

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-  
GRADUAÇÃO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**PROCESSAMENTO, GRANULOMETRIA DOS INGREDIENTES E ADIÇÃO DE  
UMIDADE EM RAÇÕES À BASE DE SORGO SOBRE A PRODUÇÃO DE  
FRANGOS DE CORTE**

Autora: Patrícia Garcia da Silva  
Orientadora: Profa. Dra. Fabiana Ramos dos Santos

RIO VERDE - GO  
Março-2016

**PROCESSAMENTO, GRANULOMETRIA DOS INGREDIENTES E ADIÇÃO DE  
UMIDADE EM RAÇÕES À BASE DE SORGO SOBRE A PRODUÇÃO DE  
FRANGOS DE CORTE**

Autor: Patrícia Garcia da Silva  
Orientadora: Profa. Dra. Fabiana Ramos dos Santos

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Rio Verde – Área de concentração Zootecnia.

Rio Verde – GO  
Março – 2016

Silva, Patrícia Garcia

S586p

Processamento, granulometria dos ingredientes e adição de umidade em rações à base de sorgo sobre a produção de frango de corte / Patrícia Garcia da Silva. Rio Verde – 2016. 47 f.: il.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde, 2016.

Orientadora: Dra. Fabiana Ramos dos Santos.

#### Bibliografia

1. Adição de água. 2. Desempenho. 3. Formas físicas de ração I. Título II. Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde.

CDD: 636.513

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PROCESSAMENTO, GRANULOMETRIA DOS  
INGREDIENTES E ADIÇÃO DE UMIDADE EM RAÇÕES  
À BASE DE SORGO SOBRE A PRODUÇÃO DE FRANGOS  
DE CORTE

Autora: Patrícia Garcia da Silva  
Orientadora: Fabiana Ramos dos Santos

*TITULAÇÃO:* Mestre em Zootecnia – Área de concentração Zootecnia  
– Zootecnia e Recursos Pesqueiros.

APROVADA em 23 de março de 2016.

  
Prof. Dr. Fabyola Barros de  
Carvalho  
*Avaliadora externa*  
UFG/Goiânia

  
Prof. Dr. Cibele Silva Minafra  
*Avaliadora interna*  
IF Goiano/RV

  
Prof. Dr. Fabiana Ramos dos Santos  
*Presidente da banca*  
IF Goiano/RV

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus.

A minha família, especialmente a minha mãe Marlene Izabel e meu pai Neilson Gonçalves, por sempre me apoiarem e acreditarem em mim.

Ao meu irmão Neilson Junior, pelo exemplo de dedicação e força de vontade e ao meu filho Victor Hugo por ser minha verdadeira inspiração.

À Prof<sup>a</sup> Dra. Fabiana Ramos os Santos pela orientação, pela oportunidade, paciência e pelos ensinamentos transmitidos.

A todos os professores do programa de pós-graduação, pelos anos de convivência e ensinamentos em minha formação acadêmica.

A todos meus amigos da pós-graduação, em especial Natália Alves, Olívia Conceição, Karolyna Marques, Ana Claudia, Diones e Letícia Arantes pelo apoio e amizade.

Para minhas amigas, Thanielly Costa e Fernanda Turella, pela ajuda, convivência e amizade.

Aos alunos de iniciação científica Gustavo, Nadiessa, Eduardo, Joallison, Maura, Gabriela, Fabio, Paula por toda a colaboração e contribuição de todos.

A todos funcionários do setor de avicultura, pelo auxílio e colaboração.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma para conclusão de mais essa etapa!

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

Patrícia Garcia da Silva, filha de Marlene Izabel de Jesus e Neilson Gonçalves da Silva, mãe de Victor Hugo Garcia Marçal, nascida em 27 de novembro de 1985 na cidade de Caçu – GO. Sua formação profissional se iniciou em 2009, no curso Superior de Zootecnia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Câmpus Rio Verde, Goiás. Em 2014 iniciou o Mestrado de Zootecnia na área de Produção Animal pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Câmpus Rio Verde – GO, concluindo em 2016.

## ÍNDICE

CAPITULO 1- INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	3
2.1 Características nutricionais do Sorgo.....	3
2.2 Processamentos das rações.....	4
2.3 Rações peletizadas.....	5
2.4 Rações peletizadas – expandidas.....	6
2.5 Granulometria dos ingredientes.....	6
2.6 Umidade de condicionamento das rações.....	8
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	10
CAPÍTULO 2 - PROCESSAMENTO, GRANULOMETRIA DOS INGREDIENTES E ADIÇÃO DE UMIDADE EM RAÇÕES À BASE DE SORGO SOBRE A PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE.....	
	15
RESUMO.....	15
ABSTRACT.....	16
1 INTRODUÇÃO.....	17
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
2.1 Dietas experimentais.....	19
2.2 Avaliação do desempenho.....	21
2.3 Avaliação do aproveitamento nutricional.....	22
2.4 Morfometria de órgão digestórios e histomorfometria intestinal.....	22
2.5 Perfil sérico bioquímico.....	23
2.6 Análise de dados.....	24

3 RESULTADOS.....	24
4 DISCUSSÃO.....	35
5 CONCLUSÃO.....	41
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela1. Composição centesimal e níveis nutricionais calculados das experimentais das fases iniciais, crescimento e final .....	20
Tabela 2. Percentual de Pelete (%), Índice de Durabilidade de Pelete (PDI, %) das rações experimentais nas fases inicial, crescimento e final.....	21
Tabela 3 - Energia Metabolizável Aparente (EMA, kcal/kg) e Energia Metabolizável Aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn, kcal/kg) de rações peletizadas e expandidas, processadas com diferentes granulometrias de ingredientes (650 x 850 micra) e níveis de adição de umidade (0,8 e 1,6%) determinadas para fase inicial (coleta do 10° ao 13° dia de idade) e fase crescimento (coleta do 27° ao 30° dia de idade das aves.....	25
Tabela 4. Desdobramento da interação processamento x umidade para EMA e EMAn de 10 a 13 dias de idade e interação entre granulometria e umidade para EMA e EMAn dos 27 aos 30 dias de idade.....	25
Tabela 5. Coeficientes de Digestibilidade ileal dos Aminoácidos determinados com aves alimentadas com rações peletizadas e expandidas, processadas com diferentes granulometrias de ingredientes (650 x 850 micra) e níveis de adição de umidade (0,8 e 1,6%).....	26
Tabela 6. Coeficientes de Digestibilidade ileal dos Aminoácidos determinados com aves alimentadas com rações peletizadas e expandidas, processadas com diferentes granulometrias de ingredientes (650 x 850 micra) e níveis de adição de umidade (0,8 e 1,6%).....	26
Tabela 7. Coeficientes de Digestibilidade ileal dos Aminoácidos e Proteína Bruta determinados com aves alimentadas com rações peletizadas e expandidas, processadas com diferentes granulometrias de ingredientes (650 x 850 micra) e níveis de adição de umidade (0,8 e 1,6%).....	27

Tabela 8. Desdobramento da interação dos coeficientes de digestibilidade ileal para os aminoácidos treonina, cistina e glicina..... 27

Tabela 9 - Desempenho aos 21 e 42 dias de idade das aves alimentadas com rações peletizadas e expandidas, processadas com diferentes granulometrias de ingredientes (650 x 850 micra) e níveis de adição de umidade (0,8 e 1,6%)..... 28

Tabela 10. Desdobramento da interação processamento x umidade para consumo de ração aos 21 dias de idade..... 29

Tabela 11 - Rendimento de carcaça (%) e cortes das aves alimentadas com rações peletizadas e expandidas, processadas com diferentes granulometrias de ingredientes (650 x 850 micra) e níveis de adição de umidade (0,8 e 1,6%)..... 29

Tabela 12. Desdobramento da interação processamento x umidade para rendimento de sobrecoxa aos 42 dias de idade..... 30

Tabela 13–Comprimento do trato gastrointestinal (TGI) (cm), peso médio TGI (PM/TGI) (%), esôfago+papo (Eso+Papo) (%), proventrículo+moela (Prov+Moe) (%), pâncreas (%), intestino delgado (ID) (%), intestino grosso (IG) (%), fígado (%) de frangos de cortes de 21 a 42 dias de idade alimentados com rações peletizadas e expandidas, processadas com diferentes granulometrias de ingredientes (650 x 850 micra) e níveis de adição de umidade (0,8 e 1,6%).....31

Tabela 14. Desdobramento da interação processamento x granulometria para comprimento do trato gastrointestinal (TGI,%), pâncreas (%) e intestino grosso (IG, %) aos 21 dias de idade.....32

Tabela 15- Altura de vilo em  $\mu\text{m}$  (vilo), profundidade de cripta em  $\mu\text{m}$  (CP) e relação vilo/cripta (V/C) do duodeno, jejuno e íleo de frangos de cortes alimentados com rações peletizadas e expandidas, processadas com diferentes granulometrias de ingredientes (650 x 850 micra) e níveis de adição de umidade (0,8 e 1,6%)..... 33

Tabela 16. Desdobramento da interação granulometria x umidade para relação vilo/crípta aos 21 dias de idade..... 32

Tabela 17. Proteínas totais (PRO)(mg/dL), colesterol (COL) (mg/dL), triglicerídeos (TRI) (mg/dL), cálcio (Ca)(mg/dL) e fósforo (P)(mg/dL); de frangos de cortes de 21 a 42 dias de idade alimentados com rações peletizadas e expandidas, processadas com diferentes granulometrias de ingredientes (650 x 850 micra) e níveis de adição de umidade (0,8 e 1,6%)..... 34

**LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES**

%	Porcentagem
°C	Grau Celsius
CA	Conversão Alimentar
Ca	Cálcio
CDIAA	Coefficiente de Digestibilidade Ileal dos Aminoácidos
CDIPB	Coefficiente de Digestibilidade da Proteína Bruta
CP	Cripta
CV	Coefficiente de Variação
Cm	Centímetro
COL	Colesterol
DGM	Diâmetro Médio Geométrico
DPG	Desvio Padrão Geométrico
EMA	Energia Metabolizável Aparente
EMAn	Energia Metabolizável Aparente Corrigida
Eso+Papo	Esôfago + Papo
G	Granulometria
GPM	Ganho de Peso Médio
G	Gramas
Kg	Quilogramas
Met+Cis	Metionina + Cistina
Mm	Milímetros
P	Processamento

P	Fósforo
PT	Proteína Total
PDI	Índice de Durabilidade de Pelete
Pro+Moe	Proventrículo + Moela
TGI	Trato Gastro Intestinal
TRI	Triglicerídeos
U	Umidade
V/C	Vilo/Cripta
μ	Micras
μm	Micrometro

## **CAPÍTULO I. CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

### **1 INTRODUÇÃO**

Com o objetivo de alcançar altos índices de produtividade, o setor avícola nacional utiliza as melhores tecnologias disponíveis no mercado na busca de qualidade e sanidade do produto. Com este intuito, trabalha com linhagens de alto potencial genético e, em vários casos, direciona o foco para nutrição, o que torna essencial a necessidade de aperfeiçoar o processamento das rações.

Para aves domésticas, a formulação de rações envolve o criterioso uso de alimentos e coprodutos combinados de forma a fornecerem quantidades adequadas dos nutrientes requeridos pelas aves (Saad et al., 2008). Atualmente, o milho consiste na base de energia na produção de rações para aves, no entanto, a busca pela redução de custos na produção avícola tem levado à utilização de alimentos energéticos alternativos, como o sorgo (Antunes et al., 2006).

O sorgo tem sido considerado boa alternativa na alimentação animal em razão da composição bromatológica semelhante à do milho, do menor custo e do aumento da disponibilidade do grão no mercado nacional nos últimos anos.

Vários estudos mostram que a inclusão de sorgo de baixo tanino ou sem tanino na ração em níveis que variam de 25 até 100% de substituição do milho não prejudica as variáveis de desempenho ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, índice de eficiência produtiva e viabilidade criatória o rendimento da carcaça e das partes, nem na composição química e sensorial da carne dos frangos de corte (Garcia et al., 2005; Nyannor et al., 2007; Jamroz et al., 2009).

Entretanto, embora as pesquisas mostrem que o sorgo pode ser uma alternativa energética na produção de rações fareladas para frangos de corte, são escassas pesquisas que verifiquem a influência deste grão na qualidade de rações peletizadas e expandidas.

A forma física e o tratamento térmico a que as rações são submetidas podem refletir em melhorias no aproveitamento dos nutrientes pela melhor digestibilidade e maior absorção (López et al., 2007). Frangos de corte alimentados com dietas peletizadas apresentam melhor desempenho, além de apresentarem diminuição de desperdício alimentar e reduzir o gasto energético durante a ingestão (Nir et al., 1994). Porém, os benefícios das rações processadas sobre o desempenho das aves estão condicionados à qualidade de peletes, ou

seja, à elevada proporção de peletes íntegros e com baixa concentração de finos ou grânulos desintegrados.

Vários fatores podem afetar a qualidade do pelete, entre eles as características dos ingredientes, a formulação da ração, o tamanho da partícula moída, a temperatura de processamento e também os processos físicos e mecânicos ligados aos equipamentos utilizados (Colovic et al., 2010). Qualquer desequilíbrio entre os fatores supracitados poderá ocasionar perdas na integridade dos peletes e, conseqüentemente, afetar o desempenho dos frangos previsto pelo consumo de rações peletizadas.

Sabe-se que a redução do diâmetro geométrico médio (DGM) dos grãos de 1200 a 1500 micra para 700 micra proporciona melhor homogeneidade de mistura das dietas (Herrman & Benhke, 1994), além de aumentar a predileção em aves na fase inicial (Nir et al., 1995). Coral et al. (2009) também descrevem que partículas menores otimizam o processo de gelatinização do amido, favorecendo a digestibilidade do alimento.

Outro fator limitante consiste no percentual de água homegenizada à dieta durante o preparo (Thomas et al., 1998). Tanto a água adicionada no misturador, como a água adicionada sob a forma de vapor durante o condicionamento, potencializa a adesão das partículas, proporcionando melhor qualidade ao pelete, conforme estudos documentados por Moritz et al. (2003) e Buchanan & Moritz (2009).

Considerando que a composição do ingrediente é um dos fatores que afetam a qualidade das rações processadas e que o sorgo é um dos principais ingredientes energéticos substitutos do milho, torna-se de grande importância pesquisas que investiguem o comportamento deste ingrediente frente a diferentes condições de processamento de rações para frangos de corte. Da mesma forma, é essencial verificar os efeitos do fornecimento de rações processadas à base de sorgo sobre o desempenho deste animal.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Características Nutricionais do Sorgo

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) tem origem africana, e pertencente à família *Poaceae*. É uma planta resistente pela alta capacidade de suportar estresse ambiental, como solos de baixa fertilidade, adversidades climáticas e regiões com distribuição irregular de chuvas (Carolino et al., 2014). Considerado cereal importante na alimentação de animais domésticos, o sorgo tem excelentes qualidades nutricionais, com ênfase no alto conteúdo de carboidratos, principalmente de amido (Rodrigues et al., 2002), principal contribuinte para o valor energético do grão (Bryden et al., 2009).

O valor nutricional do sorgo na alimentação das aves é considerado em torno de 85 a 95% em comparação ao milho. Este fato torna este grão uma alternativa viável à substituição total do milho nas rações para aves (Strighini et al., 2008; Leite et al., 2012). Garcia et al. (2005) avaliaram a substituição de diferentes níveis de milho pelo sorgo (0, 25, 50, 75 e 100%) e não verificaram diferenças significativas para peso vivo, rendimento de carcaça e rendimento dos cortes em frangos de um a 42 dias de idade alimentados com as diferentes dietas.

Antunes et al. (2006) avaliaram energia metabolizável aparente e verdadeira, corrigida ou não para o balanço de nitrogênio, dos grãos de três genótipos de sorgo com diferentes texturas de endosperma, descrevendo que a textura do endosperma do grão de sorgo influencia a metabolizabilidade da energia do grão, alcançando os maiores valores de EMA, EMV, EMAn e EMVn para grãos de sorgo de textura intermediária e macia em relação aos grãos de sorgo de textura dura, advertindo sobre as características do grão em função do balanceamento das dietas para aves com relação ao valor energético das rações.

Entretanto, o sorgo apresenta inúmeros compostos fenólicos, podendo afetar a cor, a aparência e, inclusive, a qualidade nutricional dos grãos (Elkin et al., 1991). Entre os principais compostos, estão os taninos, que são polímeros fenólicos solúveis em água, capazes de precipitar as proteínas em solução aquosa, apresentam sabor amargo e adstringente, têm capacidade de inibir enzimas, formam complexos com carboidratos e proteínas e têm atividade antimicrobiana (Deshpande et al., 1986; Chag et al., 1994).

Outra característica de composição do sorgo consiste na presença de fatores antinutricionais como o fitato e os polissacarídeos não amídicos (Leite et al., 2012),

apresentando em torno de 9% os polissacarídeos não amídicos, na forma de pentosanas, celulose e pectina (Malathi & Devegowda, 2001).

O sorgo apresenta teor de proteína total superior ao do milho, em torno de 8 a 12% (Vannalli et al., 2008), todavia, a fração principal de proteína e amido presentes no endosperma do grão de sorgo estão ligados às prolaminas (kafirinas, que são proteínas de reserva de cereais). A matriz de proteína pode limitar o acesso enzimático ao grânulo de amido, e isso explica a menor digestibilidade relativa dos nutrientes nesse cereal (Fialho et al., 2002). Ainda apresenta níveis dos aminoácidos metionina e lisina abaixo daqueles encontrados no milho, porém, tem maior quantidade de triptofano e dispõe de nível inferior de extrato etéreo (Bryden et al., 2009).

Embora muito se conheça sobre o valor nutricional do sorgo, são escassas as pesquisas que investiguem como a inclusão deste grão pode afetar a qualidade de rações peletizadas e expandidas (Amerah et al., 2007). Portanto, pesquisas devem ser empreendidas com o intuito de melhorar a qualidade de peletes de rações à base de sorgo, e consequentemente, o desempenho dos frangos.

## **2.2 Processamento das rações**

Mina-Boac et al. (2006) descrevem que o processamento de rações engloba atividades desde o recebimento dos ingredientes, da avaliação de sua qualidade, da estocagem, do uso adequado, sendo finalizado com a mistura da ração. Todas estas atividades têm a finalidade de produzir um alimento que atenda as necessidades nutricionais e de segurança tanto para o animal e quanto para ambiente.

Embora as rações fareladas ainda sejam utilizadas, atualmente, a maioria das criações industriais de frangos de corte fornece rações aos animais na forma peletizada e/ou peletizada-expandida em função dos benefícios que elas trazem aos animais.

López et al. (2007) relataram que a forma física influencia significativamente o consumo de ração em frangos. Segundo os autores, rações granuladas (peletizada-triturada) e expandidas-granuladas apresentaram maior consumo em relação à ração farelada, sugerindo essa resposta que rações fareladas podem limitar o consumo das aves e, consequentemente, seu desempenho.

Além disso, Logato et al. (2009) destacam que processos térmicos, como peletização e extrusão, modificam a estrutura de carboidratos, melhorando sua utilização pelos animais.

Isso ocorre porque os grânulos de amido sofrem gelatinização e fusão pela ação do calor e umidade nas pontes de hidrogênio entre as cadeias polissacarídicas firmemente ligadas na estrutura do grânulo (Murakami, 2010). O estudo do processo de gelatinização indica que os grânulos de amido sofrem tumescência e se rompem mais facilmente quando em presença de teores de água superiores a 40%, havendo necessidade de aplicação de temperaturas mais elevadas quando o teor de água for mais baixo (Roberta et al., 2000).

### **2.3 Rações peletizada**

A peletização pode ser definida como uma aglomeração de partículas moídas de um ingrediente ou de uma mistura de ingrediente por meio de processos mecânicos, em combinação com umidade, pressão e calor (Klein et al., 1996). Inúmeros fatores podem afetar a qualidade de peletes, entre eles as especificações nutricionais da ração, granulometria da moagem, temperatura e tempo de condicionamento, umidade da ração, taxa de compressão da matriz da prensa, alimentos a serem processados, entre outros (Colovic et al., 2010).

Tratamento térmico moderado parece melhorar o valor nutricional das rações, o que pode ser atribuído à gelatinização do amido, à destruição das paredes celulares e ao aumento da disponibilidade de nutrientes. (Aballahi et al., 2010). No caso das proteínas, ocorrem alterações das estruturas terciárias naturais, solubilizando-as e facilitando o processo de digestão (Dozier, 2001).

Várias pesquisas comprovam os efeitos benéficos das rações peletizadas sobre o desempenho dos frangos. Pucci et al. (2010), ao avaliarem o efeito de processamento de rações (farelada e peletizada/triturada) em frangos de corte machos dos 22 a 42 dias de idade, observaram consumo e ganho de peso superiores em aves alimentadas com rações peletizadas/trituradas. Lecznieski 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, tendo concluído que a peletização de ração proporcionou aumento no consumo, no ganho de peso e na melhora na conversão alimentar.

Segundo Lara et al. (2008), a melhoria no desempenho dos frangos é obtida pelo fato de a peletização promover maior consumo de ração, gerar reflexo na palatabilidade e na preferência das aves, facilidade de apreensão do alimento, o que leva à menor

movimentação e menor tempo gasto com alimentação, além de melhorar a digestibilidade dos nutrientes e, conseqüentemente, o aproveitamento da energia. Contudo, Zang et al., (2009) acrescentam que, além dos benefícios supracitados, rações peletizadas também proporcionam melhor função intestinal, podendo ser evidenciado pelo aumento da altura das vilosidades e profundidade de criptas, fatores limitantes na absorção dos nutrientes (Wang & Peng, 2008).

#### **2.4 Rações peletizadas-expandidas**

Além da peletização, outro processamento de ração que tem sido investigado na produção industrial de frangos é a expansão. A expansão da ração é um processamento térmico de alta temperatura por curto período de tempo em que parâmetros de processamento tais como umidade, temperatura, pressão e energia eletromecânica no expander influenciam as características físicas e o valor nutricional do alimento (López et al., 2007).

A ração expandida peletizada em comparação com a peletização tradicional melhora a qualidade dos peletes, pelo maior grau de gelatinização do amido, aumenta de maneira significativa a digestibilidade da gordura e da fibra, a energia metabolizável (EM) da ração e elimina bactérias patogênicas e fungos da ração (Lutch, 2002). Entretanto, para que os benefícios dos processamentos de rações sobre o desempenho dos frangos sejam obtidos é preciso manter a qualidade de peletes, ou seja, ter uma elevada concentração de peletes íntegros e baixa quantidade de finos.

Fancher et al.(1996) descreveram que dietas submetidas a tratamento de expansão antes da peletização melhoram a qualidade do pelete em comparação com dietas apenas peletizadas. Muramatsu et al. (2013) observaram que a expansão de dietas antes da peletização melhorou, respectivamente, em 26% e 31% , o PDI e a quantidade de peletes íntegros, em comparação com a ração peletizada.

#### **2.5 Granulometria dos ingredientes**

A granulometria de moagem dos alimentos, além de interferir na qualidade física do pelete, pode afetar as propriedades físicas da digesta, desenvolvimento do trato

gastrointestinal e a utilização de nutrientes (Amerah et al., 2007). Destarte, o conhecimento dos efeitos físicos da dieta sobre as alterações anatofisiológicas e do comportamento alimentar em aves auxilia na escolha do melhor tamanho de partícula e forma física da ração (Favero et al., 2009).

A granulometria pode variar de muito fina a muito grossa, de acordo com o diâmetro dos furos da peneira do moinho onde é processada (Lentle et al., 2006).

Segundo Carre (2004), o tamanho de partículas resultantes de uma moagem pode sofrer influência pelo tipo de grão, distância entre martelos, potência do moinho, dureza do grão, entre outros fatores, e a granulometria resultante destes fatores podem influenciar o desempenho das aves.

Neste sentido, Cramer et al. (2003), utilizando sorgo com tamanho variando entre 1.290 a 1.481 $\mu$ m em dietas fareladas, peletizadas e expandidas, não encontraram diferenças significativas no desempenho de frangos de corte até os 42 dias de idade.

Hamilton & Proudfoot (1995), trabalhando com diferentes granulometrias em dietas fareladas para frangos de corte, verificaram que o peso corporal aos 42 dias de idade melhorou com o aumento da granulometria (fina - peneira de 3,2 mm; grossa - peneira de 5,6 mm; e muito grossa - espaço entre rolos de 3,2 mm). Entretanto, Nir et al. (1994), trabalhando com frangos de corte de 7 a 21 dias de idade, observaram efeitos benéficos da diminuição do tamanho de partículas dos ingredientes no desempenho animal.

Com a redução no tamanho da partícula do alimento, ocorre o rompimento do tegumento externo e fratura do endosperma do grão. Esta redução aumenta o número de partículas com o mesmo tamanho e, portanto, a área total de superfície por unidade de volume, o que pode permitir maior acesso às enzimas digestivas e aumentar a eficiência digestiva (Amerah et al., 2007).

Outros benefícios são atribuídos com a redução do tamanho das partículas como maior facilidade tanto no manuseio, tanto na mistura dos ingredientes. Para Leandro et al. (2001), a padronização do tamanho das partículas das rações desempenha papel importante no uso de métodos de processamento que procedam ao adensamento via calor úmido, caso da peletização, sendo a granulometria fator comprometedor da qualidade do pelete.

Isso ocorre porque a redução no tamanho da granulometria dos ingredientes resulta no aumento da área superficial em relação ao volume, o que leva a maior número de pontos de contato entre as partículas. Como resultado, há aumento nas forças de adesão interatômicas (forças de Van der Waals, dipolo-dipolo e pontes de hidrogênio), na potencialização da força de capilaridade entre as fases sólido-líquido do pelete e penetração

de calor e umidade até o centro da partícula de ração com menor tempo de tratamento térmico (California Pellet Mill Co., 2012).

Neste contexto, Franke & Rey (2006) e Mendez et al. (2008) observaram que os pontos de ruptura podem ocorrer quando as partículas maiores do que 1,00-1,50 mm são incorporadas à estrutura da pelete. Da mesma forma, Neto et al. (2014), ao avaliarem dois tamanhos de partículas grossa - 1041 µm e média de 743 µm - observaram que partículas de tamanho médio resultaram em maior quantidade de peletes íntegros quando comparadas a partículas grossas.

## **2.6 Umidade de condicionamento das rações**

O controle de umidade nos alimentos a serem processados deve ser mantido para prevenir a ação de microrganismo e evitar possíveis perdas de nutrientes. Entretanto, a alteração da umidade durante o processamento de rações peletizadas ou expandidas pode melhorar a qualidade dos peletes, conforme verificado por Buchanan & Moritz (2009), ao adicionar 2 e 4% de umidade ao misturador.

Tanto a água adicionada no misturador como a água adicionada sob a forma de vapor durante o condicionamento atuam como agente aglutinante entre as partículas do pelete. Essa capacidade aglutinante tem como base as propriedades de capilaridade e tensão superficial da água (Froetschner, 2006). A elevação na durabilidade dos peletes é associada à ingestão uniforme e mais rápida de nutrientes, contribuindo para o incremento no desempenho animal.

Hott et al. (2008), trabalhando com níveis de inclusão de umidade (0,1 e 2%), observaram melhor ganho de peso e conversão alimentar em frangos de corte que haviam consumido rações com 1 e 2% de umidade. Estes autores também observaram que, com adição de umidade, ocorreu aumento em relação a durabilidade do pelete. Fairchild & Greer (1999), trabalhando com níveis mais elevados de adição de água entre 1 a 4%, observaram peletes de melhor qualidade, diminuição de sedimentos no moinho e redução de energia com a elevação da umidade no processamento das rações. O mesmo foi observado por Moritz et al. (2001), ao trabalharem com níveis de umidade entre 2,5 a 5%, e Buchanan & Moritz (2009), que relataram uma resposta linear e positiva sobre percentual de pelete íntegros e PDI com adição, respectivamente, de 2,0% e 4,0% de água no misturador.

A maior durabilidade de pelete adquirida pelo aumento do teor de umidade no alimento é bem documentada por Lundblad et al. (2009), que observaram, com a adição de

água em proporções de 0g/kg a 30g/kg no alimento, melhora no PDI de 79% para 87% e de 92% para 94% em dietas peletizadas e expandidas-peletizadas, respectivamente.

O limite superior para o conteúdo de umidade na massa condicionada ou condicionada-expandida é de 175 g/kg (Froetschner, 2006), e uma vez ultrapassado esse patamar de umidade, a prensa peletizadora perde a capacidade produtiva.

Nesta pesquisa, pretende-se, com a alteração da granulometria dos ingredientes em conjunto com a adição de umidade no misturador de rações peletizadas ou peletizadas-expandidas à base sorgo, conseguir melhorar a agregação das partículas, resultando em peletes íntegros e com alto índice de durabilidade, contribuindo, assim, para que as rações processadas tragam efeitos benéficos sobre o desempenho dos frangos de corte.

### 3. REFERÊNCIAS

ABDOLLAHI, M. R., RAVINDRAN V.; WESTER, T.J., RAVINDRAN, G., THOMAS, D.V. Influence of conditioning temperature on the performance, nutrient utilization and digestive tract development of broilers fed on maize- and wheat-based diets. **British Poultry Science**. 51, 648–657. 2010.

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, 2007.

ANTUNES R.C.; RODRIGUEZ N.M.; GONÇALVES L.C.; RODRIGUES J.A.S.; BAIÃO N.C.; PEREIRA L.G.R.; LARA L.J. Valor nutritivo de grãos de sorgo com diferentes texturas do endosperma para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58. p.877-883, 2006.

BUCHANAN, N.P.; MORITZ, J.S, Main effects and interactions of varying formulation protein, fiber, and moisture on feed manufacture and pellet quality, **Poultry Science Association**, Res, 18:274–283, 2009.

BRYDEN, B.W.; SELLE, P.H.; CADOGAN, D.J.; LI, X.; MULLE, N.D.; JORDAN, D.R.; GILDLEY M.J.; HAMILTON, W.D.A Review of the Nutritive Value of Sorghum for Broilers. **Rural Industries Research and Development Corporation**.2009.

CALIFORNIA PELLET MILL CO. **The pelleting process**. Disponível em <<http://ww1.prweb.com/prfiles/2012/01/09/9090113/Animal%20Feed%20Pelleting.PDF>>. Acesso em 24 fev. 2015. 2012.

CARRE, B. Causes for variation in digestibility of starch among feedstuffs. **World's Poultry Science Journal**, v.60, p.76-89, 2004.

CAROLINO, A. C.X. G.; SILVA, M. C. A.; LITZ, F. H.; FAGUNDES, N. S.; FERNANDES, E. A. Rendimento e composição de carcaça de frangos de corte alimentados com dietas contendo sorgo grão inteiro. **Bioscience Journal**. V.30 n4, p.1139-1148. 2014.

CHANG, M.J., COLLINS, J.L., BAILEY, J.W., COFFEY, D.L. Cowpeas tannins related to cultivar, maturity, dehulling and heating. **Journal of Food Science**, Chicago, v.59, n.5, p.1034-1036, 1994.

COLOVIC, R., VUKMIROVIC, D., MATULAITIS, R., BLIZNIKAS, S., UCHOCKIS, V., JUSKIENE, V., LEVIC., J. **Food and Feed Research**, n.1, 1-6. 2010.

CORAL, D.F.; PINEDA-GÓMEZ, P.; ROSALES, R.A.; RODRIGUEZ-GAARCIA, M.E. Preface. **Journal of Physics: Conference Series**;167(1).2009.

CRAMER, K. R.; WILSON, K. J.; MORITZ, J. S.; BEYER, R. S. Effect of Sorghum-Based Diets Subjected to Various Manufacturing Procedures on Broiler Performance. **The Journal of Applied Poultry Research**, Champaign, v.12, p.404–410, 2003.

DESHPANDE , S.S., CHERYAN, M., SALUNKHE, D.K. Tannin analysis of food products. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.24, n.4, p.401-449, 1986.

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

DU, M.; CHERIAN, G.; STITT, P. A.; AHM, D. U. Effect of dietary sorghum cultivars on the storage stability of broiler breast and thigh meat. **Poultry Science**. V.81, p. 1385-1391, 2002.

ELKIN, R. G., FEATHERSTON, W. R., ROGLER, J. C. Investigation of the leg abnormality in chicks consuming high-tannin sorghum grain diets. **Poultry Science**, n.57, p.757-762, 1991.

FAIRCHILD, F.; GREER D. Pelleting with precise mixer moisture control. **Feed International**. 20(8):32-36, 1999.

FANCHER, B. I., ROLLINS, D., TRIMBEE, B. Feed processing using the annular gap expander and its impact on poultry performance. **Journal Applied of Poultry Research**, v.5, p.386-394, 1996.

FAVERO, A.; MAIORKA, A.; DAHLKE, F. Influence of feed form and corn particle size on the live performance and digestive tract development of turkeys. **Journal of Applied Poultry Research**, v.18. p. 772-779, 2009.

FIALHO, E.T.; LIMA, J.A.F.; OLIVEIRA, W. et al. Substituição do milho pelo sorgo sem tanino em rações de leitões: digestibilidade dos nutrientes e desempenho animal. **Revista Brasileira Milho Sorgo**, v.1, p.105-111, 2002.

FRANKE, M.; REY, A. **Improving peletes quality and efficiency**. Feed Tech, 10, number 3. 2006. Disponível em <[http://www.allaboutfeed.net/PageFiles/10790/001\\_boerderij-download-AAF10415D01.pdf](http://www.allaboutfeed.net/PageFiles/10790/001_boerderij-download-AAF10415D01.pdf)>. Acesso em 25 janeiro 2016.

FROETSCHNER, J. **Conditioning controls pellet quality**. Feed Tech Volume 10, Number 6. 2006

GARCIA, R.G. et al. Influência da substituição do milho pelo sorgo sobre os parâmetros produtivos e fisiológicos de frangos de corte. **Revista Brasileira Ciência Avícola**., Santos, suplemento, p. 20, 2004.

GARCIA, R.G.; MENDES, A.A.; COSTA, C. et al. Desempenho da carne de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de sorgo em substituição ao milho. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**., v.57, p.634-643, 2005.

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**., 51(3):203-210. 1995.

HERRMAN, T.; BEHNKE, K. C. **Testing Mixer Performance**. Kansas state University Extension Bulletin, MF – 1172, 1994.

HOTT, J. M.; BUCHANAN, N. P.; CUTLIP, S. E.; MORITZ, J. S. The effect of moisture addition with a mold inhibitor on pellet quality feed manufacture, and broiler performance. **Poultry Science**, 17:262-271. 2008.

JAMROZ, D., et al. Effect of sweet chestnut tannin (SCT) on the performance, microbial status of intestine and histological characteristics of intestine wall in chickens. **British Poultry Science**, v.50, p. 687-699, 2009.

KLEIN C.H.; PENZ, A.M.J.; GUIDONI, A.L.; BRUM, P.A.R. **Efeito da forma física e do nível de energia da ração sobre o desempenho e a composição de carcaças de frangos de corte.** UFRGS. P.Alegre. Tese Mestrado. 1996. 98p.

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. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.4, p.970-978, 2008.

LEANDRO, N. S. M.; STRINGHINI, J. H.; CAFÉ, M. B.; ORSINE, G. F.; ROCHA, A. C.; Efeito da granulometria do milho e do farelo de soja sobre o desempenho de codornas japonesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 30(4): 1266-1271, 2001.

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

LEITEP.R.S.C.; LEANDRO, N.S.M.; STRINGHINI.J.H.; SOUZA.E.S.; CAFÉM.B.; CARVALHOF.B.; ANDRADEM.A. Microbiota intestinal e desempenho de frangos alimentados com rações elaboradas com sorgo ou milheto e complexo enzimático. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. vol.64 no.6 . 2012.

LENTLE, R.G.; RAVINDRAN, V.; RAVINDRAN, G.; THOMAS, D.V. Influence of feed particle size on the efficiency of broiler chickens fed wheat based diets. **Journal of Poultry Science**, v.43, p.135-142, 2006.

LOGATO, P.V.R.; ALBERNAZ, N. da S.; RIBEIRO, P.A.P.; FREITAS, R.T.F de, FIALHO, E.T. Effect of the ration processing on the apparent digestibility values of nutrients for the Piau (*Leporinus elongatus*). **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.3, p.890-894, 2009.

LÓPEZ, 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. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**., v.59, n.4, p.1006-1013, 2007

LUNDBLAD, K.K.; HANCOCK, J.D.; BEHNKE, K.C.; PRESTLOKKEN, E., MCKINNEY, L.J.; SORENSEN, M., The effect of adding water into the mixer on pelleting efficiency and pellet quality in diets for finishing pigs without and with use of an expander, **Animal Feed Science Technology**. 150 (2009) 295-302.

LUTCH, W.H. Mejoramiento de la producción de pollo por medio de la expansión de alimento. **Industria Avícola**, v.50, p.32-35, 2002.

MALATHI, V.; DEVEGOWDA, G.; In vitro evaluation of non starch polysaccharide digestibility of feed ingredients by enzymes. **Poultry Science**, Champaign, v.80, p.302–305, 2001.

MURAMATSU, K., MAIORKA, A., VACCARI, I.C.M., REIS, R.N., DAHLKE, F., PINTO, A.A., ORLANDO, U. A. D., BUENO, M., IMAGAWA, M. Impact of particle size, thermal processing, fat inclusion and moisture addition on pellet quality and protein solubility of broiler feeds. **Journal of Agricultural Science and Technology A**;3:1017-1028. 2013.

MENDEZ, J.; R. I. E.; SANTOMÁ, G. **Feed Manufacturing**. The Nutrition of the Rabbit. Cab International. 2008.

MINA-BOAC, J.; MAGHIRANG, R.G.; CASADA, M.E. Durability and Breakage of Feed Pellets during Repeated Elevator Handling. **ASABE Annual International Meeting**. ASABE. Portland, Oregon. 9. 2006

MORITZ, J.S.; BEYER, R. S.; WILSON, K. J.; CRAMER, K. R. Effect of moisture addition at the mixer to a corn-soybean-based diet on broiler performance. **Poultry Science**, 10: 347-353. 2001.

MORITZ, J.S., CRAMER, K.R., WILSON, K.J., BEYER, R.S.. Feed manufacture and feeding of rations with graded levels of added moisture formulated to different energy densities. **J. Appl. Poult. Res.** 12, 371–381. 2003.

MURAKAMI, F. Y. **Impacto da adição de água no processo de extrusão sobre a digestibilidade e propriedades físico-químicas da dieta para cães**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de mestre em Ciências Veterinária. 2010.

NETO, E. S. L.; MURAMATSU, K.; DURAU, J.; DAL PONT, G. C.; LIMA, L. B.; MAIORKA, A. Impacto do tamanho da partícula na qualidade de peletes e solubilidade proteica de dietas para frangos de corte. **In: VI Congresso Latino-Americano de Nutrição Animal**, 2014, Estância de São Pedro, SP. 2014.

NIR, I., SHEFET, G., ARONI, Y.. Effect of particle size on performance: 1. **Corn. Poultry Science**, 73(1):45-49.1994.

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

NYANNOR, E.K.D.; ADEDOKUN, S.A.; HAMAKER, B.R.; EJETA, G.; ADEOLA, O. Nutritional evaluation of high-digestible sorghum for pigs and broiler chicks. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 196-203. 2007

PUCCI, L.E. A.; RODRIGUES, P. B.; FREITAS, R. T. F.; FIALHO, E. T.; NASCIMENTO, G. A. J.; ALVARENGA, R. R. Efeito do processamento, suplementação enzimática e nível nutricional da ração para frangos de corte no período de 22 a 42 dias de idade. **Ciência Agrotecnológica.**, Lavras, v. 34, n. 6, p. 1557-1565, 2010.

ROBERTA, C. R. S.; ANDRADE, T. Investigação dos processos degelatinização e extrusão do amido de milho. **Ciência e Tecnologia**. 10(1): 24-30. 2000.

RODRIGUES, P. B.; FREITAS, R. T. F. D.; FIALHO, E. T. Digestibilidade dos nutrientes e desempenho de suínos em crescimento e terminação, alimentados com rações à base de milho e sorgo suplementadas com enzimas. **Revista Brasileira de milho e Sorgo**, v.1 n.2, p. 91-100, 2002.

SAAD, C. E. P.; FERREIRA W. M.; BORGES F. M. O.; LARA L. B.; Energia Metabolizável de Alimentos Utilizados na Formulação de Rações para Papagaios-verdadeiros. **Ciência e Agrotecnologia.**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 591-597, mar./abr., 2008.

SCOTT, T.A.; BOLDAJI, F. Comparison of inert markers [chromic oxide or insoluble ash (Celite™)] for determining apparent metabolizable energy of wheat-or barley-based broiler diets with or without enzymes. **Poultry Science**, Champaign, v.76, n.9, p.594-598, 1997.

STRINGHINI, J.H.; LABOISSIÈRE. M.; REZENDE, C. S. M.; MINAFRA, C.S.; FERREIRA, L.L.; SANTOS, B. M. Alimentos alternativos para frangos de corte, **In:** Simpósio sobre manejo de frango de corte, 2008, Goiânia. **Anais...**Goiânia: FACTA, 2008.

THOMAS, M.; VAN DER POEL, A. F. B. Physical quality of pellet animal feed. 1.Criteria for pellet quality. In: Physical quality of pellet animal feed: a feed model study. Wageningen Proceedings... Wageningen: **Agricultural University**, p.19-46, 1998.

VALADARES FILHO, S. C.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; CAPPELLE, E. R. **Tabelas brasileiras de composição para bovinos**. Viçosa: UFV, 2002. 207p.

VANNALLI, S.; KASTURIBA, B. ; YENAGI, R. K. N. Nutritive value and quality characteristics of sorghum genotypes. Karnataka **J. Agric. Sci.** 20:586-588. 2008.

ZANG, J.J., PIAO, X.S., HUANG, D.S., WANG, J.J., MA, X., MA, Y.X. Effects of feed particle size and feed form on growth performance, nutrient metabolizability and intestinal morphology in broiler chickens. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, v.22, p.107 – 112, 2009.

## **CAPÍTULO 2 –PROCESSAMENTO, GRANULOMETRIA DOS INGREDIENTES E ADIÇÃO DE UMIDADE EM RAÇÕES À BASE DE SORGO SOBRE A PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE.**

### **RESUMO**

Objetivou-se com esta pesquisa avaliar o efeito de rações formuladas à base de sorgo peletizadas e expandidas, preparadas com diferentes níveis de adição de umidade no misturador, e granulometrias de ingredientes sobre a energia metabolizável, digestibilidade ileal de aminoácidos, desempenho, morfometria do sistema digestório, histomorfometria intestinal e perfil sérico-bioquímico de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade. Foram utilizados 720 pintos de corte, machos, da linhagem Cobb<sup>®</sup>, com seis repetições por tratamento, com 15 aves cada. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x2x2, sendo os tratamentos processamento de ração peletizada ou expandida; adição de 0,8% ou 1,6% de umidade no misturador; e granulometria de 650 e 850 micra. A melhor conversão alimentar foi obtida com as aves que consumiram rações expandidas aos 42 dias de idade. O rendimento de carcaça, histomorfometria intestinal e perfil sérico-bioquímico não foram afetados pelos tratamentos estudados. Aves alimentadas com rações preparadas com granulometria dos ingredientes de 850 micra apresentaram maior percentual de intestino grosso, enquanto aquelas que consumiram rações expandidas com 650 micra de granulometria obtiveram maior comprimento do trato gastrintestinal. Maiores valores de EMA e EMAn das rações na fase inicial foram observados para aves alimentadas com rações peletizadas ou preparadas com 1,6% de umidade. Coeficientes de digestibilidade ileal de aminoácidos superiores foram obtidos com o consumo de rações peletizadas, preparadas com granulometria de 650 micra e 1,6% de umidade.

**Palavras chave:** adição de água, desempenho, desenvolvimento digestivo, formas físicas de ração, granulometria.

## CHAPTER 1 –PROCESSING, PARTICLE SIZE OF INGREDIENTS AND ADDITION OF MOISTURE IN DIETS SORGHUM-BASED ON BROILER PRODUCTION

### ABSTRACT

This paper aimed to evaluate the effect of rations formulated based on sorghum, pelletized and expanded, prepared with different levels moisture added on mixer, and ingredients granularity on performance, metabolizable energy of rations amino acid ileal digestibility, morphometry of the digestive system, intestinal histomorphometry and serum biochemical profile of broilers at 21 and 42 days old. There were used 720 broiler chicks, males of Cobb® lineage, housed 15 birds per cage, totaling six repetitions per treatment. I was used the completely randomized design, in a 2x2x2 factorial scheme, and the treatments were processing pelleted feed or expanded; addition of 0.8 % or 1.6% moisture in conditioner; particle size of 650 and 850 micra. Better feed conversion was obtained with chickens that are expanded rations at 42 days old. Carcass yield, intestinal histomorphometry and serum biochemical profile were not affected by the treatments studied. Chicks fed with prepared feed with a particle size of 850 micra ingredients showed greater percentage in large intestine, while those ones that consumed expanded diets with 650 micra particle size obtained greater length of the gastrointestinal tract. Higher EMA and AMEn values of the feed in the initial stage were observed for birds fed with pelletized rations, prepared with 1.6 % moisture. Coefficients amino acid ileal digestibility were obtained with higher consumption pelletized rations, prepared with a particle size of 650 micra and 1,6 % moisture.

**Keywords:** adding water performance, digestive development, physical forms of feed, granuality.

## 1. INTRODUÇÃO

Inúmeros benefícios sobre o desempenho de frangos de corte são atribuídos ao consumo de rações processadas, ocorrendo estas melhorias na produtividade das aves que ingerem estas rações em relação às fareladas, pela redução de gastos energéticos durante a ingestão, redução da segregação dos ingredientes (Abdollahi et al., 2010) e aumento do estado de higiene da alimentação, contribuindo também para o incremento da digestibilidade ileal aparente dos nutrientes (Jia & Slominski, 2010). Entretanto, todas estas melhorias no desempenho estão condicionadas à qualidade física do pelete ingerido (Zatari et al., 1990).

Dessa forma, a compreensão da combinação entre a alimentação das aves, das estratégias de processamentos que melhorem a qualidade física do pelete e, conseqüentemente, a disponibilidade de nutrientes podem elevar o desempenho assim como aumentar a rentabilidade global da indústria de frangos de corte (Moritz & Lilly, 2010), garantindo a satisfação do mercado consumidor, que anseia por alimentos de boa qualidade (Rizzo et al., 2010).

A qualidade do pelete se refere ao percentual de peletes íntegros produzidos, sendo inversamente proporcional à quantidade de finos, já o Índice de Durabilidade do Pelete (PDI) é atribuído à sua resistência contra a fragmentação e as forças de impacto. A qualidade física do pelete e sua capacidade para resistir aos esforços de manipulação devem ser igualmente levadas em conta (Briggs et al., 1999), sendo esta capacidade avaliada ao longo da expedição e transporte da ração (Amerah et al., 2007) até sua chegada à granja.

Inúmeros fatores podem afetar a qualidade de peletes, entre eles as especificações nutricionais da ração, granulometria da moagem, temperatura e tempo de condicionamento, umidade da ração, taxa de compressão da matriz da prensa, alimentos a serem processados, entre outros (Colovic et al., 2010).

Através do processo de moagem ou de redução de tamanho de partículas, são alteradas as características físicas dos ingredientes para aumentar a área de superfície, ocasionando maior digestão de nutrientes, aumento da dispersibilidade e homogeneidade dos nutrientes na mistura, melhorando a qualidade do pelete (Biagi, 1998).

Sabe-se que a redução do diâmetro geométrico médio (DGM) dos grãos de 1200 a 1500 micra para 700 micra proporciona melhor homogeneidade de mistura das dietas (Hermman & Benhke, 1994), além de aumentar a predileção em aves na fase inicial (Nir et al., 1995). Coral et al. (2009) também descrevem que partículas menores otimizam o processo de gelatinização do amido, favorecendo a digestibilidade do alimento. Além disso,

a granulometria de moagem dos alimentos também pode afetar as propriedades físicas da digesta, o desenvolvimento do trato gastrointestinal e a utilização de nutrientes (Amerah et al., 2007). Entretanto, Cramer et al. (2003), utilizando sorgo com tamanho variando entre 1.290 a 1.481 $\mu$ m em dietas fareladas, peletizadas e expandidas, não encontraram diferenças significativas no desempenho de frangos de corte até os 42 dias de idade.

Outro fator limitante consiste no percentual de água homegenizada adicionada à dieta durante o preparo (Thomas et al., 1998). Tanto a água adicionada no misturador como a água adicionada sob a forma de vapor durante o condicionamento potencializam a adesão das partículas, proporcionando melhor qualidade ao pelete, conforme estudos documentados por Moritz et al. (2003) e Buchanan & Moritz (2009).

O uso de expander em fábricas de rações também tem efeito positivo sobre a qualidade do pelete. Fancher et al. (1996) descreveram que dietas submetidas ao tratamento de expansão antes da peletização melhoram a qualidade do pelete em comparação com dietas apenas peletizadas. Muramatsu et al. (2013) observaram que a expansão de dietas antes da peletização melhorou, respectivamente, em 26% e 31% o PDI a quantidade de pelete íntegros, em comparação à ração peletizada.

Embora pesquisas mostrem que sorgo é uma alternativa energética na produção de rações fareladas para frangos de corte, são escassas as pesquisas que verificam a influência deste grão na qualidade de rações peletizadas expandidas e avaliem como estas dietas podem interferir no desempenho de frangos de corte.

Diante disto, objetivou-se, com esta pesquisa, avaliar o efeito de rações formuladas à base de sorgo peletizadas e peletizadas-expandidas preparadas com diferentes níveis de adição de umidade (0,8 e 1,6% de adição de água no misturador) e com duas granulometrias de ingredientes distintas (650 e 850 micra) sobre o desempenho, energia metabolizável das rações, digestibilidade ileal de aminoácidos, morfometria do sistema digestório, histomormetria intestinal e perfil sérico-bioquímico de frangos de corte.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano, Câmpus Rio Verde-GO, entre os meses de novembro e dezembro de 2014. Foram utilizados 720 pintos de corte de um dia de idade, da linhagem Cobb<sup>®</sup>, machos, com peso médio inicial de 38g. O período experimental foi de 42 dias. O projeto de pesquisa foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa com animais desta mesma instituição sob o protocolo de número 009/2014.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 2 x 2 (processamento de ração peletizado ou expandida-peletizada; adição de 0,8% ou 1,6% de umidade no misturador; granulometria dos ingredientes de 650 e 850 micra) com seis repetições de 15 aves em cada gaiola.

Os pintos foram alojados em baterias contendo cada uma quatro gaiolas metálicas com dimensões 0,90 x 0,60 x 0,40m, equipadas com comedouros e bebedouros tipo calha, uma lâmpada de 100W para aquecimento e bandejas metálicas para coleta das excretas. As aves permaneceram sob iluminação constante (natural e artificial) com verificação da temperatura duas vezes ao dia e manejo das cortinas. A temperatura média registrada durante o experimento foi de  $28 \pm 2,4^{\circ}\text{C}$ , sendo a mínima de 19 e a máxima de  $39^{\circ}\text{C}$ . A água e a ração foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental, sendo os comedouros supridos de ração duas vezes ao dia, para evitar desperdício.

### **2.1 Dietas Experimentais**

As dietas experimentais foram processadas em uma fábrica de ração comercial de frangos de corte localizada em Rio Verde – Goiás, Brasil. As rações foram formuladas à base de sorgo e de farelo de soja para atender as demandas nutricionais para a fase inicial (1 a 21 dias), de crescimento (22 a 35 dias) e final (36 a 42 dias), de acordo com as recomendações nutricionais da indústria. A composição centesimal e os níveis nutricionais de calculados das rações experimentais são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Composição centesimal e níveis nutricionais calculados das rações experimentais das fases iniciais, crescimento e final.

Ingredientes	Matéria Natural %		
	Inicial	Crescimento	Final
Sorgo %	53,00	56,93	59,65
Farelo de Soja 46%	37,20	33,89	30,90
Óleo de Soja	4,51	5,16	5,89
Fosfato Bicálcio	1,54	1,26	1,06
Calcário	1,17	1,02	0,91
Sal Granulado	0,51	0,46	0,44
Caulim	0,70		
Metionina	0,41	0,38	0,33
Lisina	0,34	0,33	0,33
Premix Vitamínico Mineral*	1,30	1,30	1,30
Anti Salmonella	0,48	0,47	0,45
Treonina	0,09	0,08	0,07
Cloreto de Colina	0,04	0,03	0,02
Total	100,01	100,01	100,00
Níveis Calculados			
Energia Metabolizável (Kcal/kg)	2.989	3.094	3.175
Proteína Bruta, (%)	22,21	21,02	19,88
Lisina dig., (%)	1,21	1,12	1,06
Metionina dig., (%)	0,48	0,55	0,51
Treonina dig., (%)	0,65	0,65	0,65
Triptofano dig.,	0,19	0,19	0,19
Cálcio, (%)	1,01	0,87	0,76
Sódio, (%)	0,22	0,20	0,19

\*Premix Vitamínico Mineral (Níveis Nutricionais por quilo de Produto) – Cálcio 1, 0% - Sódio 3,9% - Potássio 0,01% - Cloro 0,02% - Matéria Mineral 56,96% - Cobre 5.993,33 ppm – Ferro 14.979,00 – Manganês 34.437,70 ppm – Zinco 29.970,41 ppm – Iodo 599,37 ppm – Selênio 199,19 ppm – Vitamina A 3.136,00 U.I. – Vitamina D3 963,20 U.I. – Vitamina E 17.360,00 ppm – Vitamina K 729,26 ppm – Vitamina B1 824,32 ppm – Vitamina B2 3.225,60 ppm – Vitamina B6 1.395,36 ppm – Vitamina B12 11,87 ppm – Ácido Fólico 1.032, 08 ppm – Ácido Nicotínico 10.363,00 ppm - Ácido Pantotênico 5.241,60 ppm – Biotina 75,00 ppm – Monensina 110,00 ppm

Para a produção das rações experimentais, foi utilizada a estrutura de uma fábrica de ração de uma integradora de frangos de corte, na qual o método de moagem dos cereais consistiu na utilização de moagem conjunta. O tamanho das partículas definidas foi alcançados utilizando peneiras de 5 e 6,5mm, obtendo DGM (diâmetro geométrico médio) de 650 e 850 micra, respectivamente. Foram utilizados dois diferentes processamentos (peletizada e peletizada-expandida), sendo o equipamento usado para peletizar e expandir as rações constituído de um conjunto completo de expander Kahl® e peletizadora Buhler®. A temperatura de processamento foi de 82°C a 34 segundos no condicionador para peletizadora e 130 °C a 11 segundos para o expander, sendo o tamanho do pelete de 4,00 mm. Nas rações de cada fase da criação, a porcentagem de pelete foi medida pelo peneiramento da

ração e separação da porção fina da porção grossa através de um recipiente perfurado submetido a agitação (Advantech Manufacturing, INC, 2001), e o índice de durabilidade foi estabelecido pela metodologia Pfast, na qual 500g de peletes íntegros são acondicionados em uma caixa que rotaciona a 50 rpm por 10 minutos. Após, a amostra é peneirada em peneira de 3,0mm de diâmetro, sendo considerada íntegra a porcentagem de peletes que permaneceu sobre a peneira (Froestschner, 2006; Lowe, 2005). O percentual de peletes (%) e o Índice de Durabilidade de Pelete (PDI, %) das rações experimentais estão apresentados Tabela 2.

Tabela 2. Percentual de Pelete (%), Índice de Durabilidade de Pelete (PDI, %) das rações experimentais nas fases inicial, crescimento e final.

	Inicial		Crescimento		Final	
	(%) Pelete	PDI (%)	(%) Pelete	PDI (%)	(%) Pelete	PDI (%)
650 µm						
Expandida 0,8%	90,3±10,8	84,4±0,6	83,2±11,2	69,5±0,9	89,8±0,3	79,1±1,1
Expandida 1,6%	97,3±0,8	85,3±1,0	95,0±0,3	89,2±0,5	97,4±1,0	78,6±0,5
Peletizada 0,8%	80,3±11,0	69,8±1,8	71,56±4,87	74,7±4,9	71,8±0,6	68,7±2,0
Peletizada 1,6 %	86,5±6,7	74,7±1,8	78,62±8,23	70,8±3,1	84,4±10,1	69,0±3,5
850 µm						
Expandida 0,8%	87,6±7,8	83,6±2,3	87,43±4,74	81,1±3,0	91,3±6,0	77,8±2,4
Expandida 1,6%	96,0±1,8	87,0±1,9	93,88±1,63	87,5±0,8	93,7±0,5	89,1±0,8
Peletizada 0,8%	79,8±7,3	73,8±0,3	82,68±11,89	70,3±0,3	82,4±10,2	69,3±2,4
Peletizada 1,6 %	92,9±3,8	70,1±2,4	91,9±0,5	74,4±2,1	85,5±2,7	88,2±1,1

Médias ±Desvio Padrão

## 2.2 Avaliação do desempenho

As variáveis de desempenho zootécnico avaliadas foram peso médio, ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar aos 21 e 42 dias de idade. Para isso, as aves e as sobras de rações foram pesadas no início e final de cada fase. O número de aves mortas foi contabilizado nos intervalos como critério para correção do consumo e conversão alimentar.

Aos 42º dias de idade, duas aves com peso médio semelhante ao obtido por parcela experimental foram abatidas, após jejum alimentar de 12 horas, para verificar o rendimento em porcentagem de carcaça e cortes: peito, coxa, sobrecoxa e porcentagem de gordura abdominal.

O rendimento de carcaça (RC) foi calculado em relação ao peso vivo antes do abate, e o rendimento de cortes, em função do peso da carcaça quente.

### **2.3 Avaliação do Aproveitamento Nutricional**

Para determinar a energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio igual a zero (EMAn) das rações experimentais foi utilizado o método de coleta total de excretas nas idades dos 10 aos 13 e 27 aos 30 dias de idade. Foi mensurado o consumo de ração neste período e sob cada gaiola foi instalada uma bandeja de alumínio coberta com plástico para o recebimento das excretas que foram coletadas às 8h00m e 15h00m em cada dia, acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificados por repetição e congeladas para posterior análise de matéria seca, energia bruta e nitrogênio, segundo Silva & Queiroz (2002). Os valores de EMA e EMAn foram calculados utilizando as equações descritas por Matterson et al. (1965).

Para determinação dos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos e proteína bruta, foi feita coleta da digesta ileal aos 21 dias de idade. Caulim, uma fonte de sílica, foi adicionado à ração de fase inicial, no nível de 0,70%, com o objetivo de elevar os níveis de cinza insolúvel em ácido, que foi utilizada como indicador indigestível (Scott & Boldaji, 1997). Aos 21 dias de idade, cinco aves por repetição foram abatidas por deslocamento cervical. Imediatamente após o abate, o íleo foi exposto por incisão abdominal e um segmento de 30 cm terminando a 4,0 cm da junção íleo-cecal foi removido e seu conteúdo recolhido em recipiente plástico devidamente identificado por tratamento e repetição (Adedokun et al., 2007).

As amostras das rações e excretas experimentais foram encaminhadas ao laboratório de Nutrição Animal do IFGoiano, Câmpus Rio Verde, para determinação do conteúdo de matéria seca, energia bruta e proteína bruta, segundo Silva & Queiroz (2002). Para evitar perdas aminoacídicas, as digestas foram secas em liofilizador a -53°C, durante 72 horas. Os aminoácidos totais das rações e digestas foram determinados, utilizando cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), feita pela Ajinomoto Animal Nutrition®. A cinza ácida insolúvel, fração indigerível presente nas dietas e nas digestas, foi determinada segundo a metodologia descrita por Van Carvalho et al. (2013). Com os resultados laboratoriais, foram determinados os coeficientes de digestibilidade ileal dos aminoácidos e a proteína bruta, segundo fórmulas descritas por Sakomura & Rostagno (2007).

### **2.4 Morfometria de órgãos digestórios e histomorfometria intestinal**

Para a avaliação da morfometria e histomorfometria intestinal, aos 21 e 42 dias de idade, duas aves com pesos próximos à média obtida por parcela foram abatidas por deslocamento cervical e evisceradas.

Para avaliar a morfometria gastrointestinal, foram tomadas medidas dos órgãos digestivos (comprimento total e peso do esôfago+papo, proventrículo+moela, intestino delgado e grosso, fígado e pâncreas), os quais foram medidos e pesados seguindo os seguintes passos:

Comprimento do trato gastrintestinal (TGI), medido pelo tamanho do TGI desde a inserção do esôfago na orofaringe até a comunicação do intestino grosso com a cloaca; Peso do esôfago e papo, separado após medida de comprimento do TGI; Peso do proventrículo mais moela, separados após medida do TGI; Peso do pâncreas, após a sua separação da alça duodenal; Peso do intestino delgado, porção que compreende o final do estômago muscular até o início dos cecos; Peso do intestino grosso, representado pelo peso dos cecos, do colón e do reto; Peso do fígado, dado pelo peso do fígado sem a vesícula biliar.

A altura das vilosidades e a profundidade das criptas do duodeno, jejuno e íleo foram avaliadas microscopicamente após o abate. Os segmentos do intestino com aproximadamente 4,0 cm de comprimento foram cuidadosamente coletados e lavados imediatamente em água destilada, identificados, armazenados em solução de formol tamponado por 24 horas, em seguida, mantidos em álcool 70% até a confecção das lâminas.

Para a montagem das lâminas, os cortes intestinais foram desidratados em série crescente de etanol, diafanizados em xilol e incluídos em parafina, seguindo metodologia adaptada de Carvalho et al. (2009). Utilizou-se para o corte dos tecidos um micrótomo e depois foram feitos cortes multisseriados de quatro  $\mu\text{m}$  de espessura, tendo sido escolhidos seis cortes de cada segmento, dispostos em lâmina, corados em hematoxilina-eosina e cobertos com lamínula de vidro.

As análises morfométricas foram feitas usando microscopia de luz e digitalizadas em um *software* Image Pro Plus<sup>®</sup> para análise de imagens. As variáveis estudadas foram altura das vilosidade intestinais (VI), profundidade de criptas (CR) (30 leituras por lâminas) e a relação vilo/cripta (VI/CR). As medidas das VI foram feitas a partir da região basal coincidente com a porção superior das criptas até ao ápice das VI. A CR foi tomada a partir da região basal das vilosidades até sua delimitação com a muscular da mucosa.

## 2.5 Perfil sérico-bioquímico

Antes da insensibilização para o sacrifício, foi feita coleta de sangue de uma ave por parcela, pelo rompimento com um corte transversal das artérias carótidas e veias jugulares, segundo Gonçalves et al. (2010).

As análises bioquímicas foram feitas no Laboratório de Bioquímica e Metabolismo Animal, utilizando aparelho espectrofotômetro e kits comerciais da DOLES<sup>®</sup>. Os princípios para determinação de cada parâmetro bioquímico (cálcio, fósforo, proteínas totais, triglicérides e colesterol) foram feitos em duplicata por kits específicos.

## **2.6 Análise de dados**

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo programa SISVAR 5.0 (Ferreira, 2014) e as médias, comparadas pelo teste de F a 5% de probabilidade.

## **3 RESULTADOS**

Ao analisar os valores de EMA e EMAn, Tabela 3, observou-se que não houve efeito dos métodos de processamento, granulometria e nível de umidade na fase de crescimento (27 – 30 dias). Porém, na fase inicial (10 a 13 dias) as aves que consumiram rações peletizadas, assim como as dietas com adição de 1,6% de umidade apresentaram valores de EMA e EMAn superiores.

Observou-se interação significativa entre processamento e umidade na fase inicial (10 a 13 dias de idade) e granulometria e umidade na fase de crescimento (27 a 30 dias de idade). Com o desdobramento da interação, (Tabela 4), na fase inicial, verificou-se que para os valores de EMA e EMAn não houve diferença entre os níveis de umidade (0,8 e 1,6%) para as aves que consumiram rações expandidas . Entretanto, aves alimentadas com rações peletizadas com 1,6% de umidade apresentaram EMA e EMAn superiores às rações expandidas

Na fase de crescimento, aves alimentadas com rações produzidas com granulometria de 650 micra e 1,6% de umidade resultaram em um melhor aproveitamento energético (EMA e EMAn).

Tabela 3 - Energia Metabolizável Aparente (EMA, kcal/kg) e Energia Metabolizável Aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn, kcal/kg) de rações peletizadas e expandidas, processadas com diferentes granulometrias de ingredientes (650 x 850 micra) e níveis de adição de umidade (0,8 e 1,6%) determinadas para fase inicial (coleta do 10° ao 13° dia de idade) e fase crescimento (coleta do 27° ao 30° dia de idade das aves)

	EMA kcal/kg		EMAn kcal/kg	
	10° ao 13° dia	27° ao 30° dia	10° ao 13° dia	27° ao 30° dia
Expandida	2848,97 b	2974,45	2828,56 b	2963,41
Peletizada	2928,04 a	2954,96	2908,50 a	2943,37
Gran. 650 µm	2881,19	2953,07	2861,44	2941,29
Gran. 850 µm	2895,83	2976,34	2875,62	2965,50
Umidade 0,8%	2824,21 b	2939,20	2803,78 b	2927,87
Umidade 1,6%	2952,80 a	2990,21	2933,27 a	2978,91
Probabilidades				
Processamento (P)	0,0218	0,6950	0,0191	0,6865
Granulometria (G)	0,6608	0,6398	0,6670	0,6261
Umidade (U)	0,0004	0,3076	0,0003	0,3067
P x G	0,4229	0,1715	0,4349	0,1686
P x U	0,0008	0,9881	0,0007	0,9877
G x U	0,3724	0,0292	0,3696	0,0305
CV %	3,97	5,77	3,95	5,78

Médias seguidas de letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Desdobramento da interação processamento x umidade para EMA e EMAn de 10 a 13 dias de idade e interação entre granulometria e umidade para EMA e EMAn dos 27 aos 30 dias de idade.

	Umidade (%)	
	0,8	1,6
Processamento	10 aos 13 dias	
Expandida	2844,71 Aa	2853,23Ba
Peletizada	2803,71 Ab	3052,37 Aa
Granulometria (µm)	27 aos 30 dias	
650	2871,73 Ab	3034,40 Aa
850	3006,66 Aa	2946,02Aa

Letras diferentes maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de F a 5% de probabilidade.

Não ocorreram diferenças nas rações preparadas com granulometria de 850 micra entre os diferentes níveis de umidade. Na Tabela 5, 6 e 7 apresentam os coeficientes de digestibilidade (CD) ileal dos aminoácidos e proteína bruta. Avaliando os principais efeitos, foram verificados maiores valores de CD ileal nas rações peletizadas à base de sorgo em relação às expandidas para os aminoácidos lisina e glicina (Tabela 5 e 6 respectivamente).

As aves que consumiram rações processadas com 650 micra de granulometria apresentaram maiores CD ileal da serina (Tabela 6), arginina e tirosina (Tabela 7). Ao avaliar os efeitos da adição de umidade no misturador, observou-se que os aminoácidos

lisina, metionina, cistina, met+cis (Tabela 5), glicina, histidina, isoleucina (Tabela 6), arginina e tirosina, apresentaram maiores CD ileal com a adição de 1,6% de umidade.

Tabela 5. Coeficientes de Digestibilidade ileal dos Aminoácidos determinados com aves alimentadas com rações peletizadas e expandidas, processadas com diferentes granulometrias de ingredientes (650 x 850 micra) e níveis de adição de umidade (0,8 e 1,6%).

	Lisina (%)	Treonina (%)	Metionina (%)	Cistina (%)	Met+Cis (%)	Alanina (%)
Expandida	82,88 b	73,87	81,39	60,99	71,80	74,82
Peletizada	84,84 a	76,05	83,21	64,86	74,87	77,54
650 µm	84,31	76,17	83,41	64,02	74,55	76,72
850 µm	83,41	73,74	81,19	61,82	72,12	75,64
Um. 0,8 (%)	82,70 b	73,73	80,66 b	60,21 b	71,14 b	74,67
Um. 1,6 (%)	85,02 a	76,19	83,94 a	65,63 a	75,53 a	77,69
<b>Probabilidades</b>						
Proc. (P)	0,0290	0,1174	0,1850	0,0929	0,0685	0,1285
Gran. (G)	0,2817	0,0834	0,1115	0,3236	0,1414	0,5329
Um. (U)	0,0117	0,0797	0,0241	0,0237	0,0132	0,0935
P x G	0,3868	0,4709	0,7735	0,2349	0,4868	0,3229
P x U	0,3205	0,6228	0,6172	0,5545	0,9223	0,8976
G x U	0,1467	0,0303	0,7811	0,0299	0,1660	0,0932
P x G x U	0,4368	0,5150	0,1479	0,8480	0,5422	0,8362
CV %	2,38	4,30	3,92	8,43	5,26	5,44

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Tabela 6. Coeficientes de Digestibilidade ileal dos Aminoácidos determinados com aves alimentadas com rações peletizadas e expandidas, processadas com diferentes granulometrias de ingredientes (650 x 850 micra) e níveis de adição de umidade (0,8 e 1,6%)

	Glicina (%)	Histidina (%)	Isoleucina (%)	Leucina (%)	Fenilalanina (%)	Serina (%)
Expandida	74,47 b	78,02	77,49	76,74	77,83	81,55 a
Peletizada	77,16 a	79,42	80,15	78,30	79,81	77,25 b
650 µm	76,58	79,77	79,72	78,35	79,74	83,49 a
850 µm	75,06	77,67	77,93	76,70	77,90	75,31 b
Umidade 0,8 (%)	74,09 b	77,37 b	77,21 b	76,29	77,37	80,56
Umidade 1,6 (%)	77,55 a	80,07 a	80,44 a	78,75	80,27	78,23
<b>Probabilidades</b>						
Processamento (P)	0,0455	0,2868	0,0655	0,3396	0,1738	0,0090
Granulometria (G)	0,2384	0,1166	0,2010	0,3153	0,2055	0,0000
Umidade (U)	0,0131	0,0497	0,0290	0,1407	0,0530	0,126
P x G	0,5286	0,6247	0,4445	0,3341	0,3997	0,0003
P x U	0,2904	0,4530	0,7091	0,8426	0,6535	0,0007
G x U	0,0049	0,3602	0,0956	0,1645	0,0928	0,0851
P x G x U	0,8622	0,8806	0,5248	0,6624	0,3750	0,0006
CV %	4,00	3,95	4,18	5,03	4,32	4,46

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Tabela 7. Coeficientes de Digestibilidade ileal dos Aminoácidos e Proteína Bruta determinados com aves alimentadas com rações peletizadas e expandidas, processadas com diferentes granulometrias de ingredientes (650 x 850 micra) e níveis de adição de umidade (0,8 e 1,6%)

	Arginina (%)	Ác. Aspárt. (%)	Ác. Glut. (%)	Tirosina (%)	Valina (%)	Proteína Bruta (%)
Expandida	87,18	77,24	79,25	77,16	77,44	74,44
Peletizada	86,5	78,52	81,58	78,99	78,16	74,40
650 (mm)	87,69 a	79,17	81,50	79,70 a	79,56	74,71
850 (mm)	85,99 b	76,59	79,52	76,44 b	76,05	74,12
Umidade 0,8 (%)	85,10 b	76,65	79,23	76,57 b	76,99	74,27
Umidade 1,6 (%)	88,58 a	79,11	81,80	79,58 a	78,62	74,56
Probabilidades						
Processamento (P)	0,3544	0,3285	0,0580	0,2079	0,7297	0,9739
Granulometria (G)	0,0296	0,0604	0,1291	0,0328	0,1066	0,6442
Umidade (U)	0,0002	0,0725	0,0542	0,0464	0,4382	0,8135
P x G	0,446	0,6224	0,4363	0,4427	0,1973	0,0326
P x U	0,2512	0,2890	0,9419	0,8155	0,2420	0,9225
G x U	0,9014	0,1627	0,2069	0,0681	0,5680	0,1466
P x G x U	0,4497	0,2189	0,3967	0,2681	0,2675	0,4571
CV %	2,01	4,02	3,77	4,37	6,45	4,08

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Observou-se interação entre granulometrias de moagem e umidade para os aminoácidos treonina, cistina, (Tabela 5), e para glicina (Tabela 6). No desdobramento da interação granulometria x umidade (Tabela 8), pode-se observar que maiores CD ileal foram obtidos com o consumo de ração preparada com granulometria de moagem de 650 micra e 1,6% de umidade no misturador; para as rações preparadas com granulometrias de 850 micra, não foi verificado efeito da adição de umidade sobre esta variável.

Embora tenha sido observada interação significativa entre processamento e granulometria para proteína bruta, com o desdobramento da interação, observou-se que não houve diferença entre as médias.

Tabela 8. Desdobramento da interação dos coeficientes de digestibilidade ileal para os aminoácidos treonina, cistina e glicina.

Granulometria (µm)	Umidade (%)					
	0,8		1,6		0,8	
	Treonina		Cistina		Glicina	
650	73,38 Ab	78,97 Aa	58,74 Ab	69,31 Aa	72,82 Ab	80,33 Aa
850	74,07 Aa	73,41 Ba	61,69 Aa	61,94 Ba	75,35 Aa	74,77 Ba

Letras diferentes maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de F a 5% de probabilidade.

Não foi observado efeito significativo para os métodos de processamento, granulometria de ingredientes e adição de umidade em rações à base de sorgo sobre

consumo de ração e ganho de peso das aves aos 21 e 42 dias de idade. Aos 42 dias de idade, observou-se pior conversão alimentar para as aves alimentadas com rações peletizadas em relação às aquelas que consumiram rações expandidas (Tabela 9).

Tabela 9 - Desempenho aos 21 e 42 dias de idade das aves alimentadas com rações peletizadas e expandidas, processadas com diferentes granulometrias de ingredientes (650 x 850 micra) e níveis de adição de umidade (0,8 e 1,6%)

	Consumo de Ração (g/kg)		Ganho de Peso (g/kg)		Conversão Alimentar (g/kg)	
	01 a 21 dias	01 a 42 dias	01 a 21 dias	01 a 42 dias	01 a 21 dias	01 a 42 dias
	Expandida	1386,08	4428,97	884,94	2844,25	1,56
Peletizada	1375,91	4483,33	891,80	2768,95	1,54	1,67 a
Gran. 650 µm	1385,80	4457,31	890,72	2817,03	1,55	1,63
Gran. 850 µm	1376,19	4454,99	886,03	2796,12	1,55	1,64
Umidade 0,8%	1380,25	4457,29	894,10	2810,00	1,54	1,63
Umidade 1,6%	1381,74	4455,00	882,64	2803,20	1,56	1,64
Probabilidades						
Processamento (P)	0,5134	0,3239	0,463	0,0603	0,2339	0,0148
Granulometria (G)	0,5367	0,9663	0,6149	0,5935	0,9327	0,6693
Umidade (U)	0,9236	0,9667	0,2225	0,8624	0,2686	0,7947
P x G	0,4291	0,585	0,4066	0,0864	0,979	0,2872
P x U	0,0198	0,0315	0,1331	0,5225	0,3843	0,3056
G x U	0,9950	0,4757	0,4601	0,9568	0,5692	0,8383
CV %	3,87	4,23	3,61	4,81	4,52	5,50

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Houve interação significativa entre processamento e umidade para consumo de ração aos 21 e 42 dias de idade (Tabela 9). Ao fazer o desdobramento da interação aos 21 e 42 dias de idade, (Tabela 10), verificou-se que não houve diferença para consumo dos animais alimentados com rações peletizadas ou expandidas, preparadas com diferentes adições de umidades (0,8 e 1,6%). Entretanto, aos 21 dias de idade, as aves alimentadas com rações expandidas com 1,6% de umidade apresentaram consumo de ração superior às dietas peletizadas. Em contrapartida, aos 42 dias de idade, observou-se que aves alimentadas com rações peletizadas com 0,8% de umidade tiveram um consumo superior, enquanto, ao avaliar as aves alimentadas com rações expandidas, observou-se que não houve diferença em função da adição de umidade (0,8 e 1,6%).

Tabela 10. Desdobramento da interação processamento x umidade para consumo de ração aos 21 dias de idade.

Processamento	Umidade (%)			
	0,8		1,6	
	01 a 21 dias		01 a 42 dias	
Expandida	1366,62 Aa	1405,55 Aa	4369,44Ba	4488,49 Aa
Peletizada	1393,88 Aa	1357,93 Ba	4545,14 Aa	4421,51Aa

Letras diferentes maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de F a 5% de probabilidade.

Não houve efeito dos métodos de processamento, granulometria e nível de umidade para os rendimentos de carcaça, sobrecoxas e gordura abdominal (Tabela 11). Porém, houve interação significativa para os métodos de processamento e umidade para rendimento de sobrecoxa aos 42 dias (Tabela 12). Com o desdobramento da interação, observou-se maior rendimento de sobrecoxa nos animais alimentados apenas com rações expandidas com umidade de 1,6% de umidade. Não foi observado efeito do nível de adição de umidade para as rações peletizadas.

Tabela 11 - Rendimento de carcaça (%) e cortes das aves alimentadas com rações peletizadas e expandidas, processadas com diferentes granulometrias de ingredientes (650 x 850 micra) e níveis de adição de umidade (0,8 e 1,6%).

	Carcaça (%)	Peito (%)	Coxa (%)	Sobre Coxa (%)	Gordura Abdominal (%)
Expandida	78,20	29,01	9,84	10,31	12,17
Peletizada	77,98	28,07	9,90	10,54	11,68
650 µm	78,32	28,65	9,90	10,44	11,94
850 µm	77,86	28,43	9,83	10,41	11,91
Umidade 0,8%	78,12	28,84	9,90	10,44	12,12
Umidade 1,6%	78,06	28,24	9,84	10,41	11,73
Probabilidades					
Processamento (P)	0,6193	0,1434	0,6928	0,0590	0,7898
Granulometria (G)	0,2772	0,7172	0,5959	0,8222	0,2086
Umidade (U)	0,9023	0,3467	0,6578	0,8280	0,0866
P x G	0,6603	0,8462	0,8488	0,6230	0,5849
P x U	0,2928	0,7180	0,1393	0,0376	0,6423
G x U	0,9341	0,6677	0,3936	0,4741	0,9274
CV %	1,88	7,56	4,9	3,99	18,71

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Tabela 12. Desdobramento da interação processamento x umidade para rendimento de sobrecoxa aos 42 dias de idade.

Processamento	Umidade (%)	
	0,8	1,6
Expandida	10,19 Aa	10,68 Aa
Peletizada	10,42 Aa	10,40 Ba

Não houve diferença significativa para os métodos de processamentos, granulometria dos ingredientes e adição de umidade em rações à base de sorgo para os pesos relativos dos órgãos digestórios, assim como do comprimento absoluto do intestino das aves de 21 a 42 dias de idade. Entretanto, maior peso relativo do intestino grosso (IG) aos 21 dias de idade foi observado em aves alimentadas com rações com granulometria de moagem de 850 micra (Tabela 13).

Verificou-se interação significativa entre os processamentos das rações e granulometrias de moagem para comprimento do trato intestinal (TGI), pâncreas e intestino grosso (IG) aos 21 dias de idade (Tabela 14).

Pelo desdobramento da interação para o comprimento do TGI, observou-se que tanto para dietas expandidas quanto para as peletizadas não houve diferença entre as diferentes granulometrias de moagem (650 e 850 micra). Porém, as aves submetidas a dietas expandidas com granulometria de moagem de 650 micra apresentaram maior comprimento total do TGI em relação às peletizadas

Ao avaliar o desdobramento da interação significativa entre processamento x granulometria para o IG, constatou-se que as aves alimentadas com rações expandidas não apresentaram diferenças para estas variáveis entre as granulometrias de moagem (650 e 850 micra), porém aquelas que consumiram dietas peletizadas preparadas com granulometrias de 850 micra apresentaram maiores pesos relativos de IG.

Tabela 13–Comprimento do trato gastrointestinal (TGI) (cm), peso médio TGI (PM/TGI) (%), esôfago+papo (Eso+Papo) (%), proventrículo+moela (Prov+Moe) (%), pâncreas (%), intestino delgado (ID) (%), intestino grosso (IG) (%), fígado (%) de frangos de cortes de 21 a 42 dias de idade alimentados com rações peletizadas e expandidas, processadas com diferentes granulometrias de ingredientes (650 x 850 micra) e níveis de adição de umidade (0,8 e 1,6%).

	Efeitos Principais						P– valor						
	Processamento		Granulometria		Umidade		P <sup>1</sup>	G <sup>2</sup>	U <sup>3</sup>	P x G	P x U	G x U	CV%
	Expandida	Peletizada	650 µm	850 µm	0,80%	1,65%							
21 dias													
Comp. (cm)	159,95	155,42	157,29	158,08	157,89	157,48	0,2019	0,8222	0,9058	0,0136	0,1355	0,1355	7,69
PM/TGI	98,18	98,52	98,02	98,68	98,22	98,47	0,8501	0,7124	0,89	0,9926	0,9522	0,1173	6,33
Eso+Papo (%)	0,83	0,86	0,82	0,86	0,82	0,86	0,6336	0,5778	0,5602	0,5705	0,5409	0,9549	24,97
Prov.+ Moe (%)	3,38	3,23	3,36	3,24	3,22	3,39	0,2254	0,3246	0,1825	0,6273	0,1856	0,9989	12,87
Pâncreas (%)	0,26	0,27	0,27	0,26	0,26	0,27	0,2218	0,4396	0,3012	0,0387	0,0592	0,1053	8,84
ID (%)	4,05	4,08	4,09	4,04	4,09	4,04	0,7383	0,6601	0,6277	0,881	0,1124	0,2775	9,53
IG (%)	0,9	0,94	0,87b	0,96a	0,9	0,93	0,3108	0,0309	0,5331	0,0039	0,3888	0,421	14,71
Fígado (%)	2,24	2,27	2,24	2,27	2,26	2,25	0,5723	0,4154	0,9106	0,9042	0,0177	0,2152	6,33
42 dias													
Comp. (cm)	215,79	212,83	214,85	213,77	214,33	214,29	0,5166	0,8118	0,9927	0,9854	0,9489	0,4542	7,31
PM/TGI	198,47	198,41	196,39	200,49	199,32	197,56	0,9908	0,4353	0,7379	0,2113	0,2425	0,5627	9,08
Eso+Papo (%)	0,44	0,46	0,45	0,45	0,45	0,45	0,6782	0,7815	0,7574	0,2712	0,8155	0,2811	22,48
Prov.+ Moe (%)	1,85	1,93	1,88	1,89	1,89	1,89	0,1446	0,8396	0,9764	0,7055	0,6352	0,9253	10,34
Pâncreas (%)	0,15	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,2204	0,6796	0,9821	0,6293	0,9526	0,2472	17,05
ID (%)	2,58	2,59	2,53	2,65	2,52	2,66	0,9121	0,1911	0,1186	0,9906	0,5249	0,7024	11,87
IG (%)	0,62	0,66	0,66	0,63	0,64	0,65	0,173	0,1886	0,6438	0,2081	0,2534	0,2466	0,5456
Fígado (%)	1,65	1,61	1,63	1,63	1,62	1,63	0,6708	0,9212	0,9753	0,1339	0,2668	0,4781	15,8

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.<sup>1</sup> processamento; <sup>2</sup> granulometria; <sup>3</sup> umidade

Tabela 14. Desdobramento da interação processamento x granulometria para comprimento do trato gastrointestinal (TGI,%), pâncreas (%) e intestino grosso (IG, %) aos 21 dias de idade.

Processamento	Granulometria ( $\mu\text{m}$ )					
	650		850		850	
	TGI, %		Pâncreas %		IG, %	
Expandida	164,08 Aa	155,83 Aa	0,27 Aa	0,25 Bb	0,91 Aa	0,88 Ba
Peletizada	150,50 Ba	160,33 Aa	0,26 Aa	0,27 Aa	0,83 Ab	1,04 Aa

Letras diferentes maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de F a 5% de probabilidade.

O desdobramento da interação granulometria x processamento para peso relativo do pâncreas mostrou que este órgão foi maior nas aves alimentadas com rações expandidas preparadas com 650 micra. Entretanto em aves alimentadas com rações peletizadas, a porcentagem superior do pâncreas foi alcançada com rações com 850 micra.

Não foi encontrada diferença significativa para as variáveis altura de vilo em  $\mu\text{m}$ , profundidade de cripta em  $\mu\text{m}$  e relação vilo/cripta do duodeno, jejuno e íleo de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade (Tabela 15).

Houve interação significativa entre granulometria x umidade para a relação vilo/cripta aos 21 dias. Com o desdobramento da interação, visualizou-se maior relação vilo/cripta para aves submetidas a dietas com 650 micra de granulometria e 0,8% de umidade no misturador (Tabela 16). Já para as rações preparadas com 850 micra de granulometria, não houve efeito dos níveis de adição de umidade (0,8 x 1,6%) sobre a relação vilo/cripta.

Tabela 16. Desdobramento da interação granulometria x umidade para relação vilo/cripta aos 21 dias de idade.

Granulometria ( $\mu\text{m}$ )	Umidade (%)	
	0,8	1,6
650	5,09 Aa	4,63 Aa
850	4,36 Ba	4,87 Aa

Letras diferentes maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de F a 5% de probabilidade.

Os níveis séricos de proteínas totais (PT), Colesterol (COL), Triglicerídeos (TRI) Cálcio (CA) e Fósforo (P) não diferiram significamente entre os diferentes métodos de processamentos, granulometria de moagem e níveis de umidades para frangos de corte de 21 e 42 dias de idade (Tabela 17).

Tabela 15- Altura de vilo em  $\mu\text{m}$  (vilo), profundidade de cripta em  $\mu\text{m}$  (CP) e relação vilo/cripta (V/C) do duodeno, jejuno e íleo de frangos de cortes alimentados com rações peletizadas e expandidas, processadas com diferentes granulometrias de ingredientes (650 x 850 micra) e níveis de adição de umidade (0,8 e 1,6%).

		Efeitos Principais						P - valor						
		Processamento		Granulometria		Umidade		P <sup>1</sup>	G <sup>2</sup>	U <sup>3</sup>	P x G	P x U	G x U	CV%
		Expandida	Peletizada	650 $\mu\text{m}$	850 $\mu\text{m}$	0,80%	1,65%							
21 dias														
Duodeno ( $\mu\text{m}$ )	Vilo	1021,21	1025,33	1033,57	1012,96	1029,34	1017,20	0,903	0,5429	0,7197	0,5129	0,1481	0,42	11,36
	CP	217,63	222,87	216,69	223,81	221,07	219,43	0,6021	0,4800	0,8699	0,7498	0,3205	0,13	15,69
	V/C	4,75	4,72	4,86	4,62	4,72	4,75	0,8875	0,3011	0,9133	0,6777	0,1109	0,045	17,07
Jejuno ( $\mu\text{m}$ )	Vilo	802,99	808,77	816,23	795,54	826,48	785,29	0,8711	0,5623	0,2515	0,614	0,5972	0,2	15,22
	CP	222,13	208,81	218,29	212,66	218,96	211,99	0,2822	0,6474	0,5716	0,2339	0,1644	0,272	19,65
	V/C	3,71	3,98	3,88	3,8	3,89	3,8	0,2685	0,7229	0,6871	0,4134	0,4672	0,824	21,4
Íleo ( $\mu\text{m}$ )	Vilo	643,91	603,34	617,41	629,84	616,86	630,39	0,1664	0,6681	0,6407	0,2775	0,3696	0,422	25,99
	CP	211,82	209,08	206,88	214,02	208,8	212,11	0,8078	0,5266	0,7687	0,5689	0,6451	0,213	18,38
	V/C	3,06	2,96	3,04	2,99	3,00	3,03	0,4882	0,7649	0,874	0,8258	0,667	0,628	17,18
42 dias														
Duodeno ( $\mu\text{m}$ )	Vilo	1127,75	1142,68	1143,69	1126,75	1140,19	1130,2	0,6954	0,657	0,7942	0,6165	0,2116	0,836	11,55
	CP	244,76	238,18	241,52	241,42	238,07	244,88	0,585	0,9935	0,5715	0,4343	0,5603	0,521	17,13
	V/C	4,68	4,85	4,69	4,74	4,82	4,71	0,3354	0,7664	0,5369	0,6909	0,7796	0,466	13,18
Jejuno ( $\mu\text{m}$ )	Vilo	843,05	908,97	875,91	876,12	881,9	870,13	0,0633	0,9952	0,7349	0,4321	0,3275	0,419	13,65
	CP	218,39	219,88	215,59	222,67	222,15	216,11	0,8904	0,5137	0,5774	0,7719	0,2079	0,569	16,98
	V/C	3,94	4,23	4,16	4,01	4,05	4,12	0,2115	0,466	0,7346	0,4092	0,1284	0,251	18,62
Íleo ( $\mu\text{m}$ )	Vilo	648,15	694,93	651,82	691,26	674,64	668,45	0,1401	0,2117	0,8432	0,456	0,1399	0,876	16,03
	CP	188,5	200,67	190,89	198,28	197,72	191,45	0,2354	0,4689	0,5388	0,7158	0,5168	0,473	17,99
	V/C	3,5	3,54	3,47	3,56	3,47	3,56	0,8249	0,6008	0,6227	0,4774	0,2059	0,296	16,47

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade. <sup>1</sup> processamento; <sup>2</sup> granulometria; <sup>3</sup> umidade

Tabela 17. Proteínas totais (PRO)(mg/dL), colesterol (COL) (mg/dL), triglicerídeos (TRI) (mg/dL), cálcio (Ca)(mg/dL) e fósforo (P)(mg/dL); de frangos de cortes de 21 a 42 dias de idade alimentados com rações peletizadas e expandidas, processadas com diferentes granulometrias de ingredientes (650 x 850 micra) e níveis de adição de umidade (0,8 e 1,6%).

	Efeitos Principais						P- valor						
	Processamento		Granulometria		Umidade		P <sup>1</sup>	G <sup>2</sup>	U <sup>3</sup>	P x G	P x U	G x U	CV%
	Expandida	Peletizada	650 µm	850 µm	0,80%	1,65%							
21 dias													
PRO*	3,39	3,4	3,37	3,37	3,46	3,34	0,9575	0,6919	0,3863	0,2873	0,6071	0,2427	14,46
COL*	179,14	180,42	174,94	184,6	179,8	179,86	0,8587	0,1852	0,9815	0,8708	0,8465	0,6705	13,83
TRI*	164,95	165,16	163,04	167,06	169,2	160,9	0,9817	0,6599	0,365	0,6688	0,5015	0,4543	18,99
Ca*	10,56	10,53	10,39	10,7	11,09	10	0,963	0,6272	0,0936	0,6179	0,1662	0,5888	20,8
P*	4,98	4,88	5,11	44,75	5,14	4,72	0,7233	0,2413	0,1695	0,6491	0,5865	0,354	21
42 dias													
PRO*	4,41	4,46	4,27	4,51	4,48	4,3	0,8373	0,2035	0,3267	0,6727	0,4065	0,9647	14,43
COL*	194,46	187,64	193,12	188,98	193,17	188,92	0,3285	0,5519	0,5412	0,7474	0,5519	0,3131	12,51
TRI*	174,17	173,35	170,94	176,58	175,21	172,31	0,907	0,4265	0,6829	0,7262	0,8457	0,9224	14,01
Ca*	11,31	10,79	10,91	11,2	10,51	11,6	0,9712	0,5996	0,2165	0,9612	0,2513	0,1795	13,65
P*	5,68	5,36	5,54	5,49	5,43	5,6	0,3585	0,8825	0,6182	0,1794	0,3198	0,8913	21,72

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.<sup>1</sup> processamento; <sup>2</sup> granulometria; <sup>3</sup> umidade

#### 4 DISCUSSÃO

Na fase inicial (10 a 13 dias de idade), o consumo pelas aves de rações peletizadas proporcionaram EMA e EMAn em média 2,8% superiores aos obtidos com as rações expandidas. A adição de 1,6% de umidade no misturador, proporcionou valores de EMA e EMAn em média 4,59% maiores em relação as dietas preparadas com 0,8% de umidade.

Este resultado difere do esperado, pois o processo de expansão antes da peletização aumenta a gelatinização do amido, o que pode contribuir para maior disponibilidade energética. Também, divergindo do observado nesta pesquisa, Greenwood et al. (2004) e López et al. (2007) verificaram maiores valores de EMA em rações expandidas em comparação a dietas peletizadas e fareladas, respectivamente. Segundo os autores, a maior EMA obtida pelas rações expandidas pode ser justificada pelas melhorias nos coeficientes de metabolização da PB e do EE, indicando que os benefícios da expansão seriam devidos ao efeito conjunto da temperatura e pressão, que quebram a estrutura da parede celular e/ou induzem mudanças na química dos nutrientes da dieta, fazendo-as mais digeríveis pelas enzimas do trato gastrointestinal.

Em contrapartida, o desdobramento da interação mostrou que, para a fase inicial, maiores valores de EMA e EMAn foram obtidos com dietas peletizadas à base de sorgo com adição de 1,6% de umidade no misturador. Segundo Buchanan & Moritz (2009), adição de maiores níveis de água durante o preparo resulta em melhorias na qualidade de pelete e, por consequência, em maior hidratação das partículas da ração. Quanto maior o índice de absorção de água, maior o grau de gelatinização do amido promovido pelo processamento térmico (Rickard et al., 1991) e melhores são os resultados de utilização dos nutrientes expressos pelos valores de EMA e EMAn (Plavnik & Sklan 1995).

A justificativa para os maiores valores de EMA e EMAn nas rações peletizadas preparadas com 1,6% de umidade em relação às expandidas pode estar ligada ao fato de o processamento intenso dos alimentos aumentar a formação de complexos amilose-lípidos, reduzindo, assim, a digestibilidade do amido, conforme descrito por Zimonja et al. (2007). Também as elevadas temperaturas de processamento podem resultar na formação de produtos de Maillard, reduzindo a solubilidade e a digestibilidade da proteína e do amido (Friedman, 1996; Thomas et al., 1998). Outra hipótese está relacionada ao fato de os grânulos de amido do sorgo estarem rodeados por uma matriz de proteínas, que pode limitar o acesso da enzima aos grânulos de amido, reduzindo, assim, sua digestibilidade (Bryden et

al., 2009), dificultado ainda mais o aproveitamento nutricional de dietas submetidas a tratamentos com altas temperaturas, conforme ocorre durante a expansão dos ingredientes.

Taylor & Dewar (2001) relataram que a temperatura na qual o amido do sorgo foi gelatinizado foi de 68-78 °C e, de acordo com os pesquisadores, estes resultados podem acarretar aumento da EMA e EMAn obtidos para rações peletizadas. Conjuntamente com estes resultados, Sela et al. (2010) sugeriram que o condicionamento do processo de peletização de dietas à base de sorgo em altas temperaturas (acima de 90 °C) pode fornecer, com o calor úmido, ligações dissulfeto em kafirin e proteína, comprometendo a digestibilidade do amido do sorgo. Portanto, neste trabalho, temperatura de 130 °C a 11 segundos à qual foram submetidas as rações expandidas pode ter sido fator limitante para o máximo aproveitamento energético destas dietas.

O mesmo comportamento foi observado ao avaliar o coeficiente de digestibilidade (CD) dos aminoácidos, em que a maior eficiência foi alcançada com a utilização de dietas peletizadas preparadas com partículas menores (650 micras) e quantidades superiores de umidade (1,6%).

Alguns estudos descrevem os benefícios do processamento de rações em relação à digestibilidade de nutrientes (Moran, 1987; Meurer et al., 2008), pois, ao submeter os ingredientes a elevadas temperaturas, conjugadas à pressão e à umidade, provoca-se o rompimento das pontes de enxofre voláteis com alterações nas estruturas terciárias naturais das proteínas, aumentando, dessa forma, a eficiência das enzimas endógenas. Maior eficiência enzimática sobre a digestibilidade proteica e, conseqüentemente, dos aminoácidos também foi obtida com menores granulometrias de ingredientes por Surek et al. (2008)

Diferentemente do observado nesta pesquisa, Ruhnke et al. (2015) não encontraram nenhum efeito entre o método de moagem, tratamento térmico ou tamanho de partícula sobre a digestibilidade ileal de aminoácidos de poedeiras de 19 semanas. Entretanto, Boroojeni et al. (2014) obtiveram efeito negativo para digestibilidade ileal de aminoácidos em frangos de corte ao elevar a temperatura de condicionamento a longo prazo (rações peletizadas a 85°C por 3 min).

Não houve efeito dos processamentos de rações sobre o ganho de peso das aves. Entretanto, diferentemente dos resultados observados nesta pesquisa, Lundblad et al. (2011) verificaram ganhos de peso superiores para frangos de corte alimentados com rações expandidas em comparação a dietas peletizadas.

No presente estudo, foram observados melhores CA aos 42 dias nas aves alimentadas com rações expandidas em relação às aves alimentadas com rações peletizadas, resultados

semelhantes foram descritos por Lopéz & Baião (2007). Os melhores resultados dos CD ileal de aminoácidos em dietas expandidas podem ter influenciado na redução da CA das aves aos 42 dias.

A granulometria das dietas não afetou o desempenho as aves em ambas as idades de avaliação.

Resultados semelhantes foram descritos por Zang et al. (2009), que não observaram diferença de CR, GP e CA, trabalhando com rações peletizadas com granulometria de 953 e 597 micra. Ruhnke et al. (2015), ao avaliarem tratamentos térmicos, métodos de moagem e tamanhos de partículas, também não encontraram diferenças em relação CR, GP e CA, trabalhando com poedeiras de 19 semanas em um período experimental de 21 dias. Ainda, Borojeni et al. (2014), ao compararem rações preparadas com diferentes processamentos, temperatura de condicionamento e adição de ácidos orgânicos (peletizada a 70°C; peletizada a a 85°C por 3 min e expandidas a 110°C ou 130°C de 3 a 5 segundos), não observaram alterações no desempenho de frangos de corte.

A interação significativa entre processamento x umidade mostrou que aves alimentadas com rações expandidas com 1,6% de umidade apresentaram consumo de ração superior em relação à umidade de 0,8%.

O consumo de ração é influenciado pela qualidade do pelete, que, por sua vez, é incrementado pela adição de água e solubilização do amido na dieta, que contribuem para agregação das partículas da ração. Durante o condicionamento, aumento da temperatura e da umidade, resultante da elevação do vapor no condicionador, pode solubilizar maiores quantidades de amido (Massuquetto & Maiorka, 2015). Porém, Svihus et al. (2005) relatam que a peletização exerce pouco efeito sobre a disponibilidade de amido, enquanto processamentos mais intensos como a extrusão e expansão, em que mais água é adicionada e a temperatura é mais elevada, promovem gelatinização mais eficiente.

Os tipos de processamento, granulometria e nível de umidade não influenciaram as características de carcaças dos frangos de corte. Resultados semelhantes foram encontrados por Dahlke et al. (2001), que, ao trabalharem rações peletizadas em relação às fareladas, preparadas com diferentes granulometrias na alimentação de frangos de corte aos 42 dias de idade, não encontraram diferenças significativas para rendimento de carcaça, peito, coxa e sobrecoxa. Da mesma forma, Oliveira et al. (2011) observaram que o rendimento de carcaça não diferiu com o fornecimento, às aves, de ração farelada, peletizada ou expandida.

Souza et al. (2008) avaliaram níveis de suplementação enzimática em rações fareladas ou peletizadas, sobre o rendimento de carcaça e cortes, e concluíram que houve

melhor rendimento de carcaça nas aves alimentadas com dietas peletizadas em relação a dietas fareladas, entretanto, não houve diferença no rendimento de peito, de coxa e sobrecoxa. Também, diferentemente do observado neste ensaio, Lemme et al. (2006) descrevem maior acúmulo de gordura abdominal e visceral em aves que consumiram rações peletizadas, atribuindo este resultado à maior ingestão de energia, pelo aumento do consumo, uma vez que disponibilidade de energia acima das necessidades para manutenção e crescimento de tecido muscular é depositada como gordura corporal.

No presente estudo, as aves alimentadas com maiores granulometrias de moagem (850  $\mu\text{m}$ ) apresentaram maiores peso relativos de (IG) aos 21 dias de idade. De acordo com Sturkie (1991), o tamanho e as características de algumas estruturas do TGI podem ser diretamente afetadas pelo tipo de alimento consumido, descrevendo que aves submetidas à ingestão de alimentos grosseiros tendem a apresentar maior desenvolvimento do aparelho digestivo.

Em estudos sobre características da carcaça com diferentes formas físicas (farelada, peletizada, expandida e expandida peletizada), Oliveira et al. (2011) obtiveram efeito sobre os rendimentos de fígado e moela com melhores resultados, atribuídos a rações peletizadas e fareladas, e menores índices, relacionados a dietas expandidas e peletizadas expandidas. No entanto, Dalke et al. (2003), ao avaliarem a ação do tamanho das partículas e a forma de apresentação da ração (farelada ou peletizada) no sistema digestivo em frangos aos 21 a 42 dias de idade, não encontraram efeito no peso do proventrículo e da moela em relação a rações peletizadas e a tamanho de partícula de 0,336 mm, porém observaram aumento no peso da moela das aves que consumiram partículas mais grossas (0,856 e 1,12 mm) em rações fareladas.

As interações entre processamento x granulometria obtidas para morfometria gastrointestinal das aves aos 21 dias de idade mostraram comportamentos diferentes de acordo com o órgão afetado

Com exceção para o TGI, pâncreas e IG, os demais componentes do TGI não apresentaram diferença em relação aos diferentes processamentos, granulometrias e à dição de umidade. Resultados semelhantes são descritos por Amerah et al. (2008), que não encontraram diferença para o peso dos componentes do intestino das aves, ao avaliarem granulometrias diferentes (0,284; 0,890 mm e 0,297; 0,528mm) de rações à base de milho e trigo

As alturas das vilosidades assim como a profundidade das criptas em frangos de corte aos 21 a 42 dias de idade não variaram em função dos diferentes processamentos,

granulometrias e nível de umidade em rações à base de sorgo. Torres et al. (2013), trabalhando com diferentes níveis em substituição de milho por sorgo, descrevem que a substituição de 100% de milho por sorgo teve efeito negativo sobre a mucosa intestinal, concluindo que o valor nutritivo do alimento pode afetar a mucosa intestinal durante o período inicial e de crescimento, sem prejudicar o desempenho do animal.

Da mesma forma, Amerah et al. (2008), trabalhando com trigo e milho com diferentes granulometrias não observaram diferença entre medida total da mucosa, altura das vilosidades e espessuras das células epiteliais no duodeno em função do tipo do grão e tamanho de partícula. Resultados semelhantes são apresentados por Freitas et al. (2008), que, trabalhando com diferentes formas físicas de ração (farelada, triturada e peletizada), não encontraram alterações no comprimento dos vilos e na profundidade de criptas do duodeno, jejuno e íleo em aves de um a sete dias de idade.

Entretanto, Dalke et al. (2003), ao avaliarem a ação do tamanho das partículas e a forma de apresentação da ração (farelada ou peletizada) em frangos de corte aos 42 dias de idade, observaram que a ração peletizada promoveu maior número de vilosidades por corte transversal do duodeno e maior profundidade das criptas, à medida que o tamanho da partícula aumentava.

No presente estudo, não houve diferença entre os níveis séricos de colesterol total, triglicerídeos, proteína total, cálcio e fósforo nas aves submetidas aos diferentes processamentos, granulometria e umidade.

Os parâmetros séricos são utilizados para estimar o estado de saúde e condições corporais das aves em diferentes manejos. Diferentemente do observado neste ensaio, Nahavandinejad et al. (2014) descrevem que os tratamentos térmicos das rações aumentam o valor biológico das proteínas totais na corrente sanguínea e interferem na lipogênese, podendo reduzir a gordura abdominal. Em geral, elevados níveis circulantes de lipídios indicam processo de lipólise, enquanto baixo perfil lipídico no sangue reflete aumento da taxa de transporte dos aminoácidos, refletindo aumento do metabolismo de lipídios, resultando na diminuição na deposição de gordura (Zhao et al., 2009).

Os triglicerídeos são a fonte mais importante de ácidos graxos para acumulação de gordura (Yang et al., 2009) e os seus níveis no sangue se correlacionam bem com a gordura corporal das aves. Diante disso, ausência de efeitos significativos para os níveis de triglicerídeos e colesterol total nesta pesquisa indica que, embora os tratamentos interfiram no aproveitamento energético e na digestibilidade aminoacídica, eles não afetaram a

lipogênese, resultado confirmado pela ausência de efeitos sobre a gordura abdominal das aves.

Mesmo não observando diferença para cálcio e fósforo, os valores encontrados são considerados fisiologicamente normais. Ainda, a relação cálcio:fósforo foi mantida próxima a 2:1(10,7:5,2mg/dl) em todos os tratamentos, sendo este valor considerado ideal nos organismos vivos e em estado de homeostase (Minafra et al., 2010).

## 5 CONCLUSÕES

Alterações da granulometria e dos níveis de adição de umidade no misturador no preparo de rações peletizadas ou expandidas à base de sorgo não afetaram a morfometria do sistema digestório, a histomorfometria intestinal e os parâmetros séricos bioquímicos das aves aos 42 dias de idade. Alimentação das aves com rações expandidas melhora a conversão alimentar aos 42 dias de idade, mas dietas peletizadas com granulometria de moagem de 650 micra e 1,6% de umidade proporcionam melhor digestibilidade ileal de aminoácidos.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDOLLAHI, M. R., RAVINDRAN V.; WESTER, T.J., RAVINDRAN, G., THOMAS, D.V. Influence of conditioning temperature on the performance, nutrient utilization and digestive tract development of broilers fed on maize- and wheat-based diets. **British Poultry Science**. 51, 648–657. 2010.

ABDOLLAHI, M. R., RAVINDRANV.;SVIHUSB. Pelleting of broiler diets: An overview with emphasis on pellet quality and nutritional value. **Animal Feed Science Technology** 179:1–23. 2013.

ADEDOKUN, S. A., C. M. PARSONS, M. S. LILBURN, O. ADEOLA, and T. J. APPLGATE. Comparison of ileal endogenous amino acid flows in broiler chicks and turkey poults. **Poultry Science** 86:1682– 1689. 2007.

ADVANTECH MANUFACTURING, INC. **Test Sieving: Principles and Procedures**. Disponível em <[http://www.advantechmfg.com/pdf/principles\\_procedures\\_manual\\_with\\_tables2.pdf](http://www.advantechmfg.com/pdf/principles_procedures_manual_with_tables2.pdf)>. Acesso em 20 jul. 2014. 2001

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**. 86, 2615–2623, 2007.

AMERAH, A. M., V. RAVINDRAN, R. G. 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**. 87:2320–2328. 2008.

BIAGI, J. D. Implicações da granulometria de ingredientes na qualidade de peletes e economia da produção de rações. In: Simpósio de granulometria de ingredientes e rações para suínos e aves, Concórdia. **Anais...** 1998, p.57-71, 1998.

BRYDEN, W.L.; Li, X.; RAVINDRAN, G.; HEW, L.I.; RAVINDRAN, V.. Ileal Amino Acid igestibility. **Values of Feedstuffs in Poultry**. RIRDC Canberra.2009.

BRIGGS, J.L., MAIER, D.E., WATKINS, B.A., BEHNKE, K.C., Effect of ingredients and processing parameters on pellet quality. **Poultry Science**. 78, 1464–1471.1999.

BOROOJENI, F. G., MADER, A., KNORR, F., RUHNKE, I., ROHE, I., HAFEEZ, A., Männer, K. & Zentek, J. (2014). The effects of different thermal treatments and organic acid levels on nutrient digestibility in broilers. **Poultry Science**, 93, 1159-1171.

BUCHANAN, N.P., MORITZ, J.S.,. Main effects and interactions of varying formulation protein, fiber, and moisture on feed manufacture and pellet quality. **J. Appl. Poultry. Res.** 18, 274–283. 2009

CARVALHO, G. B.; DOURADO, L. R. B.; LOPES, J. B.; FERREIRA, A. H. C.; RIBEIRO, M. N.; SILVA, S. R. G.; MERVAL, R. R.; BIAGIOTTI, D.; SILVA, F. E. S. Métodos de análise da cinza insolúvel em ácido utilizada como indicador na determinação da energia metabolizável do milho para aves. **Revista Brasileira Saúde Produção e Animal**, v.14, n.1, p.43-53,2013.

CORAL, D.F.; PINEDA-GÓMEZ, P.; ROSALES,R.A.; RODRIGUEZ-GAARCIA, M.E. Preface.**Journal of Physics: Conference Series**;167(1).2009.

COLOVIC, R., VUKMIROVIC, D., MATULAITIS, R., BLIZNIKAS, S., UCHOCKIS, V., JUSKIENE, V., LEVIC., J. **Food and Feed Research**, n.1, 1-6. 2010.

CRAMER, K. R.; WILSON, K. J.; MORITZ, J. S.; BEYER, R. S. Effect of Sorghum-Based Diets Subjected to Various Manufacturing Procedures on Broiler Performance. **The Journal of Applied Poultry Research**, Champaign, v.12, p.404–410, 2003.

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 decarcação de frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.3, n.3, 2001.

DAHLKE, F.; RIBEIRO, A. M. L.; KESSLER, A. M.; LIMA, A. R.; MAIORKA, A. Effects of Corn Particle Size and Physical Form of the Diet on the Gastrointestinal Structures of Broiler Chickens. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**. Campinas, v.5, n.1, p. 61- 67, 2003.

FANCHER, B. I., ROLLINS, D., TRIMBEE, B. Feed processing using the annular gap expander and its impact on poultry performance. **Journal Applied of Poultry Research**, v.5, p.386-394, 1996.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**. 38(2): 109-112 ,2014. Available em: ISSN 1413-7054. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>> Acesso em: março de 10, 2016.

FREITAS, E.R.; SAKOMURA, N.K.; DAHLKE, F.; SANTOS, F.R.; BARBOSA, N.A.A. Desempenho, eficiência de utilização dos 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.

FRIEDMAN, M. Food browning and its prevention: an overview. **J Agric Food Chem.** 1996; 44:631-53.

FROETSCHNER, J. **Conditioning controls pellet quality.** Feed Tech Volume 10, Number 6. 2006

GREENWOOD, M.W.; CRAMER, K.R.; CLARK, P.M. et al. Influence of feed form on dietary lysine and energy intake and utilization of broilers from 14 to 30 days of age. **Int. Journal Poultry Science.**, v.3, p.189-194, 2004

JIA, W.; SLOMINSKI B. A. Means to improve the nutritive value of flaxseed for broiler chickens: The effect of particle size, enzyme addition, and pelleting. **Poultry Science.** 89:261–269.2010.

HERRMAN, T.; BEHNKE, K. C. **Testing Mixer Performance.** Kansas state University Extension Bulletin, MF – 1172, 1994.

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.

LÓPEZ 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. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.**, v.59, n.4, p.1006-1013, 2007.

LOWE, R. Judging pellet stability as part of pellet quality. **Feed Technology**, vol 9, nº 2, 2005.

LUNDBLAD, K.K.; HANCOCK, J.D.; BEHNKE, K.C.; PRESTLOKKEN, E., McKINNEY, L.J.; SORENSEN, M., The effect of adding water into the mixer on pelleting efficiency and pellet quality in diets for finishing pigs without and with use of an expander, **Animal Feed Science Technology.** 150 (2009) 295-302.

MASSUQUETTO, I. A.; MAIORKA, A. Atualização sobre o efeito da peletização em linhagens modernas de frango de corte. **Congresso sobre Nutrição de Aves e Suínos.** São Pedro, SP – 2015.

MATTERSON, L.S.; POTTER, L.M.; STUTZ, M.W.; SINGSEN, E.P. **The metabolizable energy of feed ingredients for chickens.** University of Connecticut Storrs: Agricultural Experiment Station, 1965. v.11, 11p. (Research Report).

MEURER, R.P.; FÁVERO, A.; DAHLKE, F.; MAIORKA, A. AVALIAÇÃO DE RAÇÕES PELETIZADAS PARA FRANGOS DE CORTE. **Archives of Veterinary Science**, v.13, n.3, p.229-240, 2008

MINAFRA, C.S., MARQUES, S.F.F., STRINGHINI, J.H., ULHOA, C.J., REZENDE, C.S.M., SANTOS, J.S., MORAES, G.H.K. Perfil bioquímico do soro de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com alfa-amilase de *Cryptococcus flavus* e *Aspergillus niger* HM2003. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.12, p.2691-2696, 2010.

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

MORITZ, J.S., CRAMER, K.R., WILSON, K.J., BEYER, R.S.. Feed manufacture and feeding of rations with graded levels of added moisture formulated to different energy densities. **J. Appl. Poult. Res.** 12, 371–381. 2003.

MORITZ, J.S., LILLY, K.G.S.,. Production strategies and feeding opportunities for pellets of high quality. **In:** Proceedings of the 8th Annual Mid-Atlantic Nutrition Conference. University of Maryland, College Park, MD, pp. 85–90. 2010

MURAMATSU, K., MAIORKA, A., VACCARI, I.C.M., REIS, R.N., DAHLKE, F., PINTO, A.A., ORLANDO, U. A. D., BUENO, M., IMAGAWA, M. Impact of particle size, thermal processing, fat inclusion and moisture addition on pellet quality and protein solubility of broiler feeds. **Journal of Agricultural Science and Technology A**;3:1017-1028. 2013.

NAHAVANDINEJAD, M.; SEIDAVI, A.;ASADPOR, L.;PAYAN-CARREIRA, R. Blood biochemical parameters of broilers fed differently thermal processed soybean meal.**Rev. MVZ Córdoba** 19(3):4301-4315, 2014.

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

OLIVEIRA,A. A.;GOMESA. V. C.;OLIVEIRA,G. R.;LIMA M. F.;DIAS, G. E. A.;AGOSTINHO,T. S. P.;SOUSA F. D.R.;LIMA, C. A. R. Desempenho e características da carcaça de frangos de corte alimentados com rações de diferentes formas físicas. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.40, n.11, p.2450-2455, 2011.

PLAVNIK, I.; SKLAN, D. Nutritional effects of expansion and short time extrusion on feeds for broilers. **Animal Feed Science Technology**, v.55, p.247- 251,1995.

RICKARD, J. E.; ASAOKA, M.; BLANSHARD, J.M.V. The physicochemical properties of cassava starch. **Tropical Science.** 31, 189-207. 1991

RIZZO, P. V.; MENTEN, J. F. M.; RACANICCI, A. M. C.; TRALDI, A. B.; SILVA, C. S.; PEREIRA, P. W. Z. Extratos vegetais em dietas para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia.** V. 39, n.4, p.801-807, 2010.

RUHNKE, I.; ROHE, I.;KRAMER, C.;BOROOJENI, F. G.; KNORR F.; MADER A.;SCHULZE, E.;HAFEEZ, A.; NEUMANN, K.; LOWE, R.; ZENTEK, J. The effects of

particle size, milling method, and thermal treatment of feed on performance, apparent ileal digestibility, and pH of the digesta in laying hens. **Poultry Science** 94:692–699. 2015

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

SCOTT, T.A.; SWIFT, M.L.; BEDFORD, M.R. The influence of feed milling, enzyme supplementation, and nutrient regimen on broiler chick performance. **Journal of Poultry Research**, v.6, p.391-398, 1997.

SELLE, P.H., CADOGAN, D.J., LI, X., BRYDEN, W.L., Implications of sorghum in broiler chicken nutrition. **Anim. Feed Sci. Technol.** 156, 57–74. 2010.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.

SOUZA, R.M.; BERTECHINI, A.G.; SOUSA, R.V.; RODRIGUES, P.B.; CARVALHO, J.C.C; BRITO, J.A.G. Efeitos da suplementação enzimática e da forma física da ração sobre o desempenho e as características de carcaça de frangos de corte. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.2, p.584-590, 2008.

SUREK, D.; MAIORKA, A.; DALKE, F.; OPALINSKI, M.; FRANCO, S. G. and KRABBE, E. L. 2008. Uso de fitase em dietas de diferentes granulometrias para frangos de corte na fase inicial. **Ciência Rural** 38:1725-1729.

SVIHUS, B.; UHLEN, A.K.; HARSTAD, O.M. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review. **Animal Feed Science Technology** v.122, p.303–320, 2005.

STURKIE, P. D. *Avian Physiology*, New York: Cornell University Press, 217p. 1991.

TAYLOR JRN, DEWAR, J Developments in sorghum food technologies. **Advances in Food Nutrition and Research** 43, 217-264. 2001

TORRES K. A. A.; PIZAURO Jr J. M.; SOARES C. P.; SILVA, T. G. A.; NOGUEIRA, W. C. L.; CAMPOS D. M. B.; FURLAN, R. L.; MACARI, M. Effects of corn replacement by sorghum in broiler diets on performance and intestinal mucosa integrity. **Poultry Science**, 92 :1564–1571. 2013.

THOMAS, M.; VAN DER POEL, A. F. B. Physical quality of pellet animal feed. 1. Criteria for pellet quality. In: Physical quality of pellet animal feed: a feed model study. Wageningen Proceedings... Wageningen: **Agricultural University**, p.19-46, 1998.

YANG, Y.X.; GUO J, YOON, S.Y.; JIN, Z.; CHOI, J.Y.; PIAO, X.S.; KIM, B.W.; OHH, S.J.; WANG, M.H.; CHAE, B.J. Early energy and protein reduction: effects on growth,

blood profiles and expression of genes related to protein and fat metabolism in broilers. **Br Poultry Science**; 50(2):218-227.2009.

ZANG, J. J.;PIAO X. S.;HUANG, D. S.;WANG, J. J.;MA, X.;MA Y. X. Effects of feed particle size and feed form on growth performance, nutrient metabolizability and intestinal morphology in broiler chickens.**Asian-Aust. Journal Animal Science**vol. 22, No. 1 : 107 – 112.january 2009.

ZANG, J.J., PIAO, X.S., HUANG, D.S., WANG, J.J., MA, X., MA, Y.X. Effects of feed particle size and feed form on growth performance, nutrient metabolizability and intestinal morphology in broiler chickens. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, v.22, p.107 – 112, 2009.

ZHAO, J.P.; CHEN, J.L.; ZHAO, G.P.; ZHENG, M.Q.; JIANG, R.R.; WEN, J. Live performance, carcass composition, and blood metabolite responses to dietary nutrient density in two distinct broiler breeds of male chickens. **Poultry Science**; 88:2575-2584. 2009

ZATARI, I.M.; P.R. FERKET, P.R.; SCHEIDELER, S.E. Effect of pellet integrity, calcium lignosulfonate, and dietary energy on the performance of summerraised broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v.69, p.198, 1990.

ZIMONJA, O., HETLAND, H., LAZAREVIC, N., EDVARDBSEN, D.H., SVIHUS, B. Effects of fibre content in pelleted wheat and oat diets on technical pellet quality and nutritional value for broiler chickens. **Canadian Journal of Animal Science**, p.613- 622, 2008.