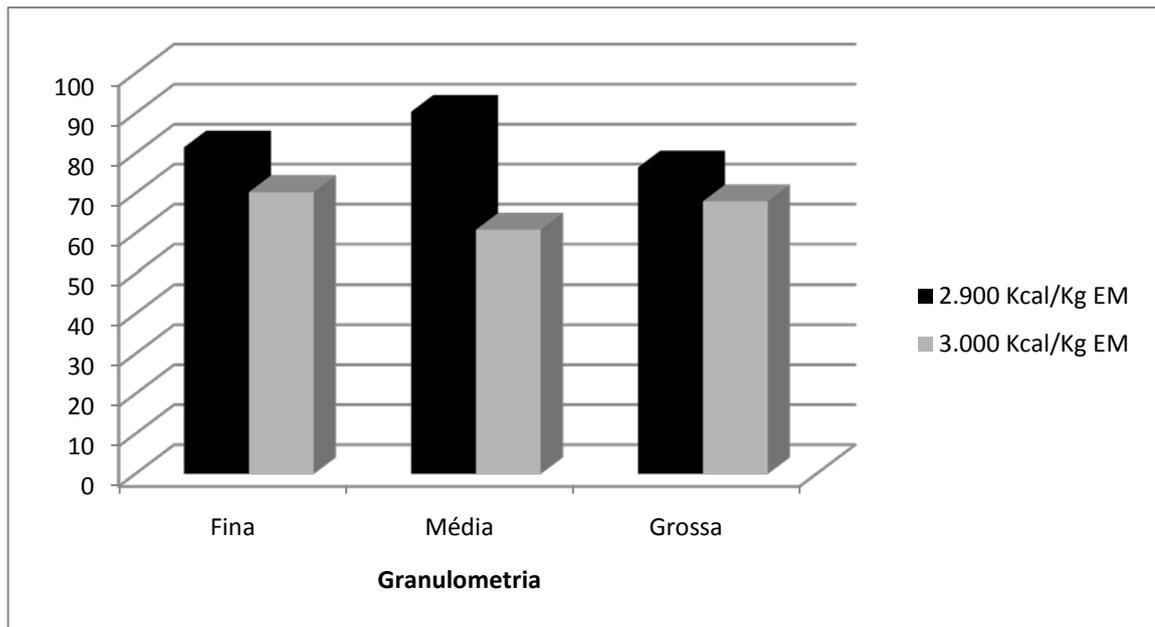


Figura 9: Percentual de péletes íntegros, segundo o PDI de acordo com os tratamentos para a fase inicial

O aumento do valor de energia metabolizável acarretou numa piora da qualidade destes péletes, com a redução do percentual de péletes íntegros, ou seja, o percentual do PDI, independente da fase de criação, seja ela inicial (Figura 9) ou de crescimento (Figura 10). O efeito da granulometria foi contraditório, pois a passagem da granulometria fina para a média melhorou a qualidade do pélete. Este resultado pode ter sido influenciado pela falta de repetibilidade da análise de PDI.

Nesta avaliação, a moagem grosseira dos grãos não prejudicou a durabilidade dos péletes como observado na figura 10, onde o PDI para a granulometria grossa com o valor de 3.100 Kcal de EM/kg de ração, apresentou resultado superior aos demais tratamentos. Essa observação é relatada por diversos trabalhos na literatura (Reece et al., 1986b; Peron et al., 2005; Amerah et al., 2008). Este resultado demonstra que o método PDI pode não ser o melhor para avaliar a qualidade do processamento, pois o procedimento de peneirar a ração mascara a quantidade de finos já presentes na amostra. Neste trabalho, rações com granulometria grossa apresentaram valores altos de PDI e valores baixos de MEP. Nestas rações, durante o período experimental, era visível o alto percentual de finos.

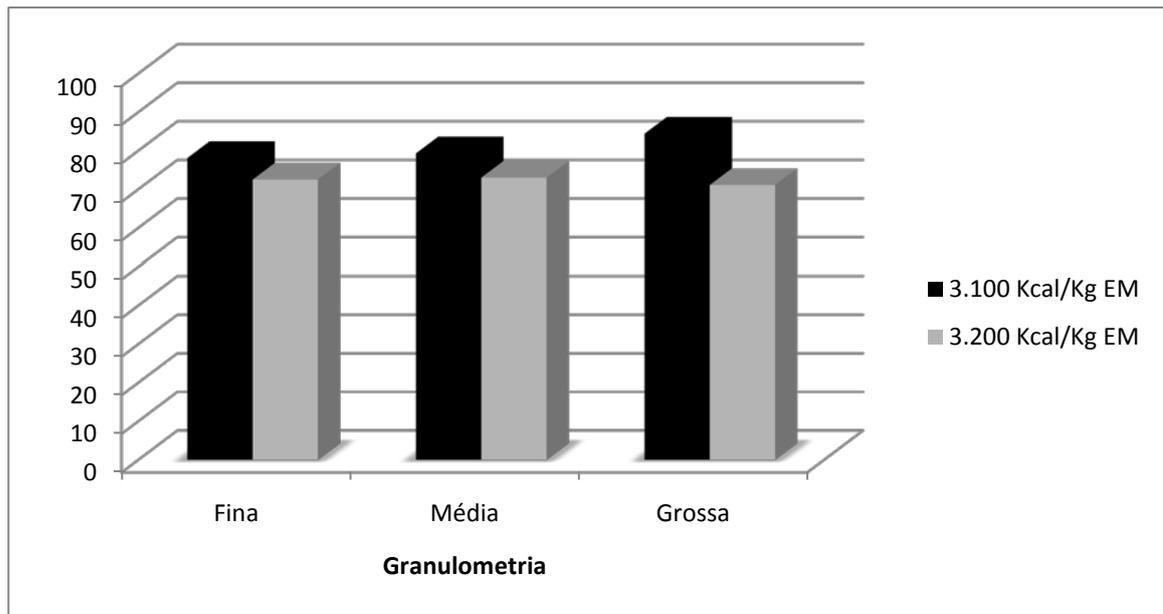


Figura 10: Percentual de péletes íntegros, segundo o PDI de acordo com os tratamentos para a fase de crescimento

Um menor tamanho das partículas dos ingredientes oferece mais superfície para a absorção de umidade proveniente do vapor durante o processo de peletização, resultando em melhor lubrificação da matriz da peletizadora, conseqüentemente, melhora da taxa de produção. Por outro lado, partículas de maior tamanho resultam em pontos naturais de quebra dos péletes, gerando assim um maior percentual de finos (Behnke, 2001).

Segundo McKinney e Teeter (2004), com o aumento da qualidade do pélete, o valor calórico efetivo aparente da dieta fica maior, poupando assim, um gasto energético atribuído ao processo de peletização, de 187 kcal/kg EM a 76 kcal/kg EM, em rações variando de 100 a 20% a relação entre péletes íntegros e finos, o que comprova a importância de obter-se um pélete de boa qualidade.

## 4.3 Experimento I: Digestibilidade dos nutrientes

### 4.3.1 Fase inicial (15 a 18 dias de idade)

#### 4.3.1.1 Digestibilidade dos nutrientes

##### 4.3.1.1.1 Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS)

Os dados dos CDMS, para a fase inicial, encontram-se na tabela 9.

Tabela 9 – Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS), em percentual, das rações peletizadas/trituradas, em função da granulometria do milho e do valor de energia para frangos de corte, no período de 15 a 18 dias de idade

		Valor de energia (kcal/kg)		Média (%)	CV (%)
		2.900	3.000		
Granulometria do milho	Fina	74,14	73,69	73,92 A	2,04
	Média	72,74	74,89	73,81 A	
	Grossa	73,41	75,69	74,55 A	
	Média (%)	73,43 b	74,76 a		

Médias com letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ )

Não houve interação significativa ( $P > 0,05$ ) entre a granulometria do milho e o valor de energia sobre o CDMS.

Independente da granulometria do milho houve efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) do valor de energia da dieta sobre o CDMS, onde o aumento do valor de energia da ração proporcionou maior digestibilidade da MS. Este resultado pode ser explicado em função da melhora da digestibilidade dos nutrientes com o aumento do valor de energia ou maior inclusão de óleo. Esta melhora na digestibilidade é devido aos efeitos extracalóricos oriundos do aumento do valor energético, assim como descrito por Franco (1992) e Pucci et al. (2003).

Independente dos níveis de energia, não houve efeito significativo da granulometria do milho ( $P > 0,05$ ) sobre o CDMS. Dahlke (2000) verificou que o efeito da granulometria é mais visível nas rações fareladas do que nas peletizadas e os benefícios da peletização são mais evidenciados em relação à farelada, quando em ambas os ingredientes são finamente moídos. Dietas fareladas com granulometrias grosseiras diminuem as diferenças de desempenho em relação às peletizadas, basicamente devido à maior facilidade da ave ingerir e deglutir partículas de maior tamanho.

O resultado encontrado no presente trabalho vão contra aos encontrados por (Krabbe, 2000; Rocha et al. 2003; López, 2004; Xavier et al., 2008; Favero, 2009) que verificaram melhora na digestibilidade da MS com o aumento do DGM das rações, em rações peletizadas.

Os resultados para o CDMS deste trabalho estão de acordo com os obtidos por Rodrigues et al. (2007), que afirmaram que a digestibilidade da matéria seca pode variar entre 70 e 75%, o que em condições de campo, permite uma maior área de atuação dos nutricionistas, permitindo assim, buscar a redução da excreção de elementos potencialmente poluentes.

#### 4.3.1.1.2 Coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB)

Os dados dos CDPB, para a fase inicial, encontram-se na tabela 10.

Tabela 10 – Coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), em percentual, das rações peletizadas/trituradas, em função da granulometria do milho e do valor de energia para frangos de corte, no período de 15 a 18 dias de idade

		Valor de energia (kcal/kg)		CV (%)
		2.900	3.000	
<b>Granulometria do milho</b>	<b>Fina</b>	53,24 Ba	49,16 Bb	
	<b>Média</b>	51,50 Bb	59,38 Aa	4,76
	<b>Grossa</b>	59,47 Aa	57,44 Aa	

Médias com letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ )

Houve interação significativa ( $P \leq 0,05$ ) entre a granulometria do milho e o valor de energia da dieta sobre o CDPB. As aves alimentadas com o menor valor de energia e granulometria grossa apresentaram melhor digestibilidade da proteína bruta quando comparada às demais granulometrias no mesmo valor de energia. A melhora no CDPB para granulometrias mais grosseiras está ligada ao tempo de retenção desse alimento moído mais grosseiro nos órgãos digestivos das aves. Essa maior retenção faz com que o alimento permaneça maior tempo em contato com as enzimas digestivas e com as vilosidades do intestino, maximizando assim, a digestão e absorção dos nutrientes.

As aves alimentadas com o maior valor de energia e granulometria fina apresentaram pior digestibilidade da proteína bruta quando comparada com as demais granulometrias, que não diferiram entre si no mesmo valor de energia. De acordo com Noy e Sklan (1995), entre a segunda e a terceira semana de vida a proteólise não é suficiente o bastante para efetuar a hidrólise de proteínas endógenas e exógenas, e pode-se supor que os resultados encontrados relacionam-se a uma menor

digestibilidade da proteína, que pode ter interferido na digestibilidade dos nutrientes de forma geral. Hulan e Bird (1972) reportaram que o alto valor de gordura na dieta leva a menor atividade da protease no suco pancreático, podendo ser a causa da baixa digestibilidade da PB. Outra possível justificativa seria o aumento na velocidade de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal da ave proporcionado pela adição de óleo na dieta e pelo menor tamanho da partícula. Além disso, partículas finamente moídas podem sofrer mais com o aumento da temperatura em função da maior área de superfície exposta (Helmbrecht, 2011).

A digestibilidade da proteína bruta foi afetada de diferentes formas pelo aumento do valor de energia e pelas granulometrias das rações. O CDPB piorou na ração de granulometria fina ao se aumentar a energia ( $P > 0,05$ ), melhorou na ração de granulometria média ao se aumentar a energia ( $P < 0,05$ ) e não se alterou na ração de granulometria grossa ( $P > 0,05$ ). Esta resposta, também, pode ser explicada pela diferença no tempo de passagem do alimento no trato gastrointestinal do animal, onde uma granulometria mais grosseira e uma maior adição de óleo na ração acarretam num maior tempo de trânsito ficando mais tempo em contato com as enzimas digestivas, consequentemente, melhorando sua digestibilidade.

Os valores encontrados para o CDPB equivalem-se aos encontrados por Freitas et al. (1999) que observaram valores inferiores a 60% entre a segunda e a terceira semana.

#### 4.3.1.1.3 Coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo (CDEE)

Os dados dos CDEE, para a fase inicial, encontram-se na tabela 11.

Tabela 11 – Coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo (CDEE), em percentual, das rações peletizadas/trituradas, em função da granulometria do milho e do valor de energia para frangos de corte, no período de 15 a 18 dias de idade

		Valor de energia (kcal/kg)		CV (%)
		2.900	3.000	
<b>Granulometria do milho</b>	<b>Fina</b>	94,29 Aa	92,51 Ab	0,93
	<b>Média</b>	90,61 Bb	92,98 Aa	
	<b>Grossa</b>	93,84 Aa	93,51 Aa	

Médias com letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ )

Houve interação ( $P \leq 0,05$ ) entre a granulometria do milho e o valor de energia da dieta sobre o CDEE. As aves alimentadas com o menor valor de energia e granulometria média apresentaram pior

digestibilidade do extrato etéreo quando comparada às demais granulometria dentro do mesmo valor de energia.

Nas aves alimentadas com o maior valor de energia, não houve influência ( $P>0,05$ ) das granulometrias sobre o CDEE. Isso se dá devido o efeito da granulometria ser mais visível nas rações fareladas do que nas peletizadas (Dahlke, 2000).

A digestibilidade do EE foi afetada de diferentes formas pelo aumento de energia e pelas granulometrias das rações, repetindo os resultados do CDPB. O CDEE piorou na ração de granulometria fina ao se aumentar a energia ( $P\leq 0,05$ ), melhorou na ração de granulometria média ao se aumentar o valor de energia ( $P\leq 0,05$ ) e não se alterou na ração de granulometria grossa ( $P>0,05$ ). Estes resultados, assim como os encontrados para o CDPB, podem estar relacionados com o tempo de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal da ave e pela adição de óleo. Segundo Andreotti et al. (2004), a adição de óleo na ração para aves aumenta a velocidade de passagem do alimento, mesmo efeito observado para rações com granulometria fina, ou seja, dois fatores que podem prejudicar a digestibilidade.

Os resultados obtidos no presente trabalho, independente do tratamento, são superiores aos encontrados por Freitas et al. (1999) que, utilizando dietas contendo 0 e 3% de óleo de soja encontraram CDEE de aproximadamente 88%. Pucci et al. (2003), encontraram resultados próximos aos de Freitas et al. (1999), onde observaram que uma inclusão de 2,5% de óleo proporcionava um CDEE de 87,5%, resultado este, também inferior ao encontrado no presente trabalho. De acordo com Sakomura (1996), o óleo adicionado às dietas com farelo de soja, por estar na forma livre, também proporciona melhores condições para o aproveitamento da gordura, além de promover uma digestão e absorção mais completa da ração.

#### **4.3.1.1.4 Energia metabolizável aparente (EMA)**

Houve interação ( $P\leq 0,05$ ) entre a granulometria do milho e o valor de energia da dieta sobre EMA, conforme demonstrado na tabela 12. Para as rações onde não houve a adição de óleo de soja, não houve diferença entre as granulometrias sobre a EMA. Já para as rações nas quais houve a adição de 2% de óleo vegetal, as rações de granulometria média e grossa apresentaram maior valor de EMA quando comparada com a ração de granulometria fina. Esta diferença entre granulometrias poder ser explicada pelo efeito negativo do aumento da velocidade de passagem sinérgico entre granulometria fina e adição de óleo na ração.

Tabela 12 – Valores de energia metabolizável aparente (EMA), em kcal/kg na MS em percentual, das rações peletizadas/trituradas, em função da granulometria do milho e do valor de energia para frangos de corte, no período de 15 a 18 dias de idade

		Valor de energia (kcal/kg)		CV (%)
		2.900	3.000	
<b>Granulometria do milho</b>	<b>Fina</b>	3.592,77 Ab	3.693,72 Ba	1,58
	<b>Média</b>	3.526,35 Ab	3.864,87 Aa	
	<b>Grossa</b>	3.582,58 Ab	3.818,13 Aa	

Médias com letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ )

Em relação ao valor de energia da ração, houve melhora ( $P \leq 0,05$ ) sobre o valor de EMA para todas as granulometrias ao aumentar do valor de energia da ração, o que era esperado devido ao aumento do valor de energia metabolizável da ração, sem o efeito negativo do aumento da velocidade de passagem proporcionado principalmente pela ração com granulometria fina.

De acordo com Nir et al. (1994a), a peletização reduz o gasto de energia das aves para o consumo proporcionando redução na energia de manutenção e aumentando a energia líquida de produção, o que favorece a energia disponível para o ganho. McKinney e Teeter (2004) observaram que, além de favorecer o consumo de ração, a peletização aumenta a eficiência de retenção da energia metabolizável aparente.

Os resultados encontrados nesta pesquisa estão de acordo com as afirmações de alguns pesquisadores (Moran, 1987, e Zelenka, 2003) de que um dos benefícios da peletização para frangos de corte é o aumento no valor das EM das rações, em decorrência da maior digestibilidade dos nutrientes e facilidade de consumo.

#### **4.3.1.1.5 Energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn)**

Houve interação ( $P \leq 0,05$ ) entre a granulometria do milho e o valor de energia sobre a EMAn. Estando apresentados os valores de EMAn, para a fase inicial, na tabela 13.

Tabela 13 – Valores de energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn), em kcal/kg na MS, em percentual, das rações peletizadas/trituradas, em função da granulometria do milho e do valor de energia para frangos de corte, no período de 15 a 18 dias de idade

		Valor de energia (kcal/kg)		CV (%)
		2.900	3.000	
Granulometria do milho	Fina	3.356,63 Ab	3.478,10 Ba	1,64
	Média	3.330,16 Ab	3.619,17 Aa	
	Grossa	3.317,75 Ab	3.583,17 Aa	

Médias com letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ )

Para as diferentes granulometrias, para o valor de 2.900 kcal/kg EM, não houve efeito significativo ( $P > 0,05$ ) sobre a resposta estudada. Para o valor de 3.000 kcal/kg EM, houve redução ( $P \leq 0,05$ ) do valor de EMAn para a granulometria fina, o que pode estar relacionado ao efeito sinérgico da menor granulometria com a adição sobre a redução do tempo de trânsito do alimento. Trabalhos avaliando o efeito do tamanho da partícula de cereais sobre a EMAn têm mostrado que a granulometria dos cereais influencia na metabolizabilidade da energia (Krabbe, 2000; Parson et al., 2006; Favero, 2009), resultados estes que diferem aos encontrados pelo presente trabalho.

A correlação dos valores de energia pelo balanço de nitrogênio mostrou-se valores de energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio, em média, 6,3% menores que os valores de EMA. Resultado este semelhante aos encontrados por Leeson e Summers (2001) que observaram valores entre 6 a 7% menores para aves em balanço positivo de energia. Porém, Lara (2007) encontrou uma redução de 5% nos valores de EMAn, resultado que difere do presente estudo.

#### 4.3.1.2 Correlação entre a coleta total e o uso da lignina purifica de eucalipto (LIPE®)

Para a verificação da eficácia do uso do LIPE® como indicador para a determinação do coeficiente de digestibilidade dos nutrientes e os valores de energia em frangos de corte, se correlacionou as respostas encontradas pela coleta total e as encontradas através do uso do indicador. Na tabela 14 encontram-se os valores de correlação entre as respostas estudadas.

Tabela 14 – Correlação (%) entre os valores do coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS), coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo (CDEE), energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) determinados pela método de coleta total e com o uso da lignina purificada de eucalipto (LIPE®)

	<b>Lignina Purificada de Eucalipto (LIPE®)</b>				
	<b>CDMS</b>	<b>CDPB</b>	<b>CDEE</b>	<b>EMA</b>	<b>EMAn</b>
<b>Coleta Total</b>	-	67,35	90,06	99,45	99,34

Valores de correlação apresentados são significativos a  $P \leq 0,01$

Para a variável CDMS a correlação entre os dois métodos não foi significativa ( $P > 0,05$ ). Para as variáveis CDPB a correlação encontrada foi mediana (entre 30 e 70%), positiva e significativa ( $P < 0,01$ ). Para o CDEE, EMA e EMAn as correlações entre os dois métodos foram fortes (acima de 70%), também positivas, e significativas ( $P < 0,01$ ). Isso se deu devido à proximidade entre os resultados encontrados pelos dois métodos.

Ao considerar as duas metodologias como tratamentos e comparar as mesmas variáveis através da análise de variância, pode-se observar que não houve diferenças ( $P > 0,05$ ) entre as variáveis estudadas, exceto a EMAn, conforme pode ser observado na tabela 15.

Tabela 15 – Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS), coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo (CDEE), energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) de acordo com as metodologias utilizadas

<b>Metodologia</b>	<b>CDMS (%)</b>	<b>CDPB (%)</b>	<b>CDEE (%)</b>	<b>EMA (kcal/kg)</b>	<b>EMAn (kcal/kg)</b>
<b>Coleta total</b>	74,09 a	55,03 a	92,96 a	3.679,74 a	3.447,58 b
<b>LIPE®</b>	73,88 a	54,57 a	92,83 a	3.707,87 a	3.562,24 a
<b>CV (%)</b>	2,19	8,64	1,55	3,66	3,68

Médias com letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste F ( $P \leq 0,05$ )

Na tabela 15, o uso do LIPE® para determinar o coeficiente de digestibilidade dos nutrientes e a energia para frangos de corte na fase inicial apresentou resultados semelhantes à metodologia de coleta total de excretas, exceto para o valor de EMAn. Essa diferença encontrada entre as duas metodologias pode ser oriunda do valor de nitrogênio mensurado, já que o valor do coeficiente de variação encontrado para o CDPB foi um pouco elevado.

### 4.3.2 Fase de crescimento (30 a 33 dias de idade)

Ao início do período de coletas, o peso médio dos frangos era de  $2,023 \pm 0,039$  kg, não havendo influência dos tratamentos sobre o peso médio.

#### 4.3.2.1 Digestibilidade dos nutrientes

##### 4.3.2.1.1 Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS)

Os dados dos CDMS, para a fase de crescimento, encontram-se na tabela 16.

Tabela 16 – Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS), em percentual, das rações peletizadas, em função da granulometria do milho e do valor de energia para frangos de corte, no período de 30 a 33 dias de idade

		Nível de energia (kcal/kg)		CV (%)
		3.100	3.200	
Granulometria do milho	Fina	74,92 Ab	76,55 Aa	
	Média	74,67 Aa	74,95 Ba	1,09
	Grossa	74,37 Ab	76,54 Aa	

Médias com letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ )

Houve interação entre a granulometria do milho e o valor de energia da dieta sobre o CDMS ( $P \leq 0,05$ ). Para o valor de 3.100 Kcal de EM/Kg de ração, não foi observado efeito da granulometria sobre o CDMS, para o valor de 3.200 Kcal de EM/Kg de ração, a granulometria média apresentou o pior CDMS.

As rações com granulometria fina e grossa apresentaram melhora no CDMS quando se aumentou o valor de energia da ração de 3.100 kcal de EM para 3.200 Kcal, a granulometria média não foi afetada pelo aumento de energia. Esta melhora pode estar relacionada ao efeito extracalórico da adição do óleo, que geralmente se reflete em melhora da utilização dos nutrientes da ração e consequente melhora no desempenho. Este resultado discorda dos observados por Andreotti et al. (2004) não verificaram diferença na metabolização da matéria seca com a adição de óleo de soja na ração.

Os resultados encontrados para o CDMS são semelhantes aos achados de Andreotti et al. (2004) e López e Baião (2004).

#### 4.3.2.1.2 Coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB)

Os dados dos CDPB, para a fase de crescimento, encontram-se na tabela 17.

Tabela 17 – Coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), em percentual, das rações peletizadas, em função da granulometria do milho e do valor de energia para frangos de corte, no período de 30 a 33 dias de idade

		Valor de energia (kcal/kg)		CV (%)
		3.100	3.200	
Granulometria do milho	Fina	52,87 Ba	54,84 Ba	
	Média	56,99 Aa	56,54 Ba	3,34
	Grossa	59,70 Ab	63,88 Aa	

Médias com letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ )

Houve interação entre a granulometria do milho e o valor de energia da dieta sobre o CDPB ( $P \leq 0,05$ ). Foi observada melhora do CDPB com o aumento da granulometria de fina para média no menor valor de energia e da média para a grossa no valor mais alto de energia. Quando se comparam os resultados pelo valor de energia, verifica-se uma superioridade na digestibilidade da proteína bruta para a granulometria grossa no valor de 3.200 Kcal EM. Já para o valor de 3.100 Kcal EM, essa melhora já foi observada a partir da granulometria média.

Nir et al. (1995) sugerem que a degradação das partículas no intestino delgado proximal é mais lenta quando as partículas da ração são maiores, conseqüentemente, o peristaltismo aumenta, o que pode levar a uma melhor digestibilidade dos nutrientes, o que pode explicar os resultados do presente experimento. Isso foi confirmado por Yasar (2003) ao relatar que as partículas de maior tamanho melhoram a digestibilidade da proteína em função do melhor controle de tempo do trânsito intestinal pelo esvaziamento da moela, confirmado neste experimento. Assim, como na fase inicial, essas partículas finamente moídas podem ter sofrido mais com o aumento da temperatura em função da maior área de superfície exposta, assim como descrito por Helmbrech (2011).

Em relação aos níveis de energia, exceto para a granulometria grossa na ração com valor de 3.100 Kcal/kg de EM que apresentou redução no CDPB em relação à ração com 3.200 kcal EM/kg, os resultados foram estatisticamente semelhantes. Andreotti et al. (2004) verificaram que não houve efeito do valor de adição de óleo sobre a retenção de nitrogênio.

#### 4.3.2.1.3 Coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo (CDEE)

Os dados dos CDEE, para a fase de crescimento, encontram-se na tabela 18.

Tabela 18 – Coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo (CDEE), em percentual, das rações peletizadas, em função da granulometria do milho e do valor de energia para frangos de corte, no período de 30 a 33 dias de idade

		Valor de energia (kcal/kg)		Média (%)	CV (%)
		3.100	3.200		
Granulometria do milho	Fina	93,91	94,41	94,17 A	1,04
	Média	93,56	95,54	94,55 A	
	Grossa	93,35	94,38	93,87 A	
	Média (%)	93,61 b	94,78 a		

Médias com letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ )

Não houve interação significativa ( $P > 0,05$ ) entre a granulometria do milho e o valor de energia sobre o CDEE, devido a isso, os resultados serão discutidos nas médias dos tratamentos.

Independente dos níveis de energia, não houve efeito significativo ( $P > 0,05$ ) da granulometria sobre o CDEE. López (1999 e 2004), ao avaliar o efeito da granulometria da ração e da forma física da ração, não observou diferenças na digestibilidade do EE quando comparou rações com granulometria grossa e fina, e grossa e média, respectivamente.

Independente da granulometria houve efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) do valor de energia da dieta resultou em melhora do CDEE. Este resultado pode ser explicado devido ao efeito da maior inclusão de óleo nas rações favorecendo a digestibilidade destas e conseqüentemente melhorando a conversão alimentar das aves, observada com o aumento do valor de energia da dieta. De acordo com Peisker (1994), a gordura natural do alimento que é liberada com a peletização da ração resulta numa maior acessibilidade desta para as enzimas digestivas, o que proporciona uma melhor digestibilidade da gordura. Segundo esse mesmo autor, esta melhora no CDEE provavelmente permite o aumento da EM do alimento, que pode ser de aproximadamente de 2 a 4%, dependendo da composição da ração.

#### 4.3.2.1.4 Energia metabolizável aparente (EMA)

Os valores de EMA, para a fase de crescimento, encontram-se na tabela 19.

Tabela 19 – Valores de energia metabolizável aparente (EMA), em Kcal/kg da MS, das rações peletizadas, em função da granulometria do milho e do valor de energia para frangos de corte, no período de 30 a 33 dias de idade

		Valor de energia (kcal/kg)		CV (%)
		3.100	3.200	
Granulometria do milho	Fina	3.711,17 Ab	3.865,01 Ba	0,99
	Média	3.663,09 Ab	3.855,42 Ba	
	Grossa	3.524,61 Bb	3.959,08 Aa	

Médias com letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ )

Foi constatada interação entre a granulometria do milho e o valor de energia da dieta sobre EMA ( $P \leq 0,05$ ). Em relação ao valor de energia da ração observou-se aumento na EMA com o aumento do valor energético da ração.

Em relação à granulometria do milho, para o valor de 3.100 Kcal/kg de ração, a ração com maior granulometria apresentou o menor valor ( $P \leq 0,05$ ) de EMA quando comparada as outras granulometrias. Para o valor de 3.200 kcal/Kg de ração, o valor de EMA determinado nas rações com granulometria do milho fina e média foram aproximadamente 2,5% menor ( $P \leq 0,05$ ) ao valor determinado para as rações de granulometria grossa. Isso se deve a menor velocidade de passagem do alimento da moela para o intestino delgado (Ravindran et al., 2006) e da quantidade de partículas de maior tamanho transitando na moela, facilitando a digestão e a ação das enzimas (Lentle, 2005). Resultados semelhantes foram encontrados por Ribeiro et al. (2002).

Em relação aos valores de energia, como era esperado com o aumento da adição de óleo na ração observou-se maior valor da EMA ( $P \leq 0,05$ ).

#### 4.3.2.1.5 Energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn)

Os valores de EMAn, para a fase de crescimento, encontram-se na tabela 20.

Tabela 20 – Valores de energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn), em kcal/kg da MS, das rações peletizadas, em função da granulometria do milho e do valor de energia para frangos de corte, no período de 30 a 33 dias de idade

		Valor de energia (kcal/kg)		CV (%)
		3.100	3.200	
Granulometria do milho	Fina	3.587,08 Ab	3.751,29 Ba	0,93
	Média	3.522,94 Bb	3.720,72 ABa	
	Grossa	3.376,08 Cb	3.786,31 Aa	

Médias com letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ )

Observou-se interação significativa ( $P \leq 0,05$ ) entre a granulometria do milho e o valor de energia sobre a EMAn. Houve melhora ( $P \leq 0,05$ ) nos valores de EMAn com o aumento do valor de energia da ração. Em relação às granulometrias, para o valor de 3.100 kcal/kg de ração houve piora ( $P \leq 0,05$ ) nos valores de EMAn determinado. Este efeito da granulometria sobre a EMAn está de acordo com os resultados apresentados por Krabbe (2000), Parson et al. (2006) e Favero (2009) que observaram a influencia do tamanho da partícula dos cereais sobre a metabolizabilidade da energia. Para o valor de 3.200 Kcal/kg de ração houve melhora da EMAn ( $P \leq 0,05$ ) com o aumento da granulometria do milho, apresentando a granulometria grossa maior valor da EMAn quando comparada a granulometria fina, a granulometria média apresentou resultados semelhantes às demais granulometrias.

Diferente da fase inicial, os valores de energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio foram, em média, 3,7% menores que os valores de EMA. Resultado inferior dos encontrados por Lara (2007) que encontrou uma redução de 5% nos valores de EMAn e Leeson e Summers (2001) que encontraram valores entre 6 a 7% menores para aves em balanço positivo de energia.

#### 4.3.2.2 Correlação entre a coleta total e o uso da lignina purifica de eucalipto (LIPE®)

Para a avaliação da eficácia do uso do LIPE® como indicador para a determinação do coeficiente de digestibilidade dos nutrientes e os valores de energia em frangos de corte, foram correlacionados as resposta encontradas pelas duas metodologias. Na tabela 21 encontram-se os valores de correlação entre as respostas estudadas.

Tabela 21 – Correlação (%) entre os valores do coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS), coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo (CDEE), energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) determinados pela método de coleta total e com o uso da lignina purificada de eucalipto (LIPE®)

<b>Lignina Purificada de Eucalipto (LIPE®)</b>					
	<b>CDMS</b>	<b>CDPB</b>	<b>CDEE</b>	<b>EMA</b>	<b>EMAn</b>
<b>Coleta Total</b>	-	88,02	93,53	93,67	94,91

Valores de correlação apresentados são significativos a  $P \leq 0,01$

Para a variável CDMS a correlação entre as metodologias não foi significativa ( $P > 0,05$ ). Para as demais variáveis (CDPB, CDEE, EMA e EMAn) as correlações encontradas foram fortes (acima de 70%), positivas e significativas ( $P < 0,01$ ). Isso se deu devido à proximidade entre os resultados encontrados, mesmo com as diferenças estatísticas encontradas pelos dois métodos.

Ao considerar apenas as duas metodologias como tratamentos, ao comparar as mesmas variáveis (CDMS, CDPB, CDEE, EMA e EMAn) através da análise de variância, pode-se observar que não houve diferenças significativas pelo teste F ( $P > 0,05$ ), conforme ilustrado na tabela 22.

Tabela 22 – Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS), coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo (CDEE), energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) de acordo com as metodologias utilizadas

<b>Metodologia</b>	<b>CDMS (%)</b>	<b>CDPB (%)</b>	<b>CDEE (%)</b>	<b>EMA (kcal/kg)</b>	<b>EMAn (kcal/kg)</b>
<b>Coleta total</b>	75,33	57,47	94,19	3.763,06	3.624,07
<b>LIPE®</b>	75,77	58,09	94,20	3.777,94	3.637,36
<b>CV (%)</b>	1,40	7,21	1,19	3,81	3,92

Não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos pelo teste F ( $P > 0,05$ )

De acordo com os resultados apresentados na tabela 22, o uso do LIPE® para determinar o coeficiente de digestibilidade dos nutrientes e a energia das rações para frangos de corte na fase de crescimento apresentou resultados semelhantes à metodologia de coleta total de excretas. Este resultado é semelhante ao encontrado por Vasconcellos et al. (2007) para frangos de corte, também na fase de crescimento.

## 4.4 Experimento II: Desempenho zootécnico

### 4.4.1 Fase inicial (um a 21 dias de idade)

#### 4.4.1.1 Ganho de peso

Os resultados referentes ao ganho de peso (GP) dos frangos de corte de um a 21 dias de idade encontram-se descritos na tabela 23.

Tabela 23 – Ganho de peso (kg) dos frangos de corte de um a 21 dias de idade de acordo com os tratamentos

		Valor de energia (kcal/kg)		CV (%)
		2.900	3.000	
Granulometria do milho	Fina	0,967 Aa	0,958 Aa	2,05
	Média	0,878 Cb	0,966 Aa	
	Grossa	0,927 Bb	0,965 Aa	

Médias com letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ )

Houve interação ( $P \leq 0,05$ ) entre a granulometria do milho e os níveis de energia utilizados. Para o menor valor de energia, houve maior ganho de peso para ( $P \leq 0,05$ ) a granulometria fina e pior ganho de peso para a granulometria média. Para o valor de 3.000 Kcal/kg de EM, não houve efeito ( $P > 0,05$ ) da granulometria sobre o ganho de peso aos 21 dias de idade.

Com a granulometria fina, os dois valores energéticos resultaram em mesmo ganho de peso ( $P > 0,05$ ). Resultados semelhantes foram encontrados por Leeson et al. (1996) e Rocha et al. (2003) onde não verificaram efeito do aumento do valor energético sobre o ganho de peso. Bertechini et al. (1991) que trabalharam com níveis de energia variando de 2.800 a 3.200 Kcal/kg de EM e duas formas físicas (farelada e peletizada), verificaram que as aves que receberam ração peletizada, independente no valor de energia metabolizável da dieta, apresentaram ganho de peso semelhantes. No presente experimento, para a granulometria média e grossa, o aumento do valor de energia da ração proporcionou melhora no ganho de peso das aves aos 21 dias de idade, resultado este semelhante aos encontrados por Pucci et al. (2003) que verificaram aumento linear no ganho de peso das aves de um a 21 dias de idade à medida que os níveis de energia foram aumentados nas rações.

Resultados semelhantes foram obtidos por Amerah et al. (2007c) trabalhando com rações fareladas e peletizadas com duas granulometrias (839  $\mu$ m e 1164  $\mu$ m) e por Amerah et al. (2008) utilizando duas peneiras para a moagem do milho (peneiras de 1 e 7mm) ambos com valor energético de 3.000

kcal/kg de EM, que não verificaram diferenças entre as granulometrias, em ambos experimentos, sobre o ganho de peso.

Houve efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) da granulometria do milho onde para o valor de 2.900 kcal/kg de EM, houve piora no ganho de peso com o aumento da granulometria. Este resultado discorda ao encontrado por Bueno (2006) que verificou uma melhora no ganho de peso das aves com o aumento da granulometria.

López (2004) verificou melhoria do peso corporal, conseqüentemente do ganho de peso, para as aves alimentadas com rações com granulometria fina. Este autor cita que o efeito do grau do processamento da ração é aumentado devido à maior superfície de contato do alimento com o vapor e calor, provocando maiores mudanças na composição da ração, o que resultaria em melhor ganho de peso das aves.

A piora no ganho de peso das aves que receberam ração com granulometria média para o valor de 2.900 Kcal de EM/kg de ração, pode estar ligada à dureza dos péletes. De acordo com Nir e Pitichi (2001), péletes duros reduzem os efeitos benéficos da peletização para aves, ocasionando quedas no desempenho. Como pode ser observada, a ração em questão apresentou valores de MEP e PDI, de 98,77 e 90,40%, respectivamente. Esses valores, ao serem comparados aos demais valores, para uma mesma inclusão de óleo, mostram-se elevados, pois era esperado que os valores de MEP e PDI para a ração composta pela granulometria fina fossem mais elevados devido o efeito da granulometria sobre a qualidade do pélete. A digestibilidade de nutrientes, também, pode estar ligada a essa piora no ganho de peso, pois para essa ração houve piora na digestibilidade da PB e do EE, que estão diretamente relacionados ao desenvolvimento da ave.

#### **4.4.1.2 Consumo de ração**

Os resultados referentes ao consumo de ração (CR) pelos frangos de corte de um a 21 dias de idade encontram-se descritos na tabela 24.

Não houve interação entre a granulometria do milho e os valores de energia das rações ( $P > 0,05$ ) sobre o consumo de ração. Os tratamentos não influenciaram esta resposta.

Tabela 24 – Consumo de ração (kg) dos frangos de corte de um a 21 dias de idade de acordo com os tratamentos

		Valor de energia (kcal/kg)		Média	CV (%)
		2.900	3.000		
<b>Granulometria do milho</b>	<b>Fina</b>	1,391	1,321	1,356 A	3,94
	<b>Média</b>	1,347	1,305	1,326 A	
	<b>Grossa</b>	1,347	1,360	1,353 A	
<b>Média</b>		1,363 a	1,330 a		

Médias com letras iguais, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P>0,05$ )

Discordando dos resultados encontrados por Ribeiro et al. (2002), Parsons et al. (2003), Bueno (2006), Amerah et al. (2008) e Favero (2009) que verificaram diferenças no consumo quando alimentaram as aves rações com diferentes granulometrias, o presente experimento não verificou diferenças entre as granulometrias sobre o consumo de ração. Os resultados encontrados neste trabalho estão de acordo com Nir et al. (1995), Engberg et al. (2002) e Amerah et al. (2007c) que também não verificaram efeito da granulometria dos ingredientes em rações peletizadas sobre o consumo de ração.

Em relação ao valor de energia, também não houve influência ( $P>0,05$ ) dos níveis sobre o consumo de ração, resultado semelhante ao encontrado por Bertechini et al. (1991) que verificaram que para os níveis de 2.800 e 3.000 Kcal de EM/Kg de ração não diferiram entre si, devido ao fato que as aves na fase inicial não controlam bem o consumo de ração quando se altera o valor de energia da mesma. Estes resultados são contrários aos encontrados por Pucci et al. (2003) que observaram aumento linear no consumo de ração de acordo com o aumento do valor de energia.

#### 4.4.1.3 Conversão alimentar

Os resultados de conversão alimentar (CA) dos frangos de um a 21 dias de idade estão apresentados na tabela 25.

Houve interação ( $P\leq 0,05$ ) entre a granulometria dos ingredientes e o valor de energia da ração sobre a conversão alimentar.

Tabela 25 – Conversão alimentar (kg/kg) dos frangos de corte de um a 21 dias de idade de acordo com os tratamentos

		Valor de energia (kcal/kg)		CV (%)
		2.900	3.000	
<b>Granulometria do milho</b>	<b>Fina</b>	1,44 Ab	1,38 Aa	
	<b>Média</b>	1,54 Bb	1,35 Aa	3,25
	<b>Grossa</b>	1,45 Aa	1,41 Aa	

Médias com letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ )

Aves alimentadas com rações com valor de 2.900 kcal/kg de EM e granulometria média apresentaram pior conversão alimentar em relação às rações com granulometria fina e grossa. Diferente das aves alimentadas com rações com valor de 3.000 kcal/kg de EM que não tiveram suas conversões influenciadas pelas granulometrias. A piora da conversão alimentar na ração de granulometria média com um valor de 2.900 kcal/kg de EM está diretamente ligada à baixa digestibilidade da PB e EE desta ração, o que ocasionou um menor ganho de peso.

As aves alimentadas com rações com granulometria fina e média melhoraram a conversão alimentar com o aumento da energia. Era esperado que o aumento do valor de energia melhorasse a conversão alimentar, assim como ocorreu nas rações com granulometria fina e média e como observado por Leeson et al. (1996) e Pucci et al. (2003). Essa melhora da conversão alimentar devido ao aumento do valor energético da ração está relacionado ao efeito extracalórico, como por exemplo, a redução do incremento calórico, melhora na digestibilidade do extrato etéreo encontrado neste experimento, o que resultou numa maior utilização da energia para o crescimento.

Assim como no presente experimento, Amerah et al. (2007c), trabalhando com rações fareladas e peletizadas com duas granulometrias (839  $\mu\text{m}$  e 1164  $\mu\text{m}$ ) e com um valor energético de 3.000 kcal/kg de EM não verificaram efeito da granulometria sobre a conversão alimentar. Entretanto, Xavier et al. (2008), não verificaram efeitos dos níveis de energia (variando de 2.850 a 3.150 Kcal EM/Kg) sobre a conversão alimentar de frangos de corte de um a 21 dias de idade.

#### 4.4.1.4 Viabilidade

Os resultados referentes à viabilidade (VIAB) pelos frangos de corte de um a 21 dias de idade encontram-se descritos na tabela 26.

Tabela 26 – Viabilidade (%) dos frangos de corte de um a 21 dias de idade de acordo com os tratamentos

		Valor de energia (kcal/kg)		Média	CV (%)
		2.900	3.000		
Granulometria do milho	Fina	94,67	97,33	96,00 A	3,94
	Média	97,44	95,83	96,64 A	
	Grossa	98,67	98,67	98,67 A	
	Média	96,88 a	97,38 a		

Médias com letras iguais, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P>0,05$ )

Não houve interação entre a granulometria do milho e os valores de energia das rações ( $P>0,05$ ) sobre viabilidade dos frangos de corte aos 21 dias de idade. Os tratamentos não influenciaram esta resposta.

Em relação à granulometria, o resultado encontrado difere dos observados por Engberg et al. (2002) e López e Baião (2004) que verificaram menor viabilidade das aves que consumiram ração com granulometria média, quando comparada as que consumiram ração com granulometria mais grosseira aos 21 dias de idade.

Já em relação ao valor energético, a semelhança estatística entre os níveis de 2.900 e 3.000 kcal EM/kg de ração é também, semelhante ao resultado encontrado por Mendes et al. (2004) que trabalharam com níveis de EM variando de 2.900 a 3.200 Kcal e não observaram efeito desses níveis sobre a mortalidade de frangos de um a 21 dias de idade.

#### 4.4.1.5 Consumo de energia

Os resultados referentes ao consumo de energia (CE) pelos frangos de corte de um a 21 dias de idade encontram-se descritos na tabela 27.

Não houve interação entre a granulometria do milho e os valores de energia das rações ( $P>0,05$ ) sobre o consumo de energia dos frangos de corte aos 21 dias de idade. Os fatores isoladamente não influenciaram este parâmetro.

Tabela 27 – Consumo de energia (kcal) dos frangos de corte de um a 21 dias de idade de acordo com os tratamentos

		Valor de energia (kcal/kg)		Média	CV (%)
		2.900	3.000		
<b>Granulometria do milho</b>	<b>Fina</b>	4033,73	3961,10	3997,41 A	3,91
	<b>Média</b>	3906,28	3914,53	3910,41 A	
	<b>Grossa</b>	3905,01	4080,73	3992,87 A	
	<b>Média</b>	3951,34 a	3990,52 a		

Médias com letras iguais, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ )

Resultado diferente foi obtido por Ribeiro et al. (2002) que verificaram efeito da granulometria sobre o consumo de energia, onde com o aumento da granulometria foram encontrados aumentos no consumo de energia metabolizável.

Assim como neste experimento, Barbosa et al. (2008) não encontraram diferenças no consumo de energia pelas aves nessa mesma fase.

#### 4.4.1.6 Conversão energética

Os resultados para a conversão energética (CEN) dos frangos de um a 21 dias de idade estão apresentados na tabela 28.

Tabela 28 – Conversão energética (kcal/Kg) dos frangos de corte de 1 a 21 dias de idade de acordo com os tratamentos

		Valor de energia (kcal/kg)		CV (%)
		2.900	3.000	
<b>Granulometria</b>	<b>Fina</b>	4,17 Aa	4,13 Aa	3,21
	<b>Média</b>	4,45 Bb	4,06 Aa	
	<b>Grossa</b>	4,21 Aa	4,23 Aa	

Médias com letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ )

Houve interação ( $P \leq 0,05$ ) entre a granulometria do milho e o valor de energia da ração sobre a conversão energética.

Aves alimentadas com rações com valor de 2.900 kcal/kg de EM e granulometria média apresentaram pior conversão energética em relação às rações com granulometria fina e grossa. Já as aves alimentadas com rações com valor de 3.000 kcal/kg de EM não tiveram suas conversões influenciadas pela granulometria. A piora da conversão energética na ração de granulometria média com um valor de 2.900 kcal/kg de EM está diretamente ligada à pior conversão alimentar dessas aves, e também devido a baixa digestibilidade da PB e do EE desta ração, o que ocasionou um ganho de peso menor.

De forma semelhante, Amerah et al. (2007c) trabalhando com rações fareladas e peletizadas com duas granulometrias (839 µm e 1164 µm) com um valor energético de 3.000 kcal/kg de EM não verificaram efeito da granulometria sobre a conversão energética, resultado semelhante também encontrado anteriormente por Svihus et al. (2004).

#### 4.4.2 Fase de crescimento (23 a 42 dias de idade)

##### 4.4.2.1 Ganho de peso

Não houve interação significativa ( $P>0,05$ ) entre os valores de energia e a granulometria do milho para o ganho de peso. Devido a isso, os resultados serão discutidos nas médias dos tratamentos.

Os resultados referentes ao ganho de peso (GP) dos frangos de corte de 23 a 42 dias de idade encontram-se descritos na tabela 29.

Tabela 29 – Ganho de peso (kg) dos frangos de corte de 23 a 42 dias de idade de acordo com os tratamentos

		Valor de energia (kcal/kg)		Média	CV (%)
		3.100	3.200		
Granulometria do milho	Fina	2,051	2,125	2,088 A	3,18
	Média	2,023	2,084	2,053 A	
	Grossa	2,025	2,067	2,049 A	
Média		2,033 b	2,093 a		

Médias com letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P\leq 0,05$ )

Independente dos valores de energia, não houve efeito ( $P>0,05$ ) da granulometria sobre o ganho de peso. Resultado semelhante foi encontrado por Engberg et al. (2002) e López e Baião (2004) que não verificaram diferenças no ganho de peso de frangos de corte alimentados com rações com granulometria média e grossa. Independente da granulometria do milho houve efeito ( $P\leq 0,05$ ) do

aumento do valor de energia sobre o ganho de peso dos frangos aos 42 dias de idade. Este resultado é semelhante aos resultados encontrados por Meinerz et al. (2001), Andreotti et al. (2004) e Lima et al. (2006) e discordam dos resultados encontrado por Leeson et al. (1996), Lecznieski et al. (2001), Barbosa et al. (2008) e Lara et al. (2008b). Andreotti et al. (2004) justificaram essa melhora do ganho de peso com o aumento do valor energético da ração, em virtude da alta taxa de crescimento do frango.

#### 4.4.2.2 Consumo de ração

Os resultados referentes ao consumo de ração (CR) pelos frangos de corte de 23 a 42 dias de idade encontram-se descritos na tabela 30.

Tabela 30 – Consumo de ração (kg) dos frangos de corte de 23 a 42 dias de idade de acordo com os tratamentos

		Valor de energia (kcal/kg)		Média	CV (%)
		3.100	3.200		
Granulometria do milho	Fina	3,789	3,706	3,779 A	2,26
	Média	3,621	3,738	3,680 A	
	Grossa	3,744	3,736	3,740 A	
	Média	3,716 a	3,748 a		

Médias com letras iguais, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P>0,05$ )

Não houve interação entre a granulometria do milho e valores de energia das rações ( $P>0,05$ ) sobre consumo de ração pelos frangos de corte aos 42 dias de idade. Os tratamentos não influenciaram esta resposta.

Zanotto et al. (1998b), López e Baião (2004) e López et al. (2007), assim como o presente trabalho, não verificaram efeito da granulometria sobre o consumo de ração. Estes resultados diferem dos encontrados por Nir et al. (1994b) e López e Baião (2002), que observaram aumento do consumo de ração dos frangos alimentados com granulometrias mais grosseiras, quando comparado aos que recebiam granulometria mais fina.

Em relação ao valor de energia, também não houve influência ( $P>0,05$ ) dos níveis sobre o consumo de ração aos 42 dias de idade, resultado semelhante ao encontrado por Lima et al. (2006), que verificaram que para os níveis de 3.000 e 3.200 kcal de EM/Kg de ração não diferiram entre si. Assim como, Lecznieski et al. (2001) que avaliaram níveis energéticos variando de 2.800 a 3.200

kcal/kg de EM e não encontraram diferenças entre os níveis de energia sobre o consumo de ração. Os resultados do presente experimento discordam dos encontrados por Leeson et al. (1996), Andreotti et al. (2004) e Lara et al. (2008b). Andreotti et al. (2004) verificaram aumento linear do consumo de ração com o aumento dos níveis de energia e relacionaram esta resposta à maior taxa de passagem da ração uma vez que a taxa de ingestão alimentar é aumentada em função do rápido esvaziamento do sistema digestório. Leeson et al. (1996) e Lara et al. (2008b) observaram redução do consumo à medida que se aumentou o valor de energia da ração, evidenciando a capacidade da ave regular o consumo.

#### 4.4.2.3 Conversão alimentar

Os resultados conversão alimentar (CA) dos frangos de 23 a 42 dias de idade estão apresentados na tabela 31.

Tabela 31 – Conversão alimentar (kg/kg) dos frangos de corte de 23 a 42 dias de idade de acordo com os tratamentos

		Valor de energia (kcal/kg)		Média	CV (%)
		3.100	3.200		
<b>Granulometria do milho</b>	<b>Fina</b>	1,85	1,74	1,81 A	1,85
	<b>Média</b>	1,79	1,79	1,79 A	
	<b>Grossa</b>	1,86	1,76	1,83 A	
	<b>Média</b>	1,83 a	1,79 a		

Médias com letras iguais, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P>0,05$ )

Não houve interação entre a granulometria do milho e os valores de energia das rações ( $P>0,05$ ) sobre a conversão alimentar dos frangos de corte aos 42 dias de idade. Os fatores isoladamente não influenciaram os resultados de conversão alimentar para frangos na fase de crescimento.

Não houve efeito ( $P>0,05$ ) da granulometria dos ingredientes sobre a conversão alimentar dos frangos de corte aos 42 dias de idade. Este resultado é semelhante ao encontrado por López e Baião (2004). Hamilton e Proudfoot (1995) reportaram melhoras na conversão alimentar, em média de 2,1 e 5,6% para rações peletizadas com granulometrias fina e grossa, respectivamente. De acordo com Nir et al. (1995), quando os péletes são produzidos a partir de partículas grosseiras, a degradação das partículas no intestino delgado pode ser demorada, aumentando o peristaltismo e melhorando a digestão do alimento.

Os níveis de energia, também não influenciaram ( $P>0,05$ ) na conversão alimentar dos frangos aos 42 dias de idade. Este resultado discorda dos encontrados por Lecznieski et al. (2001), Meinerz et al. (2002), Andreotti et al. (2004), Mendes et al. (2004) e Lara et al. (2008b).

#### 4.4.2.4 Viabilidade

Os resultados referentes à viabilidade (VIAB) pelos frangos de corte de 23 a 42 dias de idade encontram-se descritos na tabela 32.

Tabela 32 – Viabilidade (%) dos frangos de corte de 23 a 42 dias de idade de acordo com os tratamentos

		Valor de energia (Kcal/kg)		Média	CV (%)
		3.100	3.200		
<b>Granulometria</b>	<b>Fina</b>	96,67	99,17	97,92 B	1,62
	<b>Média</b>	100,00	100,00	100,00 A	
	<b>Grossa</b>	98,33	99,17	98,61 AB	
	<b>Média</b>	98,21 b	99,44 a		

Médias com letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P\leq 0,05$ )

Não houve interação significativa ( $P>0,05$ ) entre os valores de energia e a granulometria do milho para a viabilidade.

Independente dos valores de energia houve efeito significativo ( $P\leq 0,05$ ) da granulometria do milho, assim como dos níveis de energia, sobre a viabilidade das aves dos 23 aos 42 dias de idade.

Os resultados deste experimento discordam dos encontrados por Engberg et al. (2002) e López e Baião (2004) que verificaram menor viabilidade das aves alimentadas com ração de granulometria média, quando comparada a granulometria grossa. Porém neste experimento, a granulometria fina teve uma viabilidade menor se comparada com a granulometria média.

Independente da granulometria do milho o aumento do valor de energia metabolizável da ração aumentou ( $P\leq 0,05$ ) a viabilidade das aves aos 42 dias de idade, resultados controversos aos encontrados por Lecznieski et al. (2001) e Mendes et al. (2004). Assim como neste experimento, Lima et al. (2006) verificaram efeito do valor de energia da ração sobre a viabilidade das aves.

#### 4.4.2.5 Consumo de energia

Os resultados referentes ao consumo de energia (CE) pelos frangos de corte de um a 42 dias de idade encontram-se descritos na tabela 33.

Tabela 33 – Consumo de energia (kcal) dos frangos de corte de 23 a 42 dias de idade de acordo com os tratamentos

		Valor de energia (kcal/kg)		Média	CV (%)
		3.100	3.200		
Granulometria do milho	Fina	11744,93	12060,39	11902,66 A	2,57
	Média	11225,88	11961,33	11593,61 A	
	Grossa	11356,44	11956,54	11801,36 A	
	Média	11520,25 b	11992,76 a		

Médias com letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ )

Não houve interação significativa ( $P > 0,05$ ) entre os valores de energia e a granulometria do milho para o consumo de energia de frangos de corte de 23 a 42 dias de idade.

Independente dos valores de energia não foi observado efeito da granulometria sobre o consumo de energia ( $P > 0,05$ ). Independente da granulometria do milho, o valor de energia influenciou significativamente ( $P \leq 0,05$ ) o consumo de energia pelos frangos de corte de 23 a 42 dias de idade, com um maior consumo de energia para o maior valor de energia (3.200 kcal/kg de EM).

Assim como neste experimento, Meinerz et al. (2001) e Lara et al. (2008b) verificaram maior consumo de energia com o aumento dos níveis energéticos da ração. Isso pode ser explicado pela semelhança encontrada entre os consumos, porém com as diferenças entre os níveis energéticos de cada ração o consumo de energia tende a aumentar. Estes resultados discordam dos encontrados por Barbosa et al. (2008) que não verificaram diferenças no consumo de energia pelas aves aos 42 dias de idade.

Esta diferença encontrada para o consumo de energia em relação aos níveis de energia, mostra que não houve eficiência das aves na fase de crescimento em regular o consumo de acordo com suas necessidades energéticas. Resultado este contraditório ao destacado por Meinerz et al. (2001) que observaram uma eficiência das aves em regular o consumo, principalmente para dietas peletizadas.

#### 4.4.2.6 Conversão energética

Os resultados conversão energética (CEN) dos frangos de 23 a 42 dias de idade estão apresentados na tabela 34.

Tabela 34 – Conversão energética (kcal/kg) dos frangos de corte de 23 a 42 dias de idade de acordo com os tratamentos

		Valor de energia (kcal/kg)		Média	CV (%)
		3.100	3.200		
Granulometria do milho	Fina	5,73	5,67	5,70 A	2,57
	Média	5,55	5,74	5,64 A	
	Grossa	5,73	5,86	5,80 A	
	Média	5,67 a	5,76 a		

Médias com letras iguais, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P>0,05$ )

Não houve interação significativa ( $P>0,05$ ) entre os valores de energia e a granulometria do milho para a conversão energética.

Independente do valor de energia, a granulometria não influenciou ( $P>0,05$ ) a conversão energética das aves, fato esse decorrente da semelhança da qualidade dos péletes. Independente da granulometria, o valor de energia, também, não influenciou ( $P>0,05$ ) a conversão energética dos frangos de 23 a 42 dias de idade. Resultado este, também confirmado por Lecznieski et al. (2001).

#### 4.4.2.7 Fator de produção e custos

Os resultados do fator de produção dos frangos de 23 a 42 dias de idade encontram-se na tabela 35.

Tabela 35 – Fator de produção dos frangos de corte, para a fase compreendida entre 23 e 42 dias de idade de acordo com os tratamentos

		Valor de energia (kcal/kg)		Média	CV (%)
		3.100	3.200		
Granulometria	Fina	565,34	627,02	596,18 A	6,90
	Média	595,02	611,74	603,38 A	
	Grossa	565,72	599,91	584,71 A	
	Média	575,36 b	612,89 a		

Médias com letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P\leq 0,05$ )

Não houve interação ( $P>0,05$ ) entre a granulometria e do valor de energia da ração sobre o fator de produção dos frangos de corte aos 42 dias de idade. Independente da granulometria, o valor de energia influenciou ( $P\leq 0,05$ ) o fator de produção calculado para a fase de 23 a 42 dias de idade.

Na tabela 36, encontram-se os valores dos custos das rações de acordo com suas formulações.

Tabela 36 – Custos (R\$/tonelada) das rações experimentais de acordo com o valor de energia <sup>1</sup>

Fonte lipídica	Valor de energia (Kcal/kg)			
	2.900	3.000	3.100	3.200
<b>Óleo degomado</b>	R\$697,00	R\$735,00	R\$723,00	R\$759,00

<sup>1</sup> Os valores das matérias primas utilizadas na formulação das rações, disponíveis no mercado no dia 13/01/2011, foram: milho R\$0,55/Kg; farelo de soja R\$0,75/Kg; farinha de carne 40% R\$0,70/Kg; óleo degomado de soja R\$2,40/kg

Reduzir partículas de alimento para um tamanho mais fino requer maior uso de energia e reduz a taxa de produção. Assim, qualquer redução no consumo de energia de moagem, refletirá numa significativa redução do custo da alimentação. Devido a isso, para o cálculo do custo da ração deve-se levar em consideração, não somente o preço das matérias primas, mas também o custo da energia já que o consumo pelo moinho é diferente para cada granulometria. No presente experimento, o tempo gasto para a moagem de uma tonelada de ração foi de 35'24''; 15'30'' e 11'00'' para as peneiras fina, média e grossa, respectivamente.

Levando em consideração que um moinho de martelos de 20 cavalos e com um rendimento de 85,5%, tem um consumo de motor de 17,2164 kWh, sendo o custo do kWh pago no mês de janeiro pela Fazenda Experimental “Prof. Hélio Barbosa”, localizada no município de Igarapé – MG de R\$0,42009810, os preços das rações experimentais de acordo com a granulometria e o valor de energia serão conforme ilustrado na tabela 37.

Tabela 37 – Custos (R\$/tonelada) das rações experimentais de acordo com a granulometria e o valor de energia <sup>1</sup>

		Valor de energia (Kcal/kg)			
		2.900	3.000	3.100	3.200
<b>Granulometria</b>	<b>Fina</b>	R\$701,24	R\$739,27	R\$727,27	R\$763,27
	<b>Média</b>	R\$698,87	R\$736,87	R\$724,87	R\$760,87
	<b>Grossa</b>	R\$698,33	R\$736,33	R\$724,33	R\$760,33

<sup>1</sup> Os valores das matérias primas utilizadas na formulação das rações idem tabela 36

Levando-se em consideração o consumo de ração pelas aves, o peso médio e o custo das rações, o custo da ração necessária para produzir um quilo de frango vivo se encontra na tabela 38.

Tabela 38 – Custos para a produção de um quilo de peso vivo (R\$/Kg de frango) das rações experimentais de acordo com a granulometria e o valor de energia <sup>1</sup>

		Fase Inicial		Fase de Crescimento	
		Valor de energia (Kcal/kg)			
		2.900	3.000	3.100	3.200
<b>Granulometria</b>	<b>Fina</b>	R\$1,09	R\$1,02	R\$0,88	R\$0,90
	<b>Média</b>	R\$1,07	R\$1,03	R\$0,85	R\$0,90
	<b>Grossa</b>	R\$1,00	R\$1,02	R\$0,88	R\$0,90

<sup>1</sup> Os valores das matérias primas utilizadas na formulação das rações idem tabela 36

Pode ser observado que o uso do maior valor de energia para a fase inicial é benéfico, pois proporciona maior peso corporal, reduzindo assim, o custo para a produção de um quilo de peso vivo. Já para a fase de crescimento a adoção do valor de 3.200 kcal/kg levou ao aumento nos custos para a produção de um quilo de peso vivo em todas as granulometrias estudadas. O aumento no valor energético anula o efeito da granulometria sobre o custo da ração, independente da fase de criação.

## **5. CONCLUSÕES**

Nas condições em que foram realizados os experimentos pode-se concluir que para rações peletizadas a digestibilidade das rações nas fases inicial e crescimento foi favorecida pelo maior nível de energia e prejudicada pela granulometria. Em relação ao desempenho, para ambas as fases, o efeito principal de melhora está relacionado com aumento da energia.

O LIPE<sup>®</sup>, como indicador externo, pode ser utilizado para a mensuração da produção de excretas e subsequente determinação do coeficiente de digestibilidade e valores de energia para frangos de corte em ambas as fases de criação.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERAH, A.M.; RAVINDRAN, V.; LENTLE, R.G.; THOMAS, D.G. *Feed particle size: Implications on the digestion and performance of poultry*. World's Poultry Science Journal, v.63, p.439-449, 2007a.

AMERAH, A.M.; RAVINDRAN, V.; LENTLE, R.G.; THOMAS, D.G. *Influence of feed particle size and feed form on the performance, energy utilization, digestive tract development, and digesta parameters of broiler starters*. Poultry Science, v.86, p2615-2623, 2007c.

AMERAH, A.M.; RAVINDRAN, V.; LENTLE, R.G.; THOMAS, D.G. *Influence of feed particle size on the performance, energy utilization, digestive tract development, and digesta parameters of broiler starters fed wheat and corn based diets*. Poultry Science, v.87, p.2320-2328, 2008.

AMERAH, A.M.; RAVINDRAN, V.; LENTLE, R.G.; THOMAS, D.G. *Influence of particle size on the performance, digesta characteristics and energy utilization of broilers fed maize and wheat based diets*. Proceedings of the Australian Poultry Science Symposium, v.19, p.89-92, 2007b.

ANDREOTTI, M.; JUNQUEIRA, O.; BARBOSA, M.; CANCHERINI, L.; ARAUJO, L.; RODRIGUES, E. *Energia metabolizável do óleo de soja em diferentes níveis de inclusão para frangos de corte nas fases de crescimento e final*. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, v.33, n.5, p. 1145-1151, 2004.

ANGULO, E. ; BRUFAU, J. ; ESTEVE-GARCIA, E. *Effect of a sepiolite product on pellet durability in pigs diet differing in particle size and in broiler starter and finisher diets*. Animal Feed Science and Technology, v.63, p.25-34, 1996.

BARBOSA, F.J.V.; LOPES, J.B.; FIGEURÊDO, A.V.; ABREU, M.L.T.; DOURADO, L.R.B.; FARIAS, L.A.; PIRES, E.P. *Níveis de energia metabolizável em rações para frangos de corte mantidos em ambiente de alta temperatura*. Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, n.5, p.849-855, 2008.

BELLAVER, C.; NONES, K. *A importância da granulometria, da mistura e da peletização da ração avícola*. Palestra apresentada no IV Simpósio Goiano de Avicultura, Goiânia-GO, 2000.

BEHNKE, K.C. *Feed manufacturing technology: current issues and challenges*. Animal Feed Science and Technology, v.62, p.49-57, 1996.

BEHNKE, K.C. *Factors influencing pellet quality*. Feed Technology, v.5, p.19-22, 2001.

BEHNKE, K.C.; BEYER R.S. *Effect of feed processing on broiler performance*. 2006. Disponível em: <http://www.veterinaria.uchile.cl>. Acesso em: 20/04/2009.

BERETTA, C.N. *Dietas de proteína reduzida e de diferentes digestibilidades suplementada s com aminoácidos sintéticos para frangos de corte: efeitos no desempenho, características de carcaça e eficiência na utilização do alimento*. 97f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

BETERCHINI, A.G., ROSTAGNO, H.S. SOARES, P.R. *Efeitos da forma física e valor de energia da ração sobre o desempenho e carcaça de frangos de corte*. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, v.20, p. 229-239, 1991.

BIAGI, J.D. *Implicações da granulometria de ingredientes na qualidade de pletes e na economia da produção de rações*. Simpósio sobre granulometria de ingredientes e rações para suínos e aves. Anais... Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, p.57-70, 1998.

BONNET, S.; GERAERT, P.A.; LESSIRE, M.; CARRE, B.; GUILLAUMIN, S. *Effect of high ambient temperature on feed digestibility in broilers*. Poultry Science, v.76, n.6, p. 857-863, 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal. Associação Nacional dos Fabricantes de Rações. *Compêndio brasileiro de nutrição animal*. São Paulo: ANFAR/CBNA/SDR, 2005.

BRIGGS, J.L.; MAIER, D.E.; WATKINS, B.A.; BEHNKE, K.C. *Effect of ingredients and processing parameters on pellet quality*. Poultry Science, v.78, p.1464-1471, 1999.

BRUM, P.A.R.; ZANOTTO, D.L.; GUIDONI, A.L. *Granulometria do milho em rações fareladas e trituradas para frangos de corte*. Concórdia: EMBRAPA, CNPSA, 1998.

BUENO, F.L. *Efeito da forma física, granulometria (DGM) e adição de óleo em dietas iniciais de frangos de corte*. 2006. 47p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

CAREW, L.B.; MACHEMER, R.H.; SHARP, R.W.; FOSS, D.C. *Fat absorption by the very young chick*. Poultry Science, v.51, p.738-742, 1972.

CARVALHO, D.C.O.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; OLIVEIRA, J.E.; VARGAS JR, J.G.V.; TOLEDO, R.S.; ROCHA, C.H.C.; PINHEIRO, S.R.F.; SOUZA, R.M. *Composição química e energética de amostras de milho submetidas a diferentes temperaturas de secagem e períodos de armazenamento*. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, v.33, n.3, p.358-364, 2004.

DAHLKE, F. *Tamanho da partícula de milho e da forma física da ração para frangos de corte e seus efeitos sobre o desempenho, dinâmica intestinal e rendimento de carcaça*. 2000. 47p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

DAHLKE, F.; RIBEIRO, A.M.L.; KESSLER, A.M.; LIMA, A.R. *Tamanho da partícula do milho e forma física da ração e seus efeitos sobre o desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte*. Revista Brasileira de Ciência Avícola, vol.3, n.3. Campinas, 2001.

DOVRIN, A.; ZOREF, Z.; MOKADY, S.; NITSAN, Z. *Nutritional aspects of hydrogenated and regular soybean oil added to diets of broiler chickens*. Poultry Science, v.77, p.820-825, 1998.

DOZIER, W. A. *Pelet de calidad para obtener carne de ave más economica*. Alimentos Balanceados para os Animales, v.8, n. 3, p.16-19, 2001.

DOZIER, W. A. *Reducing utility cost in the feed mill*. Watt Poultry USA, v.53, p.40-44, 2002.

EMMANS, G. C. *Growth, body composition and feed intake*. World's Poultry Science Journal, v.43, p.208-227, 1987.

ENGBERG, R.M.; HEDEMANN, M.S.; JENSEN, B.B. *The influence of grinding and pelleting of feed on the microbial composition and activity in the digestive tract of broiler chickens*. British Poultry Science, v.43, p.569-579, 2002.

ESMINGER, M.E. *Processin effects*. In. Feed Manufacturing Technology III. AFIA. Cap. 66. p.529-533. 1985.

FAVERO, A. *Aspectos físicos da ração e suas implicações no desempenho, digestibilidade e desenvolvimento do trato gastrointestinal de perus*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2009. 76p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Paraná, 2009.

FLEMMING, J.S.; MONTANHINI NETO, R.; ARRUDA, J.S.; FRANCO, S.G.; FLEMMING, R.; SOUZA, G.A., FLEMMING, D.F. *Ração farelada com diferentes granulometrias em frangos de corte*. Archives of Veterinary Science, v.7, n.1, p.1-9. 2002.

FRANCO, S.G. *Programas de alimentação e fontes de óleo para frangos de corte*. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 1992. 118p. Tese (Doutorado em Produção Animal) – Universidade Estadual Paulista, 1992.

FREITAS, B.C.F.; BAIÃO, N.C.; NUNES, I.J. Digestibilidad de la grasa em las primeras semanas de vida del pollo de carne. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE AVICULTURA, 16., 1999, Lima. Anais... Lima: Asociación Latinoamericana de Avicultura, 1999. p.356-359.

FREITAS, H.J.; COTTA, J.T.B.; OLIVEIRA, A.I.G. *Grãos de milho inteiros e moídos na alimentação de frangos de corte*. Ciência e Agrotecnologia, Lavras. v.26, n.6, p.1322-1329. 2002.

FREITAS, E.R.; SAKOMURA, N.K.; LAURENTIZ, A.C.; DAHLKE,F.; NEME, R.; SANTOS, A.L. *Efeitos da forma física da ração pré-inicial no desempenho de pintos de corte*. Revista Brasileira de Ciência Avícola. Campinas, suplemento 5, p. 20, 2003.

FREITAS, E.R.; SAKOMURA, N.K.; DAHLKE,F.; SANTOS, F.R.; BARBOSA, N.A.A. *Desempenho, eficiência de utilização de nutrientes e estrutura do trato digestório de pintos de corte alimentados na fase pré-inicial com rações de diferentes formas físicas*. Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, n.1, p.73-78, 2008.

GILL, C. *Chemistry for high quality pellets. Or, refining the role of binders*. Feed International. March, 1993. p. 10-11.

HAI, L.; RONG, D.; ZHANG, D.Z.Y. *The effect of thermal environment on the digestion of broilers*. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, v.83, n.1, p.57-64, 2000.

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

HELMBRECHT, A. *Composition and quality control of feedstuffs for poultry and swine*. In: III SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 2011, Viçosa-MG. **Anais...** III simpósio Internacional sobre Exigências Nutricionais de Aves e Suínos, 2011, p.1-19.

HULAN, H.W.; BIRD, F.H. *Effect of fat level in isonitrogenous diets on the composition of avian pancreatic juice*. Journal of Nutrition, v.102, p.459-468, 1972.

INSUMOS. In: *Relatório Anual UBA 2009*. UBA. 81p.

INTERNATIONAL FEED INDUSTRY FEDERATION – IFIF. *Global feed statistics*. Disponível em: [http://www.ifif.org/global\\_stats1.php](http://www.ifif.org/global_stats1.php) Acesso em: 26 ago. 2009.

JAMROZ, D.; JAKOBSEN, K.; KNUDSEN, K.E.B.; WILICZKIEWICZ, A.; ORDA, J. *Digestibility and energy value of non-starch polysaccharides in young chickens, ducks and geese, fed diets containing high amounts of barley*. Comparative Biochemistry and Physiology, New York, v.131, p.657-668, 2002.

JENSEN, L. S. *Influência da peletização nas necessidades nutricionais das aves*. In: ENCONTRO TÉCNICO SOBRE AVICULTURA DE CORTE DA REGIÃO DE DESCALVADO, 2001, Descalvado. **Anais...** Descalvado: Associação dos Criadores de Frangos da Região de Descalvado, 2001, p.6-46.

JONES, T.F. *Pelleting... Is it worth it?* Poultry Digesty. p.454 a 456, August, 1979.

KARR-LILIENTHAL, L.K.; KADZERE, C.T.; GRIESHOP, C.M.; FAHEY JR., G.C. *Chemical and nutritional properties of soybean carbohydrates as related to nonruminants: A review*. Livestock Production Science, Amsterdam, v.97, p.1-12, 2005.

KILBURN, J.; EDWARDS, H.M. *The effect of particle size of commercial soybean meal on performance and nutrient utilization of broilers chicks*. Poultry Science, v.42, p.428-432, 2004.

KLEIN, A.A. *Peletização de rações: Aspectos técnicos, custos e benefícios e inovações tecnológicas*. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2009, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: FACTA, p. 173-193, 2009.

KRABBE, E.L. *Níveis de sódio, tamanho da partícula da dieta e peso do pinto à eclosão e o desempenho na fase pré-inicial (1 a 7 dias)*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. 252p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

LARA, L.J.C. *Efeitos do processamento da ração e da linhagem sobre os valores energéticos e desempenho de frangos de corte*, 2007. 52p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

LARA, L.J.C.; BAIÃO, N.C.; ROCHA, J.S.R.; LANA, A.M.Q.; CANÇADO, S.V.; FONTES, D.O.; LEITE, R.S. *Influência da forma física da ração e da linhagem sobre o desempenho e rendimento de cortes de frangos de corte*. Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.60, n.4, p.970-978, 2008a.

LARA, J.C.L.; TEIXEIRA, J.L.; BAIÃO, N.C.; CANÇADO, S.V.; ROCHA, J.S.R.; MICHELL, B.C. *Efeito dos níveis de energia da dieta sobre o desempenho e rendimentos de carcaça de frangos de corte*. Revista Ceres, v. 55. p. 402-408, 2008b.

LECZNIESKI, J.L.; RIBEIRO, A.M.L.; KESSLER, A.M.; PENZ JR, A.M. *Influência da forma física e do valor de energia da ração no desempenho e na composição de frangos de corte*. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 9(1):6-11. 2001.

LEESON, S.; CASTON, L.; SUMMERS, J.D. *Broiler response to diet energy*. Poultry Science, v.75. p.529-535, 1996.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. *Nutrition of the chicken*. 4ed. Ontario: University Books, 2001. 413p.

LEMME, A.; WIJTEN, P. J. A.; VAN WICHEN, J. *Responses of male growing broilers to increasing levels of balanced protein offered as coarse or pellets of varying quality*. Poultry Science, Champaign, v.85, p.721-730, 2006.

LENSER, G.W. *Feed Manufacturing Technology III*. AFIA, 1985.

LENTLE, R.G. *The macrobiophysics of digestion: Implications for the poultry industry*. Proceedings Australian Poultry Science Symposium, Sydney, v.17, p.163-179, 2005.

LIMA, L.M.B.; BAIÃO, N.C.; FERREIRA, F.C. *Efeitos de diferentes níveis de energia e aminoácidos sobre o desempenho de frangos de corte*. Revista Brasileira de Ciência Avícola, v.8, p.109, 2006.

LOPEZ, C.A.A. *Efeitos da forma física e da granulometria da ração sobre a digestibilidade, desempenho e composição da carcaça de frangos de corte*. 2004. 50f. Tese (Doutorado). Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

LOPEZ, C.A.A. *Efeitos do método de processamento e granulometria da ração sobre o desempenho, digestibilidade e composição da carcaça de frangos de corte*. 1999. 42f. Dissertação (Mestrado). Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1999.

LOPEZ, C.A.A.; BAIÃO, N.C. *Efeitos da moagem dos ingredientes e da forma física da ração sobre o desempenho de frangos de corte*. Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.54, p.189-195, 2002.

LOPEZ, C.A.A.; BAIÃO, N.C. *Efeitos do tamanho da partícula e da forma física da ração sobre o desempenho, rendimento de carcaça e peso dos órgãos digestivos frangos de corte*. Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.56, n.2, p.214-221, 2004.

LOPEZ, C.A.A.; BAIÃO, N.C.; LARA, L.J.C.; RODRIGUEZ, N.M.; CANÇADO, S.V. *Efeitos da forma física da ração sobre a digestibilidade dos nutrientes e desempenho de frangos de corte*. Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.59, n.4, p.1006-1013, 2007.

MAIORKA, A. *Efeito da forma física, níveis de energia em dietas formuladas com base em aminoácidos totais e digestíveis no desempenho e composição de carcaça de frangos de corte, machos, dos 21 aos 42 dias de idade*. 1998.115p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -

Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

MAYER, A.N.; DAHLKE, F.; MAIORKA, A.; APPELT, M.D.; MORAIS, M.T.T.; VALLE, F.L.P.; BUENO, I.J.M. *Granulometria e inclusão de óleo de soja em dietas pré-inicial e inicial para frangos de corte*. In: 46ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Maringá, 2009.

McCRACKEN, K.J. *Effects of physical processing on the nutritive value of poultry diets*. In: MCNAB, J.M.; BROORMAN, K.W. *Poultry feedstuffs: Supply, composition and nutritive value*. Cabi Publishing, 2002, Cap: 16. p.301-316.

McKINNEY, L.; TEETER, R. *Caloric value of pelleting*. Publication of Cobb-Vantress, Inc, 2002. P. 1-5. (Comunicado técnico). 2002.

McKINNEY, L. J.; TEETER, R.G. *Predicting effective caloric value of nonnutritive factors: I. Pellet quality and II. Prediction of consequential formulation dead zones*. Poultry Science v. 83, p. 1165–1174, 2004.

McNAUGHTON, J.L.; REECE, F.N. *Factors affecting pelleting response. 1. Influence of dietary energy in broiler started diets*. Poultry Science, v.63, n.4, p.682-685, 1984.

MEINERZ, V.; RIBEIRO, A.M.L.; PENZ JR, A.M.; KESSLER, A.M. *Níveis de energia e peletização no desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte com oferta alimentar equalizada*. Ver. Bras. Zootec., 30(6S): 2026-2032, 2001.

MENDES, A.A.; MOREIRA, J.; OLIVEIRA, E.G.; GARCIA, E.A.; ALMEIDA, M.I.M.; GARCIA, R.G. *Efeitos da energia da dieta sobre o desempenho, rendimento de carcaça e gordura abdominal de frangos de corte*. Revista Brasileira de Zootecnia, v.33, n.6, p.2300-2307, supl.3, 2004.

MORAN, E.T. *Pelleting affects feed and its composition*. World Poultry, v.5, p.30-31,1987.

NAGANO, F.H.; FERNANDES, E.A.; SILVEIRA, M.M.; MARCACINE, B.A.; BRANDEBURGO, J.H. *Efeito da peletização e extrusão da ração pré-inicial sobre o desempenho final de frangos de corte*. Revista Brasileira de Ciência Avícola. Campinas, suplemento 5, p. 35, 2003.

NILIPOUR, A. *La peletización mejora el desempeño?* Indústria Avícola. Illinois. p.42-46. Dezembro, 1993.

NIR, I. *Resposta de frangos de corte à estrutura alimentar: ingestão de alimentos e trato gastrointestinal.* In: Simpósio Internacional sobre Nutrição de Aves, 1998, Campinas. *Anais...* Campinas:CBNA, p. 49-68. 1998.

NIR, I.; HILLEL, R.; PTICHI, I.; SHEFET, G. *Effect of particle size on performance. 3. Grinding pelleting interactions.* Poultry Science, v.74, p.771-783, 1995.

NIR, I., PITICHI,I., *Feed Particle Size and Hardness: Influence on Performance, Nutritional, Behavioral and Metabolic Aspects.* Advances in Nutritional Technology, Utrecht, 2001.

NIR, I. ; SHEFET, G. ; ARONI, Y. *Effect of particle size on performance. 1. Corn.* Poultry Science, v.73, p.45-49, 1994a.

NIR, I.; SHEFET, G.; NITSAN, Z. *Effect of grain particle size on performance. 2. Grain texture interactions.* Poultry Science, Champaing, v. 73, p. 781-791, 1994b.

NOY, Y.; SKLAN, D. *Digestion and absorption un the young chick.* Poultry Science, v.74, p.366-373, 1995.

PARSONS, A.S.; BUCHANAN, N.P.; BLEMINGS, K.P.; WILSON, M.E.; MORITZ, J.S. *Effect of corn particle size and texture on broiler performance in the growing phase.* Journal Applied of Poultry Research, v.15, p.245-255, 2006.

PARSONS, A.S.; MORITZ, J.S.; BLEMINGS, K.P.; STEINFELT, B. M. *Effect of grain particle size and feed texture on broiler performance and carcass quality.* Poultry Science, v.82, suppl.1, p.26, 2003.

PEDDIE, J.; DEWAR, W.A.; GILBERT, A.B.; WADDINGTON, D. *The use of titanium dioxide for determining apparent digestibility in mature domestic fowls (Gallus domesticus).* Journal Agricultural Science, v.99, p.233-236, 1982.

PEISKER, M. *Influence of expansion on feed components.* Feed Mix, v.2, p.26-31, 1994.

PERON, A.; BASTIANELLI, D.; OURY, F.X.; GOMEZ, J.; CARRE, B. *Effects of food deprivation and particle size of ground wheat on digestibility of food components in broiler fed on a pelleted diet*. British Poultry Science, v.46, p.223-230, 2005.

POZZA, P.C.; POZZA, M.S.S.; RICHART, S.; OLIVEIRA, F.G.; GASPAROTTO, E.S. SHLICKMANN, F. *Avaliação da moagem e granulometria do milho e consumo de energia no processamento em moinhos de martelos*. Ciência Rural de Santa Maria, v.35, n.1, p.235-238. 2005.

PUCCI, L.E.A.; RODRIGUES, P.B.; FREITAS, R.T.F.; BERTECHINI, A.G.; CARVALHO, E.M. *Níveis de óleo e adição de complexo enzimático na ração de frango de corte*. Revista Brasileira de Zootecnia, v.32, n.4, p.909-917, 2003.

RAVINDRAN, V.; HEW, L.I.; RAVINDRAN, G.; BRYDEN, W.L. *A comparison of ileal digesta and excreta analysis for the determination of amino acid digestibility in food ingredients for poultry*. British Poultry Science, v.40, p.266-274, 1999.

RAVINDRAN, V.; WU, Y.B.; THOMAS, D.G.; MOREL, P.C. *Influence of whole wheat feeding on the development of gastrointestinal tract and performance of broiler chickens*. Australian Journal of Agricultural Research, v.57, p.21-26, 2006.

REECE, F.N.; LOTT, B.D.; DEATON, J.W. *The effects of feed form, grinding method, energy level and gender on broiler performance in a moderate (21°C) environment*. Poultry Science, v.64, p.1834-1839, 1985.

REECE, F.N.; LOTT, B.D.; DEATON, J.W. *Effects of environmental temperature and corn particle size on response of broiler to pelleted feed*. Poultry Science, v.65, p.636-641, 1986a.

REECE, F.N.; LOTT, B.D.; DEATON, J.W. *The effects of hammer mill screen size on ground corn particle, pellet durability and broiler performance*. Poultry Science, v.65, p.1257-1261, 1986b.

RENNER, R.; HILL, F.W. *The utilization of corn oil, lard and tallow by chickens of various age*. Poultry Science, v.39, p.849-854, 1960.

RIBEIRO, A.M.L.; MAGRO, N.; PENZ, Jr. A.M. *Granulometria do milho em rações de crescimento de frangos de corte e seu efeito no desempenho e metabolismo*. Revista Brasileira de Ciência Avícola, v. 4, n.1, p. 047-053, 2002.

ROCHA, P.T.; STRINGHINI, J.H.; ANDRADE, M.A.; LEANDRO, N.S.M.; ANDRADE, M.L.; CAFÉ, M.B. *Desempenho de frangos de corte alimentados com rações pré-iniciais contendo diferentes níveis de proteína bruta e energia metabolizável*. Revista Brasileira de Zootecnia, v.32, n.1, p.162-170, 2003.

RODRIGUES, N.M.; SALIBA, E.O.S.; GUIMARÃES Jr., R. *Uso de indicadores para a estimativa de consumo a pasto e digestibilidade*. In: 43ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006, João Pessoa. Anais... 43ª Reunião Anual da SBZ, 2006.

RODRIGUES, P.B.; BRITO, J.A.G.; SILVA, E.L.; NASCIMENTO, G.A.J. *Manejo da dieta para reduzir o impacto ambiental da excreção de nutrientes na avicultura*. In: VII Seminário de Aves e Suínos, 2007, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: AVISUI Regiões, 2007.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. *Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos – composição de alimentos e exigências nutricionais*. Viçosa: UFV/Departamento de Zootecnia, 2005, 186p.

ROTTER, B.A.; FROHLICH, A.A.; ROTTER, R.G.; MARQUARDT, R.R. *Estimation of apparent protein digestibility using acid-corrected nitrogen values in poultry excreta*. Poultry Science, v.68, p.327-329, 1989.

SAKOMURA, N.K. *Estudo do valor nutricional das sojas integrais processadas e de sua utilização na alimentação de frangos e poedeiras*. Jaboticabal: Universidade Estadual de São Paulo, 1996. 178p. Tese (Livre Docência na Avicultura). Universidade Federal de São Paulo, 1996.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. *Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos*. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.

SALES, J.; JANSSENS, G.P.J. *The use of markers to determine energy metabolizability and nutrient digestibility in avian species*. World's Poultry Science Journal, v.59, p.314-323, 2003.

SALIBA, E.O.S. *Caracterização química e microscópica das ligninas dos resíduos agrícolas de milho e de soja expostas à degradação ruminal e seu efeito sobre a digestibilidade dos carboidratos estruturais*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1998. 251p. Tese (Doutorado em Ciência Animal).

SALIBA, E.O.S.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C.; FERNANDES, P.C.C. *Effect of corn and soybean lignin residues submitted to the ruminal fermentation on structural carbohydrates digestibility*. Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.51, n.1, p.85-88, 1999.

SALIBA, E.O.S.; RODRIGUEZ, N.M.; PILÓ-VELOSO, D.; MORAES, S.A.L. *Estudos de caracterização química das ligninas dos resíduos agrícolas de milho e soja*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. Anais... Viçosa – MG: SBZ, 2000 (CD-ROM).

SALIBA, E.O.S.; PEREIRA, R.A.N.; FERREIRA, W.M.. *Lignin from Eucalyptus Grandis as indicator for rabbits in digestibility trials*. Tropical and Subtropical Agroecosystems., v.3, n.1-3, 2003.

SAMPAIO, I.B.M. *Estatística aplicada à experimentação animal*. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2002, 2.ed., 265p.

SCHMIDT, A.; COLDEBELLA, A.; LIMA, G.J.M.M. *Método Embrapa de avaliação de peletização*. Concórdia: EMBRAPA, CNPSA, p.1-3, 2004.

SCHEIDELER, S.E. *Poultry Feeds: Is pelleting cost effective?* Feed Management, v.46, p.21-26, 1995.

SVIHUS, B.; KLOVSTAD, K.H.; PEREZ, V.; ZIMONJA, O.; SAHLSTROM, S.; SCHULLER, R.B. *Physical and nutritional effects of pelleting of broiler chicken diets made from wheat ground to different coarsenesses by the use of roller mill and hammer mill*. Animal Feed Science and Technology, v.117, p.281-293, 2004.

THOMAS, M.; VAN DER POEL, A.F.B. *Physical quality of pelleted animal feed.1. Criteria for pellet quality*. Animal Feed Science and Technology, v. 61. p. 89-112, 1996.

THOMAS, M.; VAN VLIET, T.J.; VAN DER POEL, A.F.B. *Physical quality of pelleted animal feed. 3. contribution of feedstuffs components*. Animal Feed Science and Technology, v. 70. p. 59-78, 1998.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. SAEG - *Sistemas de análises estatísticas e genéticas*. Versão 9.1. Viçosa/MG, 2007.

VASCONCELLOS, C.H.F. *Lignina purificada e modificada (LIPE®), óxido crômico e coleta total de excretas, como métodos de determinação da digestibilidade em frangos de corte*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2004. 46p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

VASCONCELLOS, C.H.F.; VELOSO, J.A.F.; SALIBA, E.O.S.; BAIÃO, N.C.; LARA, L.J.C. *Uso da LIPE® como indicador externa na determinação da energia metabolizável de alimentos em frangos de corte*. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.59, n.2, p.459-465, 2007.

VIEIRA, S.L.; LIMA, I.L. *Live performance, water intake and excreta characteristics of broilers fed all vegetables diets based on corn and soybean meal*. International Journal of Poultry Science, v.6, p.365-368, 2005.

VOHRA, P. *Evaluation of metabolizable energy for poultry*. World's Poultry Science Journal, v.28, p.204-214, 1972.

WONDRA, K.J.; HANCOCK, J.D.; BEHNKE, K.C.; HINES, R.H.; STARCK, C.R. *Effects of particle size and pelleting on growth performance, nutrient digestibility, and stomach morphology in finishing pigs*. Journal Animal Science, v.73, p.757-763, 1995.

XAVIER, S.A.G.; STRINGHINI, J.H.; BRITO, A.B.; ANDRADE, M.A.; LEANDRO, N.S.M.; CAFÉ, M.B. *Níveis de energia metabolizável em rações pré-iniciais para frangos de corte*. Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, n.1, p.109-115, 2008.

YASAR, S. *Performance, gut size and ileal digesta viscosity of broiler chickens fed with a whole wheat added diet and the diets with different wheat particle sizes*. International Journal of Poultry Science, v.2, n.1, p.75-82, 2003.

YO, T.; SIEGEL, P.B.; GUERIN, H.; PICARD, M. *Self-selection of dietary protein and energy by broilers grownd under a tropical climate: effects of feed particle size on de feed choice*. Poultry Science, Champaig, v. 76, p. 1467-1473, 1997.

ZANNOTTO, D.L.; BELLAVER, C. *Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves*. Local: EMBRAPA, 1996. p. 1-5. (Comunicado técnico).

ZANOTTO, D.L.; GUIDONI, A.L.; ALBINO, L.F.T.; BRUM, P.R.; FIALHO, F.B. *Efeito da granulometria sobre o conteúdo energético do milho para frangos de corte*. Concórdia: EMBRAPA, CNPSA, 1998a.

ZANOTTO, D.L.; GUIDONI, A.L.; BRUM, P.R. *Granulometria do milho em rações para frangos de corte*. Concórdia: EMBRAPA, CNPSA, 1998b.

ZANOTTO, D.L.; GUIDONI, A.L.; BRUM, P.R. *Granulometria do milho em rações fareladas para frangos de corte*. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Porto Alegre, 1999. Anais... Porto Alegre: SBZ, 1999.

ZANOTTO, D. L.; BERNARDI, L. A.; GUIDONI, A. L. SoftGran. Cálculo de granulometria. Embrapa Suínos e Aves: Concórdia, 1999. Disponível em: [http://www.catalogosnt.cnpntia.embrapa.br/catalogo20/catalogo\\_de\\_produtos\\_e\\_servicos.html](http://www.catalogosnt.cnpntia.embrapa.br/catalogo20/catalogo_de_produtos_e_servicos.html). Acesso em: 13 jan. 2011. Software

ZANOTTO, D.L.; SCHIMIDT, G.S.; GUIDONI, A.L.; ROSA, P.S.; ALAJA, L.C. *Efeito do tamanho de partículas de milho e do tipo de ração no comportamento de frangos de corte*. Revista Brasileira de Ciência Avícola, Campinas, suplemento 5, p. 106, 2003.

ZANOTTO, D.L.; SCHMIDT, G. S.; GUIDONI, A. L.; BRUM, P. A. R.; ROSA, P. S. *Tamanho das partículas do milho e forma física da ração: desempenho e rendimento de carcaça com frangos de corte*. Concórdia: EMBRAPA, CNPSA, 2006.

ZELENKA, J. *Effect of pelleting on digestibility and metabolizable energy of poultry diets*. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON POULTRY NUTRITION, 14., 2003, Lillehammer. Proceedings... Lillehammer: World's Poultry Science Association, 2003. p.127-128.