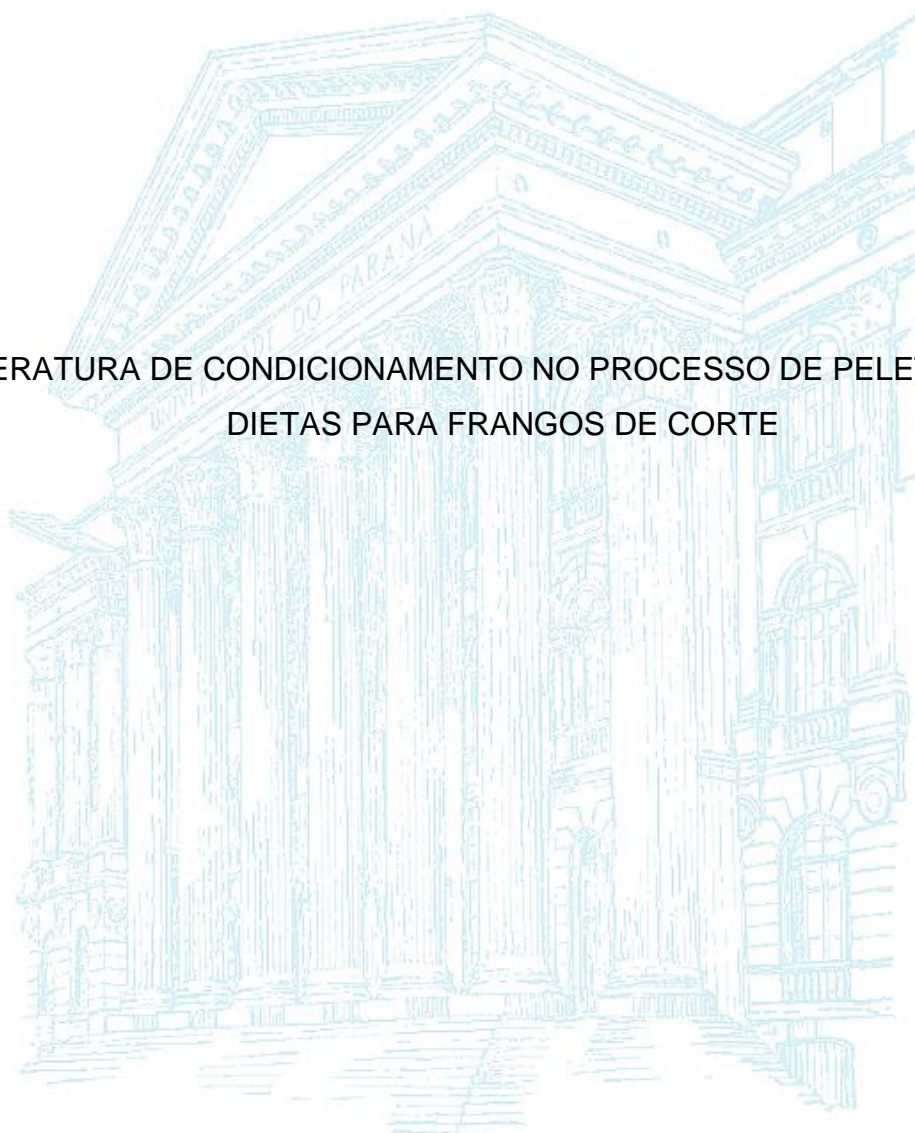


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARINA VOLANSKI TEIXEIRA NETTO

TEMPERATURA DE CONDICIONAMENTO NO PROCESSO DE PELETIZAÇÃO DE  
DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE



CURITIBA

2014

MARINA VOLANSKI TEIXEIRA NETTO

TEMPERATURA DE CONDICIONAMENTO NO PROCESSO DE PELETIZAÇÃO DE  
DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE

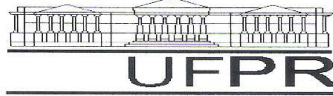
Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências Veterinárias, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Simone G. de Oliveira  
Coorientador: Dr. Everton Luís Krabbe

CURITIBA

2014

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS



PARECER

A Comissão Examinadora da Defesa da Dissertação intitulada **“TEMPERATURA DE CONDICIONAMENTO NO PROCESSO DE PELETIZAÇÃO DE DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE”** apresentada pela Mestranda **MARINA VOLANSKI TEIXEIRA NETTO** declara ante os méritos demonstrados pela Candidata, e de acordo com o Art. 79 da Resolução nº 65/09-CEPE/UFPR, que considerou a candidata apta para receber o Título de Mestre em Ciências Veterinárias, na Área de Concentração em Ciências Veterinárias.

Curitiba, 10 de dezembro de 2014

*Simone Gisele de Oliveira*  
Professora Dra. Simone Gisele de Oliveira  
Presidente/Orientadora

*Alex Maiorka*  
Professor Dr. Alex Maiorka  
Membro

*Dr. Everton Luis Krabbe*  
Dr. Everton Luis Krabbe  
Membro



Universidade Federal do Paraná  
Setor de Ciências Agrárias  
Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA SCA

CERTIFICADO

Certificamos que o protocolo no. 055/2013, referente ao projeto “Efeito da temperatura de condicionamento durante a peletização de dietas para frangos de corte”, sob a responsabilidade de Simone Gisele de Oliveira, na forma em que foi apresentado (uso de 480 aves), foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias, em reunião realizada dia 06 de novembro de 2013.

CERTIFICATE

We certify that the protocol number 055/2013, regarding the project “Effect of pellet condition temperature on broiler diets”, under Simone Gisele de Oliveira’s supervision, in the terms it was presented (use of 480 broilers), was approved by the Animal Use Ethics Committee of the Agricultural Sciences Campus of the Universidade Federal do Paraná (Federal University of the State of Paraná, Southern Brazil) during session on November 06, 2013.

Curitiba, 20 de novembro de 2013.

Patrick Schmidt

Presidente

Ricardo Guilherme D’Otaviano  
de Castro Vilani  
Vice-Presidente

Comissão de Ética no Uso de Animais  
Setor de Ciências Agrárias  
Universidade Federal do Paraná.

*Ao meu filho André, com muito amor!*

*Dedico*

## **AGRADECIMENTOS**

Aos pais Clovis e Vanilde que sempre acreditaram em mim e me deram muito amor, incentivo e apoio nas minhas escolhas.

Ao meu irmão e minha cunhada, Raoní e Paula, por tantos conselhos e momentos alegres proporcionados.

Aos meus avós Maria Eli e Basílio, por serem um exemplo de vida.

Ao meu querido filho André, que me ensinou a ser uma pessoa melhor.

Ao companheiro e amigo Ronan, pelo amor, ajuda e companhia em todos os momentos.

Aos professores Alex Maiorka e Simone Gisele, por todas as oportunidades e ensinamentos, que contribuíram muito para o meu crescimento profissional.

A todos os amigos que sempre estiveram presentes.

Aos amigos do LEPNAN e LENUCAN.

Aos amigos Vini, Lucas e Jean, que sempre estiveram dispostos a me ajudar.

A amiga Andreia, por toda ajuda e apoio para a realização desse trabalho.

A amiga Dani, pela sua amizade sincera e verdadeira e por estar ao meu lado em todos os momentos, desde a graduação.

Ao pessoal do Laboratório de Nutrição Animal, Cleusa, Marcelo, Ruy, Hair e Aldo pela paciência e colaboração.

À Universidade Federal do Paraná e demais professores, funcionários e colaboradores do curso de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias.

A toda equipe EMBRAPA suínos e aves, que me receberam de braços abertos, em especial ao Dr. Everton Krabbe e Dr. Diego Surek.

Ao CNpq pela bolsa de mestrado concedida.

A todos, que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

*“Tenha em mente que tudo que você aprende na escola é trabalho de muitas gerações. Receba essa herança, honre-a, acrescente a ela e, um dia, fielmente, deposite-a nas mãos de seus filhos.”*

*(Albert Einstein)*

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 Processamento de ração .....	15
2.2 Peletização.....	16
2.3 Fatores que interferem na qualidade de pelete .....	17
2.4 Condicionamento e temperatura durante a peletização .....	19
2.5 Desempenho zootécnico.....	19
2.6 Influência da peletização na digestibilidade do amido e proteína .....	21
2.6.1 Amido .....	21
2.6.2 Peletização e digestibilidade do amido .....	22
2.6.3 Proteína .....	25
2.6.4 Peletização e digestibilidade da proteína .....	25
2.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	28
2.8 REFERÊNCIAS.....	29
3. EFEITO DA TEMPERATURA DE CONDICIONAMENTO SOBRE A QUALIDADE DO PELETE, DIGESTIBILIDADE E DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE ....	35
3.1 Introdução .....	37
3.2 Material e Métodos.....	38
3.3 Resultados .....	43
3.4 Discussão.....	49
3.5 Conclusão .....	53
3.6 Referências .....	54

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ganho de peso (GP) de 1 a 21 dias de idade de frangos de corte alimentados com dietas peletizadas/trituradas com crescentes temperaturas de condicionamento .....	46
Figura 2. Conversão alimentar (CA) de 1 a 21 dias de idade de frangos de corte alimentados com dietas peletizadas/trituradas com crescentes temperaturas de condicionamento .....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Ingredientes utilizados nas dietas experimentais.....	39
Tabela 2. Composição química das dietas experimentais submetidas a crescentes temperaturas de condicionamento (T°C).....	39
Tabela 3. Dureza e Índice de durabilidade dos peletes (PDI) de rações produzidas com crescentes temperaturas de condicionamento (T°C).....	44
Tabela 4. Desempenho de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade alimentados com dietas iniciais fareladas (F) e peletizadas/trituradas com crescentes temperaturas de condicionamento (T°C).....	45
Tabela 5. Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA), de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade alimentados com dietas peletizadas/trituradas com crescentes temperaturas de condicionamento (T°C).....	47
Tabela 6. Energia metabolizável aparente (EMA) coeficiente de metabolizabilidade aparente da matéria seca (CMAMS), coeficiente de digestibilidade ileal aparente da matéria seca (CDIAMS), da proteína bruta (CDIAPB), e do amido (CDIamido) de dietas iniciais farelada (F) e peletizadas/trituradas com crescentes temperaturas de condicionamento (T°C).....	48
Tabela 7. Energia metabolizável aparente (EMA), coeficiente de metabolizabilidade aparente da matéria seca (CMAMS), coeficiente de digestibilidade ileal aparente da matéria seca (CDIAMS), da proteína bruta (CDIAPB) e do amido (CDIamido) de dietas iniciais peletizadas/trituradas com crescentes temperaturas de condicionamento (T°C).....	48

## LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E UNIDADES

Aa - atividade de água  
CA - conversão alimentar  
CDIAMS - coeficiente de digestibilidade ileal aparente da matéria seca  
CDIAPB - coeficiente de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta  
CIA - cinza insolúvel em ácido  
CR - consumo de ração  
CV - coeficiente de variação  
DGM - diâmetro geométrico médio  
EB - energia bruta  
EM - energia metabolizável  
EMA - energia metabolizável aparente  
FI - fator de indigestibilidade  
GP - ganho de peso  
kcal - kilocaloria  
kg - kilograma  
kgf - kilograma força  
MS - matéria seca  
NH<sub>2</sub> - grupamento amino  
P - probabilidade  
PB - proteína bruta  
PDI - índice de durabilidade dos peletes  
R<sup>2</sup> - coeficiente de determinação

## RESUMO

A qualidade do processamento de rações impacta diretamente na eficiência de utilização dos ingredientes e no desempenho de frangos de corte. A peletização de rações é o processamento térmico mais utilizado na indústria avícola, sendo que as aves têm preferência por dietas peletizadas, o que pode aumentar o consumo de ração. O presente experimento teve como objetivo avaliar a influência da temperatura de condicionamento sobre a qualidade física de pelete, coeficiente de digestibilidade ileal aparente da matéria seca (CDIAMS), da proteína bruta (CDIAPB), e do amido (CDIamido), coeficiente de metabolizabilidade aparente da matéria seca (CMAMS) e energia metabolizável aparente (EMA), além do desempenho zootécnico de frangos de corte (consumo de ração, CR; ganho de peso, GP e conversão alimentar, CA). Os tratamentos consistiram de dieta farelada e peletizada/triturada com diferentes temperaturas de condicionamento (sem condicionamento (50°C), e condicionada a 60, 70, 80 e 90°C). A qualidade de pelete foi mensurada pelo índice de durabilidade de pelete (PDI) e a dureza. O PDI e a dureza do pelete apresentaram efeito linear ( $P < 0,05$ ) com o aumento da temperatura, assim como CDIAMS, CDIAPB e CDIamido, já a EMA e CMAMS apresentaram efeito quadrático ( $P < 0,05$ ). O CR não foi afetado pelas diferentes temperaturas de condicionamento, já o GP e CA apresentaram efeito quadrático ( $P < 0,05$ ). O aumento da temperatura de condicionamento aumenta de forma linear a qualidade dos peletes, o CDIAMS e CDIAPB e o CDIamido e de forma quadrática a EMA e o CMAMS. O GP e CA também são influenciados de forma quadrática pela temperatura no condicionamento, sem afetar o CR.

**Palavras chave:** amido, coeficiente de digestibilidade ileal, PDI, pelete, processamento térmico.

## ABSTRACT

The feed processing, when performed properly, directly impacts the efficiency of the ingredients use and performance of broiler chickens. The feed pelleting is the most used thermal processing in poultry industry, and the birds have a preference for pelleted diets, which can increase feed intake. Thus, the present study aimed to evaluate the influence of conditioning temperature on pellet physical quality, apparent ileal digestibility of dry matter (CDIAMS), apparent ileal digestibility coefficient (CDIAPB), apparent ileal digestibility coefficient starch (CDIamido), apparent metabolizable coefficient of dry matter (CMAMS) and apparent metabolizable energy (EMA), and the broiler performance (feed intake, FI, weight gain, WG and feed conversion, FC). Treatments consisted of mash and crumbled/pelleted with different conditioning temperatures (without conditioning (50°C), and conditioned at 60, 70, 80 and 90°C). The pellet quality was measured by pellet durability index (PDI) and hardness. The PDI and the hardness of the pellet showed a linear effect ( $P < 0.05$ ) with increasing temperatures, as CDIAMS, CDIAPB and CDIamido, but EMA and CMAMS presented quadratic effect ( $P < 0.05$ ). FI was not affected by different conditioning temperatures, but WG and FC showed a quadratic effect ( $P < 0.05$ ). Increased conditioning temperature increase linearly pellet quality, the CDIAMS and CDIAPB and CDIamido and quadratic form the EMA and the CMAMS. The WG and CA are also quadratic affected by temperature in the conditioning without affecting the FI.

**Key words:** Coefficient of ileal digestibility, PDI, pellet, starch, thermal processing.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países que mais avançou em tecnologia avícola nas últimas décadas. Em 2011, segundo a Associação Brasileira de Produtores de Pintos de Corte (APINCO), 6,22 bilhões de pintos de corte foram produzidos, com isso, o Brasil destaca-se como o terceiro maior produtor mundial de carne de frango. Na produção de frangos de corte, a maior parte dos custos é representada pela alimentação desses animais. Com isso, tornam-se necessárias algumas estratégias para a diminuição desses custos e assim melhorar a eficiência de produção.

O processamento de rações, impacta diretamente no crescimento e conversão alimentar das aves, porém nem sempre atenção necessária é dada para esse segmento. Dietas peletizadas tem se mostrado eficientes por melhorar a digestibilidade dos ingredientes e favorecer o desempenho das aves. O principal objetivo da peletização é aglomerar pequenas partículas de um ingrediente ou de mistura de ingredientes utilizando processos mecânicos, na presença de pressão, umidade e temperatura (PEISKER, 2006), sendo a temperatura no condicionamento parte importante no processo.

A tecnologia de processamento de rações para frangos de corte pode envolver diferentes tipos de processamento térmico, incluindo a extrusão, expansão, condicionamento e peletização. Embora a peletização represente o maior gasto de energia no processamento, quando a relação custo-benefício é considerada, a peletização mostra-se rentável, sendo o método de processamento térmico mais utilizado (ABDOLLAHI, et al., 2010). Segundo Greenwood (1970), os tipos de tratamentos térmicos das dietas diferem entre si pelo tempo de condicionamento, temperatura, pressão e umidade, os quais determinam características da dieta, como densidade, grau de desnaturação das proteínas e principalmente de gelatinização do amido.

Tendo em vista a importância da peletização na avicultura, pretende-se avaliar a influência da temperatura de condicionamento sobre a digestibilidade do amido e proteína, metabolizabilidade da energia da dieta, além de avaliar seu efeito sobre o desempenho zootécnico de frangos de corte.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Processamento de rações

O processamento de alimentos refere-se ao conjunto de operações necessárias para se obter o máximo potencial nutricional de um alimento, alterando a estrutura de um ingrediente em seu estado natural. A dieta de frangos de corte deve ser elaborada de modo a fornecer a energia e os nutrientes essenciais para os animais, visando melhor custo. Portanto, se o processo de fabricação estiver comprometido o desempenho dos animais pode ser prejudicado, e a redução do custo de produção não se torna possível.

Muitos benefícios são observados com o processamento de rações, como evitar a segregação dos ingredientes na ração, melhorar a aceitação pelo animal e o aproveitamento da dieta (BEHNKE, 1994). Segundo Esminger (1985) dentre os propósitos do processamento estão à alteração no tamanho de partículas, conteúdo de umidade, digestibilidade dos nutrientes e remoção de substâncias antinutricionais termolábeis, como por exemplo os inibidores de proteases, visando manter a qualidade dos ingredientes. No entanto, processar as rações envolve alguns inconvenientes como alterações na quantidade de vitaminas do ingrediente, possibilidade de diminuição do valor nutricional, e aumento de custos de fabricação devido à grande demanda de energia (BIAGI, 1990).

Rações para frangos de corte podem apresentar diferentes formas físicas, como é o caso de rações fareladas, peletizadas, extrusadas ou ainda trituradas. As rações fareladas são processadas na forma de farelos e são consideradas matérias-primas para os demais processamentos. As rações peletizadas são as rações fareladas, prensadas sob alta temperatura, onde são pré-cozidas e, posteriormente, moldadas na forma de cilindros ou peletes. No caso de dietas extrusadas, a ração farelada passa por um processo de cozimento sob alta pressão, umidade e temperatura, em um curto espaço de tempo, fatores que a diferenciam da forma peletizada. As rações trituradas são rações peletizadas ou extrusadas que, após passagem pela prensa, são trituradas formando partículas maiores que as das rações fareladas e menores que os peletes (O'CONNOR, 1987).

## 2.2 Peletização

A peletização pode ser definida como a aglomeração de partículas moídas de um ingrediente ou de mistura, por meio de processos mecânicos, em combinação com umidade, pressão e calor (PEISKER, 2006). No processo de peletização, vários fatores estão relacionados com a qualidade do pelete. São eles a formulação da dieta (40%), a moagem e o consequente tamanho das partículas (20%), o condicionamento (20%), especificações gerais do anel de prensa (15%), além dos processos de resfriamento e secagem (5%) (REIMER, 1992).

O tratamento térmico sofrido durante a peletização reduz microorganismos, reduz a segregação dos ingredientes, aumenta a densidade da ração, necessitando menor volume de armazenagem e menor volume de transporte, proporciona maior consumo de ração, maior ganho de peso diário, melhor conversão alimentar, melhora a digestibilidade, uma vez que melhora a utilização dos nutrientes e reduz o desperdício (LARA et al., 2008).

Apesar dos benefícios gerados pela peletização, é o processamento que representa o maior custo de manutenção, e principalmente maior consumo de energia elétrica (BIAGI, 1990). A adoção desse processo demanda alto capital e energia elétrica, significando um acréscimo de 2% nos custos de produção da ração. Devido a este custo elevado, o processo deve ser bem realizado, para que se possa obter uma ração de qualidade compensando seus custos de fabricação (MEINERZ et al., 2001).

A peletização também pode destruir vitaminas especialmente se as dietas não contiverem adequada quantidade de antioxidante para prevenir a oxidação acelerada das vitaminas na presença de alta umidade e temperatura, ou se as vitaminas não forem fabricadas com proteção encapsulada para peletização (ESMINGER, 1985). Além disso, dependendo da intensidade do processo, a peletização pode promover alterações indesejáveis na estrutura dos ingredientes utilizados, como formação de amido resistente (VORAGEN et al., 1995), reações de complexação entre proteínas e carboidratos (CRESWELL e BEDFORD, 2006) e redução da estabilidade de enzimas adicionadas na dieta (CAMPBELL e BEDFORD, 1992).

### **2.3 Fatores que interferem na qualidade de pelete**

O índice de durabilidade de pelete (PDI) e a dureza são métodos utilizados para verificar a qualidade de pelete, e indicam diretamente a quantidade de finos do produto final. O PDI é um indicador da durabilidade de peletes e reflete a porcentagem de peletes que mantiveram a sua integridade após ser submetidos a forças mecânicas.

A dureza e o PDI são importantes medidas para qualidade de pelete. Fahrenholz (2012) afirma que a medida de PDI é melhor para expressar qualidade física dos peletes em detrimento da dureza, pois se utiliza grande quantidade de amostra e representa melhor as práticas de manuseio reais. Além disso, na análise de dureza utiliza-se peletes individuais, o que demanda mais tempo. Thomas e Van der Poel (1996) avaliaram a dureza e durabilidade de dietas peletizadas e verificaram que os resultados de durabilidade foram mais consistentes para expressar qualidade física, pois apresentaram menor coeficiente de variação.

No processo de peletização, alguns fatores podem influenciar a qualidade de pelete, como por exemplo o tamanho de partícula, adição de umidade, inclusão de gordura e parâmetros de condicionamento. Acredita-se que redução no tamanho de partículas resulta em aumento da área superficial em relação ao volume da partícula, 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, pontes de hidrogênio), 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 (BEHNKE, 2005).

Para boa durabilidade de peletes, o diâmetro geométrico médio (DGM) ideal de dietas a base de milho e farelo de soja, deve ficar em torno de 650-700  $\mu\text{m}$  (DOZIER, 2001). Além disso, deve se evitar partículas maiores que 1000 a 1500  $\mu\text{m}$  que podem servir de pontos de rupturas do pelete (FRANKE e REY, 2006; MENDEZ e SANTOMA, 2008). A redução no diâmetro das partículas também aumenta a sua área superficial dentro do condicionador facilitando a transferência de temperatura e umidade para a massa farinácea de ração (LOWE, 2005).

A adição de umidade ao processo de peletização também interfere na qualidade do pelete, pois a água adicionada no misturador e a água adicionada sob a

forma de vapor durante o condicionamento, atua como “cola” entre as partículas do pelete. Essa capacidade aglutinante tem como base as propriedades de capilaridade e tensão superficial da água (FROETSCHNER, 2006). De acordo com Skoch et al. (1981) a adição de umidade por meio de vapor melhora a qualidade da ração em função da diminuição da proporção de finos e aumento da durabilidade.

MORITZ et al. (2002) reportaram que a adição de 5% de água no misturador, antes do processo de condicionamento-peletização, proporcionou melhor qualidade dos peletes. Os autores verificaram que dietas com adição de 5% de umidade apresentaram PDI de 87,29% contra 70,10% das dietas sem adição de umidade. Entretanto, a água pode agir como lubrificante e reduzir o atrito entre a ração e a parede dos furos da matriz da prensa (ZIGGERS, 2003; CUTLIP et al., 2008; FARENHOLZ, 2012); o que pode impactar negativamente na durabilidade do pelete.

O alto teor de gordura na ração é outro fator de interferência e pode resultar na produção de peletes frágeis (MORITZ et al., 2003; FAHRENHOLZ, 2012). A gordura lubrifica a parede dos furos da matriz facilitando a passagem da ração pela matriz e diminuindo a compactação da ração dentro da prensa (FAHRENHOLZ, 2012). Além disso, a adição de gordura na ração previamente ao condicionamento leva a um encapsulamento parcial das partículas da ração dificultando a penetração do vapor e umidade e, portanto, reduz a gelatinização do amido e as forças capilares de adesão (LOWE, 2005; FAHRENHOLZ, 2012).

O condicionamento é um dos fatores mais importantes para alcançar uma boa qualidade física da ração. O vapor utilizado durante o condicionamento rompe a estrutura do amido e causa sua gelatinização, assim como a alteração das estruturas terciárias das proteínas. Segundo BEHNKE (1994), a gelatinização do amido combinada a plastificação das proteínas é importante para a formação de ligações entre as partículas, portanto, necessária para a formação de peletes duráveis.

## **2.4 Condicionamento e temperatura durante a peletização**

O condicionamento ideal da ração resultará em um pelete mais durável e a redução da produção de finos. Além disso, com o aumento do tempo de condicionamento e exposição a temperatura, a durabilidade do pelete também aumenta.

ABDOLLAHI et al. (2010) avaliaram o efeito da temperatura de condicionamento sobre qualidade dos peletes de dietas a base de milho e sorgo para frangos de corte. Os autores observaram que o aumento da temperatura de 75 para 90°C resulta em melhora no PDI tanto em dietas a base de milho quanto de sorgo. Avaliando diferentes tempos de retenção no condicionador, Briggs et al. (1999) observaram que aumentando-se o tempo de retenção (5 para 15 segundos) aumenta-se a durabilidade do pelete em 4,5 pontos percentuais.

O condicionamento seguido de expansão é uma alternativa para melhorar qualidade dos peletes, pois se adicionam todos os benefícios da expansão aos da peletização. O efeito do tratamento térmico por meio do condicionamento da ração a 82°C por 20 segundos foi comparado com o condicionamento nas mesmas condições anteriores seguida de expansão desta ração a temperatura média de 121°C sobre a qualidade de peletes em dietas a base de milho (LUNDBLAD et al., 2009). Os autores observaram que o PDI das rações passou de 81,8 para 92,3%. FANCHER et al. (1996) compilaram dados de nove fábricas de rações norte americanas e compararam o PDI das rações para frangos de corte e perus antes e após a instalação do expander e verificaram que os indicadores passaram de 72 para 89% para PDI.

## **2.5 Desempenho zootécnico**

Os benefícios da peletização sobre o desempenho zootécnico são amplamente reportados (BEHNKE, 1994; LÓPEZ et al., 2007; FREITAS et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2011; ABDOLLAHI et al., 2013). FREITAS et al. (2008) avaliaram o efeito da forma física da ração (farelada, peletizada/triturada e peletizada) sobre o desempenho de frangos de corte na primeira semana de vida. Os autores concluíram que a utilização de ração peletizada e peletizada/triturada resultou em CR, GP e CA semelhantes. Porém quando comparadas com a dieta farelada, proporcionaram aumento do CR

(13,5%), GP (18,7%) e melhor CA (6,9%). Já ABDOLLAHI et al. (2013) avaliando o efeito da forma física da ração sobre o desempenho de frangos de corte de 1 a 21 dias, constataram que aves alimentadas com dietas peletizadas apresentaram maior CR e GP, porém não houve diferença na CA.

A peletização reduz o gasto de energia de manutenção das aves, devido a menor necessidade de esforço físico dos frangos para a apreensão do alimento. Frangos de corte gastam mais tempo para ingerir a mesma quantidade de ração farelada (NIR et al., 1994), logo, a energia que seria gasta para o consumo de ração pode ser utilizada para o ganho de peso. Segundo Jensen et al., (1962) os frangos gastam menos tempo e energia ao consumir uma ração peletizada se comparado a ração farelada, pois a apreensão do alimento é facilitada acompanhado de aumento no consumo voluntário de ração, o que aumenta o desempenho desses animais.

O desempenho de frangos de corte é influenciado pelo tamanho das partículas da ração devido à sua capacidade em selecionar o tamanho adequado da partícula de acordo com a idade. A importância do efeito da forma física da ração (farelada, triturada e peletizada) sobre o desempenho de frangos de corte na primeira semana de vida foi constatada por Freitas et al. (2008), que concluíram que a utilização de ração peletizada e peletizada/triturada resultou em melhora no consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar quando comparadas com uma ração farelada.

A qualidade dos peletes é determinante para atingir melhores índices de desempenho zootécnico. CORZO et al. (2011) forneceram dietas compostas por diferentes quantidades de peletes (0, 32 e 64%) para frangos de corte entre 14 e 42 dias de idade e verificaram que a CA melhorou progressivamente de 1,78 a 1,71 e o peso corporal passou de 2,354 para 2,557 kg. De forma semelhante, McKINNEY e TEETER (2004) utilizando rações contendo diferentes proporções de peletes íntegros e finos (100% peletizada, 80% peletizada, 60% peletizada, 40% peletizada, 20% peletizada, e farelada) para frangos de corte, constataram aumento na efetividade calórica e frequência de descanso, uma vez que as aves gastam menos tempo para consumir a ração peletizada, proporcionando melhor desempenho zootécnico.

Porém, a peletização pode resultar em baixo desempenho de frangos de corte, se a temperatura não for utilizada adequadamente durante o condicionamento (ABDOLLAHI et al., 2010).

## 2.6 Influência da peletização na digestibilidade do amido e proteína

### 2.6.1 Amido

O amido é um homopolissacarídeo composto por duas macromoléculas principais: a amilose e a amilopectina. A amilose é formada por unidades de glicose unidas por ligações glicosídicas  $\alpha(1\rightarrow4)$ , originando uma cadeia linear. Já a amilopectina é formada por unidades de glicose unidas em  $\alpha(1\rightarrow4)$  e  $\alpha(1\rightarrow6)$ , formando uma estrutura ramificada (WANG e WHITE, 1994). A parte linear das moléculas de amilopectina forma estruturas helicoidais duplas, estabilizadas por pontes de hidrogênio entre os grupamentos hidroxila, dando origem às regiões cristalinas dos grânulos. A região amorfa é composta pelas cadeias de amilose e pelas ramificações da amilopectina (VAN SOEST et al., 1996), e é nesta última porção no qual se inicia o processo de gelatinização devido a menor organização de sua estrutura (LUND e LORENZ, 1984). Os grânulos de amido são insolúveis em água abaixo de 50°C, mas sobre tratamentos mecânicos, parte dos grânulos pode ser parcialmente desintegrada solubilizando as moléculas. Adicionalmente, após o tratamento térmico (umidade + temperatura) os grânulos de amido sofrem “inchamento” e, após aquecimento contínuo, desintegram-se levando a solubilização das moléculas individuais de amido (VORAGEN et al., 1995).

O amido pode ser classificado de acordo com a suscetibilidade à hidrólise enzimática. Segundo ENGLYST et al. (1992), de acordo com a velocidade de digestão *in vitro*, o amido divide-se em: rapidamente digerível, quando o amido é hidrolisado à glicose em até 20 minutos; lentamente digerível, se o amido for convertido em glicose entre 20 e 120 minutos; e amido resistente, que resiste à ação das enzimas digestivas. O amido resistente pode ser definido como a porção do amido total que não pode ser digerida na parte superior do trato digestivo e é fermentado no cólon como fibra dietética. O amido resistente também pode ser formado por recristalização de amilose solubilizada (VORAGEN et al., 1995). Por sua vez, o amido resistente pode ser classificado em amido fisicamente inacessível (tipo 1), grânulos de amido resistente (tipo 2), amido retrogradado (tipo 3) e amido com mudança na estrutura química (tipo 4) (ENGLYST et al., 1992). O amido resistente pode ser produzido a partir do tratamento térmico dos ingredientes, quando o amido é resfriado após a gelatinização.

## 2.6.2 Peletização e digestibilidade do amido

O amido é o principal carboidrato de reserva dos vegetais e representa a mais importante fonte de energia para frangos de corte. Porém, a digestibilidade do amido pode ser influenciada por diversos fatores, incluindo a relação amilose:amilopectina, o processamento dos alimentos, e as propriedades físico-químicas, como gelatinização e retrogradação (BJÖRCK et al., 1994).

A peletização da ração aumenta a digestibilidade das frações da dieta pela ação mecânica e pela temperatura do processo. No caso dos carboidratos, a digestibilidade aumenta, pois a temperatura gelatiniza os grânulos de amilose e amilopectina, facilitando a ação enzimática (DOZIER, 2001).

O grânulo de amido é composto por uma fração cristalina e outra amorfa e é nesta última porção no qual se inicia o processo de gelatinização devido a menor organização de sua estrutura (LUND e LORENZ, 1984). O processo de gelatinização do amido é favorecido pela presença de água, que enfraquece e rompe as ligações existentes dentro do grânulo, do calor que favorece a entrada de água e a solubilização da amilose, do atrito que fornece a força necessária para romper os grânulos e do tempo, que potencializa o efeito dos três fatores anteriores (THOMAS et al., 1999).

A gelatinização do amido pode ser definida como a destruição irreversível da condição cristalina do grânulo de amido, no qual a água se difunde para dentro do grânulo de amido, levando a ruptura das pontes de hidrogênio presente nas cadeias de amilose e amilopectina, aumento de tamanho do grânulo e extravasamento da amilose. Com isso, a superfície da molécula torna-se acessível a reagentes, solventes e enzimas (LUND e LORENZ, 1984; CORAL et al., 2009; MORITZ et al., 2005).

O grau de gelatinização pode variar de acordo com as fontes de amido utilizadas. As dietas a base de milho e farelo de soja demandam um maior tempo de condicionamento para que ocorra a desestruturação da amilose e da amilopectina dos grânulos de amido (gelatinização do amido) e sua posterior reorganização e coesão com as demais estruturas da ração (DOZIER, 2001).

De acordo com HOLM e BJÖRCK (1988), a gelatinização do amido dos cereais melhora o acesso enzimático a ligações glicosídicas devido à interrupção da organização dos grânulos de amido, fator que pode aumentar sua digestibilidade.

Segundo BEHNKE (1994), a gelatinização do amido é importante para a formação de ligações entre as partículas, portanto, necessária para a formação de peletes duráveis. De acordo com este autor, a gelatinização do amido combinada à plastificação das proteínas promove adesão das partículas.

De acordo com THOMAS e VAN DER POEL (1998), o principal fator que contribui para mudanças do amido é o vapor. Dessa forma, aumentando-se a pressão de vapor, aumenta-se o grau de gelatinização do amido e, com o maior tempo de permanência da ração durante o condicionamento, ocasiona-se maior absorção da umidade e dilatação da partícula do amido, devido à hidratação. Além disso, cada tipo de cereal apresenta uma temperatura de gelatinização, portanto, a temperatura de condicionamento deve ser adequada a cada tipo de cereal base nas formulações.

Durante o processo de condicionamento e peletização, a umidade absorvida pelos ingredientes, ajuda a romper as células que contém amido (SKOCH et al., 1981; MORITZ et al., 2002; SVIHUS et al., 2004). Para que ocorra a completa gelatinização do amido a água precisa estar numa proporção de 1,5:1 em relação ao amido, portanto em condições normais de peletização o percentual de água pode ser limitante para o processo de gelatinização (THOMAS et al., 1998; BUCHANAN, 2008). Entretanto em termos de durabilidade de peletes, desde que haja gelatinização do amido superficial das partículas, essa formação de material aglutinante resultará na produção de bons peletes (THOMAS et al., 1998).

A melhoria na utilização do amido é dependente principalmente dos tipos de processamento térmico. De acordo com SVIHUS et al. (2005), a peletização exerce pouco efeito sobre a disponibilidade de amido, enquanto que processamentos mais intensos como a extrusão, no qual mais água é adicionada e a temperatura é mais elevada, promovem gelatinização mais completa. Entretanto, diversos trabalhos têm mostrado que apenas pequena quantidade do amido é gelatinizado durante a peletização (SKOCH, 1981; MORITZ et al., 2002; MORITZ et al., 2003; SVIHUS et al., 2004) e o efeito sobre a digestibilidade do amido parece ter pequena importância (ZIMONJA et al., 2008). Estes autores compararam o fornecimento de dietas à base de trigo e aveia peletizadas sem condicionamento contra dietas que sofreram processamento térmico (75°C por aproximadamente 30 segundos no condicionador) e não observaram diferença na digestibilidade do amido para frangos de corte de 7 a 21 dias de idade. ABDOLLAHI et al. (2011) avaliou a digestibilidade ileal do amido

para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade alimentados com dietas fareladas ou peletizadas a base de trigo e também não observaram diferença. No entanto, quando compararam diferentes temperaturas de peletização, observaram aumento do coeficiente de digestibilidade do amido para dietas peletizadas entre 60 e 90°C em relação às peletizadas sem condicionamento térmico (20°C na saída da prensa).

Considerando a importância do tipo de processamento sobre as características físico-químicas do amido, Kokić et al. (2013) avaliaram a influência de diferentes tratamentos térmicos (floculação, peletização, micronização e extrusão) sobre a gelatinização do amido contido no milho. Os autores concluíram que todos os tratamentos hidrotermais usados no estudo causaram gelatinização da estrutura semi-cristalina normal dos grânulos de amido, mas em diferentes extensões. Menores graus de gelatinização foram obtidos utilizando floculação (21,33%) e peletização (25,47%), e maiores utilizando micronização (63,58%) e extrusão (100%). Estes resultados sugerem que a temperatura, umidade e tempo comumente empregados no processo de peletização, talvez não sejam suficientes para gelatinizar o amido de maneira satisfatória. O condicionamento seguido de expansão pode intensificar as alterações nas estruturas do amido, e representa uma alternativa para aumentar a gelatinização.

As melhorias na digestibilidade do amido proporcionadas pelo processo de gelatinização podem ser prejudicadas se grande quantidade de amido retrogradado se formar. Isso pode ocorrer com maior intensidade se o processamento for muito intenso, com temperaturas demasiadamente altas. Após o processo de resfriamento, quando a temperatura é reduzida (próxima da temperatura ambiente), ocorre rearranjo das moléculas de amido, separadas durante o processo de gelatinização, favorecendo a recristalização, processo conhecido como retrogradação (PARKER e RING, 2001).

ABDOLLAHI (2011) avaliaram a influência de diferentes temperaturas de condicionamento (60, 75 e 90°C) sobre a quantidade de amido gelatinizado e resistente de dietas a base de milho e sorgo. Observou-se que para ambas as dietas, houve maior gelatinização do amido em dietas peletizadas a 90°C em comparação a 60 e 75°C. No entanto, a quantidade de amido resistente foi superior nas dietas com temperatura de 90°C (3,59g/100g de amido total) em relação a 60 e 75°C, 2,25 e 2,59g/100g de amido total respectivamente. No ensaio de digestibilidade, os autores não encontraram diferença na digestibilidade ileal do amido entre dietas processadas com diferentes temperaturas. Os resultados encontrados por estes autores sugerem que o

processamento térmico mais intenso aumenta a gelatinização do amido, porém há formação de mais amido resistente, o que não é desejável.

### **2.6.3 Proteína**

As proteínas possuem estruturas espaciais complexas que podem ser organizadas em quatro níveis: a) primária: sequência de aminoácidos na cadeia polipeptídica, b) secundária: proporcionada por pontes de hidrogênio entre os radicais grupamentos amina e carboxila, entre aminoácidos adjacentes, c) terciária: descreve a forma tridimensional final de uma cadeia polipeptídica, resultado da associação de partes organizadas da molécula e d) quaternária: composta de mais de uma cadeia polipeptídica, que podem estar associadas por pontes dissulfeto (NELSON e COX, 2011).

### **2.6.4 Peletização e digestibilidade da proteína**

A temperatura e umidade empregadas durante o processo de condicionamento podem alterar a estrutura física das proteínas e, conseqüentemente, suas propriedades funcionais e nutricionais.

A ação da temperatura durante a peletização promove a desnaturação das proteínas existentes nos ingredientes das dietas. A desnaturação proteica refere-se às alterações físicas sofridas pelas proteínas, causando rompimento das estruturas secundária, terciária e quaternária que auxiliam a estabilização e conformação da molécula; altera sua estrutura espacial e forma arranjos mais desordenados por meio de ligações intramoleculares. As proteínas desnaturadas, geralmente, perdem parcialmente a solubilidade e a atividade biológica natural. A estrutura primária não sofre efeito de agentes desnaturantes, portanto as ligações peptídicas não são afetadas (ARAÚJO et al. 2009).

Do ponto de vista nutricional, a desnaturação parcial melhora a digestibilidade das proteínas devido à alteração na sua estrutura, permitindo que as proteases atuem mais facilmente (DOZIER, 2001). SCOTT et al. (1997) afirmam que o aumento na digestibilidade da proteína para frangos de corte ocorre provavelmente devido às rações peletizadas serem submetidas à alta temperatura e pressão em seu processo,

resultando em rompimento das pontes dissulfeto na estrutura da proteína, causando desnaturação e aumento da eficiência das enzimas endógenas.

O efeito do processamento de rações sobre a digestibilidade da proteína foi reportado em várias pesquisas (SCOTT et al., 1997; LÓPEZ et al., 2007; ABDOLLAHI et al., 2011). Analisando a utilização de nutrientes em pintos de corte alimentados na fase pré-inicial com rações de diferentes formas físicas (farelada, peletizada/ triturada e peletizada), FREITAS et al. (2008) observaram que as aves alimentadas com ração farelada apresentaram menor coeficiente de digestibilidade da proteína em relação às alimentadas com peletizadas, porém semelhante a peletizada/triturada. Da mesma forma, LÓPEZ et al. (2007) avaliaram o efeito de três tipos de processamento térmico (farelada, peletizada e peletizada/expandida) em um ensaio de metabolismo com frangos de corte nas fases inicial e crescimento. O coeficiente de digestibilidade da proteína foi semelhante em aves que consumiram dietas peletizadas e peletizadas/expandidas, e superior ao das aves alimentadas com dieta farelada. Porém ABDOLLAHI et al. (2011) verificou efeito negativo da temperatura sobre a digestibilidade da proteína em dietas a base de trigo.

Processamentos térmicos muito intensos podem ocasionar reações indesejáveis entre os componentes dos alimentos, tornando-os menos digestíveis. O excesso de temperatura no processo pode resultar em escurecimento não enzimático dos alimentos, principalmente a reação de Maillard e de caramelização (BRIÃO et al., 2011; ARAÚJO et al., 2009). Estas reações têm impacto positivo para modificar o aspecto de alimentos para humanos, melhorando a aparência e o "flavor" (preparo de bolos, bolachas, balas, pães e assados em geral). Porém, levam a efeitos negativos do ponto de vista nutricional, como o bloqueio ou a redução da biodisponibilidade de aminoácidos essenciais (principalmente lisina) e da atividade de enzimas (BOEKEL, 1998).

A reação de "Maillard" ocorre entre um grupamento carbonila ( $C=O$ ) de carboidratos redutores e o grupamento amino ( $NH_2$ ) do aminoácido, em meio preferencialmente alcalino, na presença de água e temperatura. Após várias etapas, ocorre à produção de melanoidinas, responsáveis pela coloração marrom. Já a caramelização, é uma reação de escurecimento não enzimático que ocorre em sistemas que contém carboidratos redutores por mecanismos diferentes da reação de Maillard, na ausência de aminoácidos ou proteínas. A reação de caramelização

necessita de maior energia de ativação, de modo que condições extremas de temperatura (maior que 120°C) e pH (pH<3 ou pH>9) precisam ser aplicadas (BOEKEL, 1998; VORAGEN et al., 1995).

Para a nutrição animal, o processamento térmico de rações como a peletização, pode desencadear esta reação de complexação entre aminoácidos e carboidratos, indisponibilizando parcialmente estes compostos, reduzindo a solubilidade das proteínas e comprometendo sua digestibilidade. VELOSO et al. (2005) relataram que o farelo de soja teve sua solubilidade proteica em KOH reduzida de 805,7 para 641,2 g/kg de proteína após ser submetida a processamento com expansão a temperatura de 130-136°C. Creswell e Bedford (2006) sugerem que temperaturas de peletização acima de 85°C não devem ser empregadas a fim de evitar a formação de complexos entre proteínas e carboidratos, além de outras perdas nutricionais.

## **2.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O processamento térmico de rações traz benefícios para a produção avícola, sendo a peletização de rações o processo mais utilizado, apesar de ser bastante complexo, pois pequenas alterações nos parâmetros do processo podem modificar as características físicas e químicas dos ingredientes utilizados. Além disso, os processos de condicionamento térmico e peletização representam em torno da metade dos custos de industrialização das dietas animais, constituindo-se numa das etapas mais custosas dentro de uma fábrica de rações.

Porém, a peletização de rações modifica a forma física da ração, e fornece vantagens como a melhora na digestibilidade de diferentes frações da dieta e o no desempenho zootécnico de frangos de corte. Estratégias que envolvem modificações na formulação de rações, granulometria dos ingredientes, ajustes nos parâmetros de condicionamento, entre outros, podem ser implementadas para melhorar a qualidade dos peletes. Pois, a qualidade dos peletes produzidos é crucial para que os objetivos da peletização sejam atingidos.

## 2.8 REFERÊNCIAS

- ABDOLLAHI, M.R., RAVINDRAN, V., SVIHUS, B. Influence of grain type and feed form on performance, apparent metabolisable energy and ileal digestibility of nitrogen, starch, fat, calcium and phosphorus in broiler starters. **Animal Feed Science and Technology**, v.186, p.193-203, 2013.
- ABDOLLAHI, M. R., RAVINDRAN, V., WESTER, T. J., RAVINDRAN, G. AND THOMAS, D. V. Influence of conditioning temperature on the performance, nutrient utilisation and digestive tract development of broilers fed on maize- and wheat-based diets'. **British Poultry Science**, 51: 5, p. 648-657, 2010.
- ABDOLLAHI, M.R., RAVINDRAN, V., WESTER, T.J., RAVINDRAN, G., THOMAS, D.V. Influence of feed form and conditioning temperature on performance, apparent metabolisable energy and ileal digestibility of starch and nitrogen in broiler starters fed wheat-based diet. **Animal Feed Science and Technology**, v.168, p.88-99, 2011.
- ARAÚJO, W.M.C., MONTEBELLO, N.P., BOTELHO, R.B.A., BORGIO, L.A. **Alquimia dos alimentos**. Brasília, Editora Senac, 560p, 2009.
- BEHNKE, K. Factors affecting pellet quality. In: **Proceedings Maryland Nutrition Conference**, College of Agriculture, University of Maryland. p.44-54, 1994.
- BEHNKE, K.C. The Art (Science) of Pelleting. **American Soybean Association**. May 23 - June 10. 2005.
- BIAGI, J.D. Tecnologia da peletização da ração. In: Simpósio do colégio brasileiro de nutrição animal, 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, p.37-59, 1990.
- BJÖRCK, I., GRANFELDT, Y., LILJEBERG, H., TOVAR, J., NILS-GEORG, A. Food properties affecting the digestion and absorption of carbohydrates. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 59, p.699-705, 1994.
- BOEKEL, M. A. J. S. Van. Effect of heating on Maillard reactions in milk. **Food Chemistry**, v. 62, p. 403-414, 1998.
- BRIÃO, V.B., FOLLMER, L., SOUZA, M., RODRIGUES, V.M. Cinética do escurecimento não-enzimático com soluções modelo de açúcares e aminoácidos em pH neutro e ácido. **Acta Scientiarum Technology**, v.33, p.87-93, 2011.
- BRIGGS, J.L., MAIER, D.E., WATKINS, B.A., BEHNKE, K.C. Effect of Ingredients and Processing Parameters on Pellet Quality. **Poultry Science**, v.78, p.1464–1471, 1999.
- BUCHANAN, N.P. Diet Formulation and Manufacturing Technique Interactions Affect Pellet Quality and Broiler Growth. **Tese de doutorado**, West Virginia University, Morgantown, USA, 2008.
- CAMPBELL, G.L., BEDFORD, M.R. Enzyme applications for monogastric feeds: A review. **Canadian Journal of Animal Science**, v.72, p.449-466, 1992.

CORAL, D.F., PINEDA-GÓMEZ, P., ROSALES-RIVERA, A., RODRIGUEZ-GARCIA, M.E.. XIX Latin American Symposium on Solid State Physics (SLAFES XIX). **Journal of Physics: Conference Series**; 167, 2009.

CORZO, A.; MEJIA, L.; LOAR, I.I.R.E. Effect of pellet quality on various broiler production parameters. **Journal Applied of Poultry Research**. v.20, p.68–74, 2011.

CRESWELL, D., BEDFORD, M. High pelleting temperatures reduces broiler performance. In: Australian Poultry Science Symposium, **Anais...** p. 1-6, 2006.

CUTLIP, S.E., HOTT, J.M., BUCHANAN, N.P., RACK, A.L., LATSHAW, J.D., MORITZ, J.S. The effect of steam-conditioning practices on pellet quality and growing broiler nutritional value. **Journal Applied of Poultry Research**, v.17, p.249-261, 2008.

CRESWELL, D., BEDFORD, M. High pelleting temperatures reduces broiler performance. In: Australian Poultry Science Symposium, **Anais...** p. 1-6, 2006.

DOZIER, W. A. Pelet de calidad para obtener carne de ave más económica. **Alim. Balanc. Anim.**, v.8, p.16-19, 2001.

ENGLYST, H.N., KINGMAN, S.M., CUMMINGS, J.H. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. **European Journal of Clinical Nutrition**, v.46, p.33-50, 1992.

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

FAHRENHOLZ, A.C. Evaluating factors affecting pellet durability and energy consumption in a pilot feed mill and comparing methods for evaluating pellet durability. 66p. **Dissertação de mestrado**. Kansas State University, Kansas, 2012.

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.

FRANKE, M., REY, A. Improving pellet quality and efficiency. **Feed Technology**, v.10, n.3, 2006.

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, p.73-78, 2008.

FROETSCHNER, J. Conditioning controls pellet quality. **Feed Tech**, v. 10, n. 6, 2006.

GREENWOOD, C.T. Organization of starch granules. In: **The Carbohydrates, Chemistry and Technology** (Ed. PIGMAN, W.; HORTON, D.). 2. ed. Academic Press, London, UK, p.471, 1970.

HOLM, J e BJÖRCK, I. Effects of thermal-processing of wheat on starch 2. Enzymic availability. **Journal of Cereal Science**, v.8, p. 261–268, 1988.

JENSEN, L.S., MCGINNIS, J., REDDY, C.V., MERRILL, L.H. Observations on eating patterns and rate of food passage of birds fed pelleted and unpelleted diets. **Poult. Sci.** 41, 1414, 1962.

KOKIĆ, B.M., LEVIĆ, J.D., CHRENKOVÁ, M., FORMELOVÁ, Z., POLÁČIKOVÁ, M., RAJSKÝ, M., JOVANOVIĆ, R.D. Influence of thermal treatments on starch gelatinization and in vitro organic matter digestibility of corn. **Food and Feed Research**, v.40, p.93-99, 2013.

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.

LOWE, R. Judging pellet stability as part of pellet quality. **Feed Tech**, v. 9, n. 2, 2005.

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. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, p.1006-1013, 2007.

LUND, D., LORENZ, K.J. Influence of time, temperature, moisture, ingredients, and processing conditions on starch gelatinization. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr**, v.20, p.249-273, 1984.

LUNDBLAD, K.K., HANCOCK, J.D., BEHNKE, K.C., PRESTLØKKEN, E., MCKINNEY, L.J., SØRENSEN, 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 and Technology**, v.150, p.295–302, 2009.

MCCRACKEN, K.J. Effects of physical processing on the nutritive value of poultry diets. In: **Poultry Feedstuffs: Supply, Composition and Nutritive Value**. Wallingford, p.301-316, 2002.

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

MEINERZ, C.; RIBEIRO, A.M.L.; PENZ Jr., A.M.; KESSLER, A.M. Níveis de energia e peletização no desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte com oferta alimentar equalizada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.2026-2032, 2001.

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

MORITZ, J. S., PARSONS, A. S., BUCHANAN, N. P., CALVALCANTI, W. B., CRAMER K. R., BEYER. R. S. Effect of Gelatinizing Dietary Starch Through Feed Processing on Zero to Three-Week Broiler Performance and Metabolism. **J. Appl. Poult. Res.**, 11, 155-163. 2005.

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. **Journal Applied of Poultry Research**, v.12, p.371–381, 2003.

MORITZ, J.S.; WILSON, K.J.; CRAMER, K.R.; BEYER, R.S.; MCKINNEY, L.J.; CAVALCANTI, B.; MO, X. Effect of formulation density, moisture, and surfactant on feed manufacturing, pellet quality, and broiler performance. **Journal Applied of Poultry Research**. v.11, p.155–163, 2002.

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. **Journal Applied of Poultry Research**, v.12, p.371–381, 2003.

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

NIR, I.; TWINA, Y.; GROSSMAN, E. et al. Quantitative effects of pelleting on performance, gastrointestinal tract and behavior of meat-type chickens. **British Poultry Science**, v.35, p.589-602, 1994.

NELSON, D.L., COX, M.M. Lehninger. **Princípios de Bioquímica**. 5º Ed. São Paulo, Sarvier, 2011.

O'CONNOR, C. Product development services available from extruder manufactures. In: **Extrusion technology for the food industry**. New York, Elsevier Applied Science, p.71-75, 1987.

OLIVEIRA, A.A.; GOMES, AVC.; 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, p.2450-2455, 2011.

PARKER, R., RING, S.G. Aspects of the physical chemistry of starch. **Journal of Cereal Science**, v.34, p.1–17, 2001.

PEISKER, M. Feed processing — impacts on nutritive value and hygienic status in broiler feeds. **Proceedings of the Australian Poultry Science Symposium**, 18: p. 7–16, 2006.

REIMER, L. Conditioning. Proceedings Northern Crops Institute Feed Mill Management and Feed Manufacturing Technol. **California Pellet Mill Co.** Crawfordsville, p. 7, 1992.

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

SKOCH, E.R.; BEHNKE, K.C.; DEYOE, C.W.; BINDER, S.F. The effect of steam-conditioning rate on the pelleting process. **Animal Feed Science and Technol**, v.6, p.83–90, 1981.

SVIHUS, B.; KLØVSTAD, K.H.; PEREZ, V.; ZIMONJA, O.; SAHLSTRÖM, S.; SCHÜLLER, R.B.; JEKSRUD, W.K.; PRESTLØKKEN, E. Nutritional effects of pelleting of broiler chicken diets made from wheat ground to different coarsenesses by the use of roller mill and hammer mill. **Animal Feed Science and Technology** v.117, p.281–293, 2004.

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 and Technology**, v.122, p.303–320, 2005.

THOMAS, M., VILIET, T. van, POEL, A.F.B. van der. Physical quality of pelleted animal feed. 3. Contribution of feedstuffs components. **Animal Feed Science Technology** 70. 1998.

THOMAS, M., HUIJNEN, P. T. H. J., VAN VLIET, T., VAN ZUILICHEM, D. ., VAN DER POEL, A. F. B. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 79, 1481-1494. 1999.

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

VAN SOEST, J. J. G., HULLEMAN, S. H. D., DE WIT, D., VLIEGENTHART, J. F. G. Crystallinity in starch bioplastics. **Industrial Crops and Products**, v. 5, p.11-22, 1996.

VELOSO, J.A.F., MDEIROS, S.L.S., AROUCA, C.L.C., RODRIGUEZ, N.M., SALIBA, E.O.S., OLIVEIRA, S.G., Composição química, avaliação físico-química e nutricional e efeito da expansão do milho e do farelo de soja para suínos em crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, p.623-633, 2005.

VORAGEN, A.G.J., GRUPPEN, H., MARSMANI, G.J.P., MUL, A.J. Effect of some manufacturing technologies on chemical, physical and nutritional properties of feed. In: **Recent Advances in Animal Nutrition**. Nottingham: University Press, 1995.

WANG, L.Z., WHITE, P.J. Structure and properties of amylase, amylopectin and intermediate materials of oat starches. **American Association of Cereal Chemists**, v.71, p.263-268, 1994.

ZIGGERS, D. Die determines the pellet production. **Feed Tech**, v. 7, n. 8., 2003.

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.

### 3. EFEITO DA TEMPERATURA DE CONDICIONAMENTO SOBRE A QUALIDADE DO PELETE, DIGESTIBILIDADE E DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE

#### RESUMO

A qualidade do processamento de rações impacta diretamente na eficiência de utilização dos ingredientes e no desempenho de frangos de corte. A peletização de rações é o processamento térmico mais utilizado na indústria avícola, sendo que as aves têm preferência por dietas peletizadas, o que pode aumentar o consumo de ração. O presente experimento teve como objetivo avaliar a influência da temperatura de condicionamento sobre a qualidade física de pelete, coeficiente de digestibilidade ileal aparente da matéria seca (CDIAMS), da proteína bruta (CDIAPB), e do amido (CDIamido), coeficiente de metabolizabilidade aparente da matéria seca (CMAMS) e energia metabolizável aparente (EMA), além do desempenho zootécnico de frangos de corte (consumo de ração, CR; ganho de peso, GP e conversão alimentar, CA). Os tratamentos consistiram de dieta farelada e peletizada/triturada com diferentes temperaturas de condicionamento (sem condicionamento (50°C), e condicionada a 60, 70, 80 e 90°C). A qualidade de pelete foi mensurada pelo índice de durabilidade de pelete (PDI) e a dureza. O PDI e a dureza do pelete apresentaram efeito linear ( $P < 0,05$ ) com o aumento da temperatura, assim como CDIAMS, CDIAPB e CDIamido, já a EMA e CMAMS apresentaram efeito quadrático ( $P < 0,05$ ). O CR não foi afetado pelas diferentes temperaturas de condicionamento, já o GP e CA apresentaram efeito quadrático ( $P < 0,05$ ). O aumento da temperatura de condicionamento aumenta de forma linear a qualidade dos peletes, o CDIAMS e CDIAPB e o CDIamido e de forma quadrática a EMA e o CMAMS. O GP e CA também são influenciados de forma quadrática pela temperatura no condicionamento, sem afetar o CR.

**Palavras chave:** amido, coeficiente de digestibilidade ileal, PDI, pelete, processamento térmico.

## EFFECT OF CONDITIONING TEMPERATURE ON QUALITY OF PELLET, DIGESTIBILITY AND PERFORMANCE OF BROILER

### ABSTRACT

The feed processing, when performed properly, directly impacts the efficiency of the ingredients use and performance of broiler chickens. The feed pelleting is the most used thermal processing in poultry industry, and the birds have a preference for pelleted diets, which can increase feed intake. Thus, the present study aimed to evaluate the influence of conditioning temperature on pellet physical quality, apparent ileal digestibility of dry matter (CDIAMS), apparent ileal digestibility coefficient (CDIAPB), apparent ileal digestibility coefficient starch (CDIamido), apparent metabolizable coefficient of dry matter (CMAMS) and apparent metabolizable energy (EMA), and the broiler performance (feed intake, FI, weight gain, WG and feed conversion, FC). Treatments consisted of mash and crumbled/pelleted with different conditioning temperatures (without conditioning (50°C), and conditioned at 60, 70, 80 and 90°C). The pellet quality was measured by pellet durability index (PDI) and hardness. The PDI and the hardness of the pellet showed a linear effect ( $P < 0.05$ ) with increasing temperatures, as CDIAMS, CDIAPB and CDIamido, but EMA and CMAMS presented quadratic effect ( $P < 0.05$ ). FI was not affected by different conditioning temperatures, but WG and FC showed a quadratic effect ( $P < 0.05$ ). Increased conditioning temperature increase linearly pellet quality, the CDIAMS and CDIAPB and CDIamido and quadratic form the EMA and the CMAMS. The WG and CA are also quadratic affected by temperature in the conditioning without affecting the FI.

**Key words:** Coefficient of ileal digestibility, PDI, pellet, starch, thermal processing.

### 3.1 Introdução

O correto processamento de ração, impacta diretamente o crescimento e conversão alimentar das aves, porém nem sempre atenção necessária é dada para essa área. Dietas peletizadas tem se mostrado eficientes por melhorar a utilização dos ingredientes e o desempenho das aves. O principal objetivo da peletização é aglomerar pequenas partículas de um ingrediente ou de mistura de ingredientes utilizando processos mecânicos, com a presença de pressão, umidade e calor (PEISKER, 2006), sendo a temperatura no condicionamento parte importante no processo.

A tecnologia de processamento de ração para frangos de corte envolve diferentes tipos de processamento térmico, incluindo a extrusão, expansão, condicionamento e peletização. Embora a peletização represente o maior gasto de energia no processamento, quando a relação custo-benefício é considerada, a peletização mostra-se rentável, sendo o método de processamento térmico mais utilizado (ABDOLLAHI, et al., 2010). Segundo Greenwood (1970), os tipos de tratamentos térmico das dietas diferem entre si pelo tempo de condicionamento, temperatura, pressão e umidade, os quais determinam características da dieta, como densidade, grau de desnaturação das proteínas e principalmente de gelatinização do amido, que é definida como a destruição irreversível da condição cristalina do grão de amido, a qual facilita a digestão enzimática.

Tendo em vista a importância da peletização na avicultura, avaliou-se a influência da temperatura de condicionamento na peletização sobre a qualidade de pelete, energia metabolizável aparente (EMA), coeficiente de metabolizabilidade aparente da matéria seca (CMAMS), coeficiente de digestibilidade ileal aparente da matéria seca (CDIAMS), coeficiente de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta (CDIAPB), e coeficiente de digestibilidade ileal aparente do amido (CDIamido) de dietas iniciais farelada e peletizadas/trituradas, além do desempenho zootécnico de frangos de corte.

### **3.2 Material e Métodos**

O projeto foi aprovado pela comissão de ética no uso de animais do setor de ciências agrárias, com protocolo de número 055/2013.

#### **Fabricação das dietas experimentais e análise de qualidade de pelete**

##### **Local**

As dietas experimentais (Tabela 1 e 2), foram peletizadas e posteriormente trituradas na Embrapa Suínos e Aves, localizada no município de Concórdia – SC.

##### **Dietas experimentais**

As dietas experimentais eram à base de milho e farelo de soja, peletizadas e posteriormente trituradas. As dietas eram isonutritivas, formuladas para atender as exigências nutricionais das aves (dieta inicial para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade (Tabela 1 e 2) e variavam apenas pela temperatura de condicionamento durante a peletização, sendo o tempo de condicionamento de 15 segundos para todos os tratamentos. Em cada tratamento foi adicionado 1% de celite, utilizado como indicador interno indigestível para os cálculos de digestibilidade.

Para a confecção das rações, foi utilizada uma peletizadora a vapor (Koppers Júnior C40), com motor de 50 CV, marca Siemens e anel com furos de diâmetro de 3/16 polegadas. Foram fabricados 500 kg de ração de cada tratamento, e a primeira e última porção após a peletização foram descartados, para garantir que a dieta fosse submetida a temperatura desejada de acordo com cada tratamento.

Para a caracterização numérica do milho moído, das rações peletizadas e da ração farelada foram utilizadas diferentes peneiras de acordo com método descrito por Zanotto e Bellaver (1996), onde 200g de amostra foram secas em estufa a 105°C durante 24 horas, fracionada em um conjunto de peneiras com diferentes aberturas e adicionadas em um equipamento vibrador de peneiras. As frações retidas em cada peneira foram quantificadas por meio de pesagem sendo o diâmetro geométrico médio (DGM) calculado por meio do software “SOFTGRAIN” desenvolvido pela Embrapa Suínos e Aves. O Diâmetro geométrico médio (DGM) do milho foi de 525 µm, já o das dietas peletizadas/trituradas. foi de 1042,6 µm e da ração farelada 601 µm.

Tabela 1. Ingredientes utilizados nas dietas experimentais

Ingredientes	%
Milho	54,43
Farelo de soja	36,04
Óleo de soja	3,60
Fosfato bicálcico	2,10
Calcário	1,34
Celite	1,00
Sal comum	0,60
DI-methionina	0,16
Sequestrador de micotoxina	0,20
L-Treonina	0,06
Cloreto de Colina	0,26
Monensina	0,03
L-Lisina	0,02
BHT	0,02
Tylan-40	0,01
Supl Vit Aves*	0,10
Supl Min Aves**	0,05
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>

\* Suplementação por kg de ração: vit. A, 15000UI; vit. D3, 5000 UI; vit. E, 100mg; vit. K, 5mg; ácido fólico, 3mg; ácido nicotínico, 75mg; ácido pantotênico, 25mg; riboflavina, 8mg; tiamina, 5mg; piridoxina, 7mg; biotina, 300qg; colina, 400mg; vit. B12, 20qg.

\*\*Concentração por kg de ração: iodo, 2mg; selênio, 200qg; cobre, 20mg; ferro, 50mg; manganês, 120mg; zinco, 100mg.

Tabela 2. Composição química das dietas experimentais submetidas a crescentes temperaturas de condicionamento (T°C)

Composição química	F	T50	T60	T70	T80	T90
Umidade (%)	11,97	11,32	12,07	12,49	11,77	13,09
Proteína bruta (%)	23,61	22,65	22,98	22,99	23,21	20,91
Energia bruta (kcal/kg)	4136	4175	4110	4144	4162	4124
Matéria mineral (%)	6,79	6,61	7,49	8,41	7,34	7,56
Atividade de água	0,62	0,63	0,69	0,69	0,72	0,73
Proteína solúvel (%)	70,73	64,46	63,75	63,72	66,39	64,56

## **Qualidade dos peletes**

Após a fabricação das dietas experimentais, amostras de cada tratamento foram coletadas e encaminhadas para realização de análises físicas e químicas. Cinco amostras da ração peletizada, de cada tratamento, de aproximadamente 500g, foram coletadas antes do resfriamento, para a avaliação do índice de durabilidade do pelete, PDI (FALK, 1985). Essas amostras passaram por peneira com furos de diâmetro de 4 mm e 250 g dos peletes retidos foram colocados no durabilímetro. Esse aparelho possuía cinco caixas de 13 x 13 x 60 cm, onde em cada uma delas foi colocada uma amostra de cada tratamento, para que o teste de durabilidade ocorresse simultaneamente em todos os tratamentos. Todas as amostras permaneceram nesse equipamento, por 10 minutos a 60 RPM e, logo após, a amostra passou novamente pela peneira e foi pesada, para determinação do PDI. A durabilidade, segundo Ensminger (1985), foi calculada por meio da equação: Durabilidade (%) = (peso dos peletes após o teste/peso dos peletes antes do teste) x 100.

Para a análise de dureza, dez peletes de cada amostra foram selecionados, e foi realizada análise em durômetro (Nova Ética; 298 DGP) expressa em kgf. A atividade de água (Aa) das rações foi analisada em aparelho específico (Aqualab® modelo s3te), um mês após a peletização das rações.

As dietas foram analisadas quanto ao teor de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) conforme a AOAC (1995), atividade de água, proteína solúvel, e amido disponível e resistente (WALTER et al., 2005) e energia bruta (EB), realizada em bomba calorimétrica (Ike Werke® Modelo C2000 Control). A cinza insolúvel em ácido (CIA) foi determinada de acordo com metodologia descrita por SCOTT e BOLDAJI (1977).

## **Desempenho e digestibilidade**

### **Local**

O experimento foi realizado nas instalações da Sala de Metabolismo do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, localizada no município de Curitiba, PR.

## **Animais e instalações**

Foram utilizados 480 pintos de corte machos da linhagem comercial *Cobb 500*<sup>®</sup>, de 1 a 21 dias de idade. As aves foram alojadas em baterias metálicas com dimensões de 0,98 x 0,90 x 0,50 m (c x l x h). As baterias possuem 4 andares, divididas em duas gaiolas por andar, sendo que cada gaiola possui uma bandeja coletora de excretas. Todas as gaiolas são equipadas com bebedouros e comedouros tipo calha e o ambiente aquecido com aquecedores elétricos.

## **Manejo**

As aves receberam água e ração *ad libitum* e luz contínua com 24 horas de luz artificial no primeiro dia após a chegada das aves, para assegurar a ingestão adequada de ração. Após o primeiro dia, foram utilizadas 8 horas de escuro, de acordo com a recomendação do Manual de Manejo de Frangos de Corte COBB. A mortalidade das aves foi verificada diariamente, sendo estas retiradas e anotando-se a data e o peso corporal, para posterior correção dos dados.

## **Delineamento e tratamentos**

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com 6 tratamentos: ração farelada (F), ração peletizada com diferentes temperaturas de condicionamento (sem condicionamento, 60, 70, 80 e 90°C) com 8 repetições de 10 aves. Os tratamentos foram:

F – ração farelada

T50 – ração peletizada sem condicionamento térmico (50°C);

T60 – ração peletizada a 60°C;

T70 – ração peletizada a 70°C;

T80 – ração peletizada a 80°C;

T90 – ração peletizada a 90°C;

A ração do T50, peletização sem condicionamento térmico, apenas passou pelo condicionador e não foi adicionado vapor ao processo, porém a temperatura foi de 50°C, pelo atrito durante o processo de passagem do alimento pela matriz/prensa. As

temperaturas dos demais tratamentos foram reguladas pela injeção de vapor no condicionador.

No início do experimento, aos 7, 14 e 21 dias de idade, as aves e a ração foram pesadas para determinar os parâmetros de desempenho zootécnico: consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA).

### **Digestibilidade e metabolizabilidade**

Nos últimos cinco dias do período experimental (21° a 25°) foi realizada a amostragem de excretas pelo método de coleta parcial. A coleta foi realizada duas vezes ao dia, no período da manhã e tarde (9:00 e 17:30 horas aproximadamente), com auxílio de espátulas plásticas. As excretas eram armazenadas em sacos plásticos devidamente identificados e acondicionadas imediatamente em freezer (-18°C) para posterior análise de energia metabolizável aparente das dietas (EMA) e do coeficiente de metabolizabilidade aparente da matéria seca (CMAMS).

No último dia do período experimental (25° dia), 6 aves de cada parcela foram abatidas por deslocamento cervical, evisceradas e o intestino das mesmas foi separado para coleta ileal. A fração ileal foi definida como 4 cm abaixo do divertículo de Meckel e 4 cm acima da junção íleo-ceco-cólica. Todo conteúdo ileal foi retirado manualmente por compressão do íleo, com auxílio de tesouras e pinças e acondicionado em recipientes plásticos devidamente identificados, homogeneizado e acondicionado em freezer (-18°C) para posterior análise de MS e PB (AOAC, 1995) e amido disponível e resistente (WALTER et al., 2005).

A metabolizabilidade e digestibilidade das frações da dieta foram realizados, com o uso de indicador externo CIA, e as equações utilizadas foram as seguintes: fator de indigestibilidade (FI) ( $FI = CIA \text{ dieta} / CIA \text{ excreta}$ ); coeficiente de metabolizabilidade aparente da MS (CMAMS =  $100 - FI$ ); Energia metabolizável aparente (EMA) ( $EMA = EB \text{ dieta} - (EB \text{ excretas} * FI)$ ).

Da mesma forma, as equações foram utilizadas para calcular o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da PB (CDIAPB) ( $CDIAPB = (PB \text{ dieta} - (PB \text{ íleo} * FI)) / PB \text{ da dieta} * 100$ ) e o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da matéria seca (CDIAMS) ( $CDIAMS = (MS \text{ dieta} - (MS \text{ íleo} * FI)) / MS \text{ da dieta} * 100$ ). Coeficiente de

digestibilidade ileal do amido (CDIamido) ( $\text{CDIamido} = (\text{amido da dieta} - (\text{amido íleo} * \text{FI})) / \text{amido da dieta} * 100$ ).

### **Análise estatística**

O teste Shapiro-Wilk foi usado para checar a normalidade dos resíduos do modelo estimado dos dados. Quando os dados não seguiram distribuição Gaussiana, foram submetidos à transformação para raiz quadrada, para reduzir a distorção e aproximar os dados à normalidade (Yeo e Johnson, 2000). A análise estatística foi realizada com base nos dados transformados.

Os dados com distribuição normal foram submetidos à análise de variância e, se significativo, as médias comparadas pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade utilizando a ração farelada como testemunha. Para os tratamentos que são dependentes (ração peletizada sem condicionamento e ração peletizada com diferentes temperaturas) foi realizada a análise de regressão linear e quadrática, considerando  $P < 0,05$ . Para determinar o ponto ótimo na curva de regressão foi realizada a derivada da equação.

## **3.3 Resultados**

### **Qualidade do Pelete**

Os resíduos para PDI não seguiram uma distribuição normal ( $p < 0,05$ ). O PDI apresentou aumento linear significativo ( $P < 0,01$ ), com o aumento da temperatura de condicionamento, com conseqüente redução no teor de finos da dieta. Os dados de dureza apresentaram distribuição normal e foi observado efeito linear ( $P < 0,01$ ) com o aumento da temperatura de condicionamento (Tabela 3).

Tabela 3. Dureza e Índice de durabilidade dos peletes (PDI) de rações produzidas com crescentes temperaturas de condicionamento (T°C)

Tratamento	Dureza, kgf	PDI, %
T50	4,32± 0,300	78,8 ± 2,07
T60	4,42± 0,175	79,0 ± 2,07
T70	5,56± 0,267	85,4 ± 1,73
T80	6,26± 0,202	87,4 ± 1,21
T90	7,53± 0,304	91,4 ± 1,31
CV (%)	21,33	6,04
Equação	$y = 0,0826x - 0,1606$	$0,3352x + 60,984$
P-linear	<0,010	<0,010
P-quadrático	0,5672	0,2494
R <sup>2</sup>	0,91	0,94

CV(%) – Coeficiente de variação

### Desempenho

A ração farelada foi a menos consumida quando compara às rações peletizadas/trituradas. As aves alimentadas com as dietas T60 e T70 apresentaram o maior ganho de peso e diferiram estatisticamente ( $P < 0,05$ ) da ração farelada, porém a conversão alimentar não apresentou diferença estatística ( $P > 0,05$ , Tabela 4).

Tabela 4. Desempenho de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade alimentados com dietas iniciais fareladas (F) e peletizadas/trituradas com crescentes temperaturas de condicionamento (T°C)

Tratamento	Consumo de ração (g)	Ganho de Peso (g)	Conversão alimentar (g/g)
F (controle)	1.040	720	1,45
T50	1.170*	780	1,49
T60	1.160*	810*	1,42
T70	1.190*	840*	1,42
T80	1.170*	780	1,49
T90	1.170*	760	1,53

\*Diferem do controle (P<0,05) pelo teste de Dunnett

Observou-se efeito quadrático (P<0,05) no GP (Figura 1) e na CA (Figura 2) de frangos de corte, criados de 1 a 21 dias, em função do aumento da temperatura de condicionamento, já o consumo de ração não foi influenciado significativamente (P>0,05). A temperatura ótima para o melhor GP e melhor CA foi de 68,7 e 66,93 respectivamente, sendo que a temperatura mais alta testada no experimento (90°C) apresentou os piores resultados de desempenho (Tabela 5).

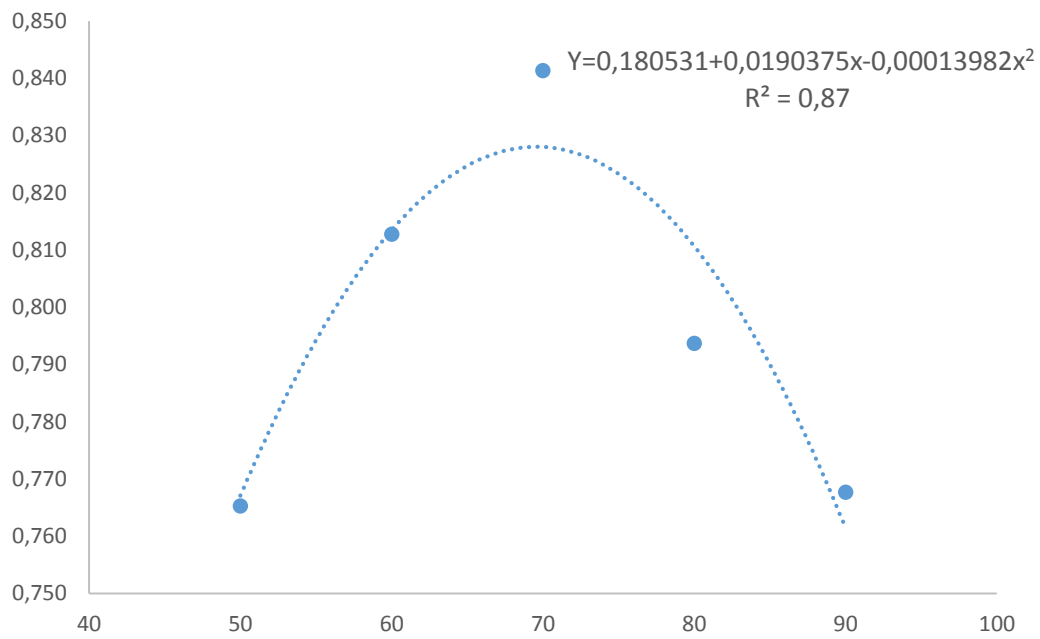


Figura 1. Ganho de peso (GP) de 1 a 21 dias de idade de frangos de corte alimentados com dietas peletizadas/trituradas com crescentes temperaturas de condicionamento

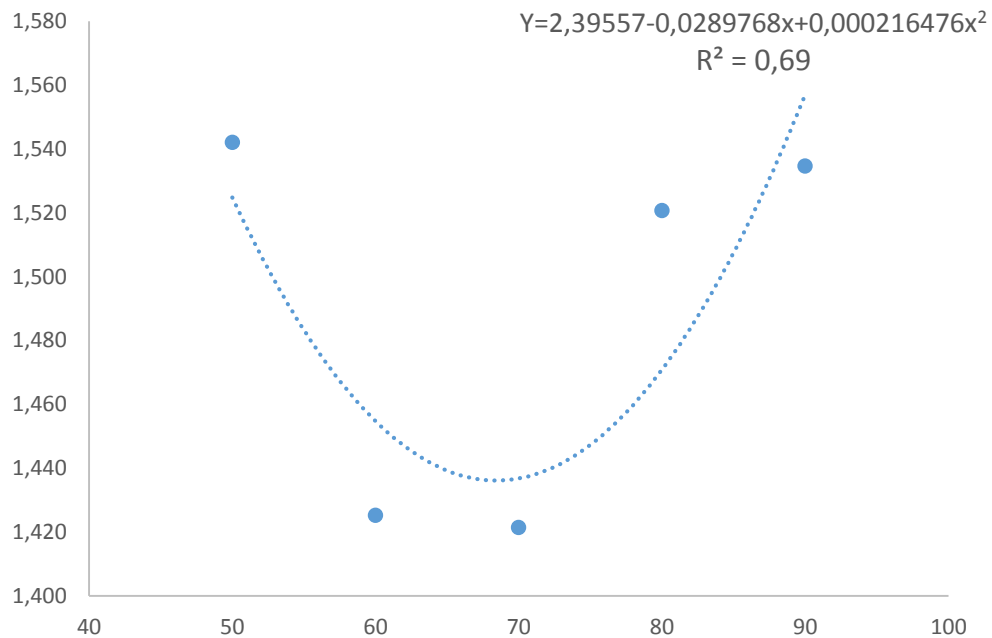


Figura 2. Conversão alimentar (CA) de 1 a 21 dias de idade de frangos de corte alimentados com dietas peletizadas/trituradas com crescentes temperaturas de condicionamento

Tabela 5. Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA), de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade alimentados com dietas peletizadas/trituradas com crescentes temperaturas de condicionamento (T°C)

Tratamento	CR (g)	GP (g)	CA (g/g)
T50	1.170	780	1,49
T60	1.160	810	1,42
T70	1.190	840	1,42
T80	1.170	780	1,49
T90	1.170	760	1,53
P-linear	0,27	0,030	0,032
P-quadrático	0,30	0,027	0,024
	Equação de regressão		R <sup>2</sup> Ponto ótimo
GP (kg)	Y=0,180531+0,0190375x-0,00013982x <sup>2</sup>		0,87 68,07
CA	Y=2,39557-0,0289768x+0,000216476x <sup>2</sup>		0,69 66,93

### Digestibilidade

O CMAMS e a EMA das dietas T50, T80 e T90 diferiram significativamente (P<0,05) da ração farelada, já o CDIAMS, CDIAPB e o CDlamido não diferiram estatisticamente (P>0,05, Tabela 6).

A EMA e o CMAMS apresentaram efeito quadrático (P<0,05) em relação a temperatura de condicionamento. O CDIAMS e CDIAPB aumentaram linearmente (P<0,01) com o aumento da temperatura de condicionamento. O CDIAMS variou de 68,9% para as dietas peletizadas sem condicionamento (50°C) até 76,6% para as dietas de maior temperatura de peletização testada (90°C). Quanto ao CDIAPB, observou-se variação de 72,3% para ração peletizada a frio até 79,9 para peletizada a 90°C. O CDlamido também apresentou aumento linear significativo (P<0,05) (Tabela 7).

Tabela 6. Energia metabolizável aparente (EMA) coeficiente de metabolizabilidade aparente da matéria seca (CMAMS), coeficiente de digestibilidade ileal aparente da matéria seca (CDIAMS), da proteína bruta (CDIAPB), e do amido (CDIamido) de dietas iniciais farelada (F) e peletizadas/trituradas com crescentes temperaturas de condicionamento (T°C)

Tratamento	EMA (kcal/kg)	CMAMS (%)	CDIAMS (%)	CDIAPB (%)	CDIamido (%)
F (controle)	3764	75,85	69,84	76,30	93,2
T50	3592*	72,30*	68,90	72,35	91,8
T60	3770	76,59	72,31	78,25	93,3
T70	3879	77,77	71,61	77,39	92,1
T80	3897*	79,18*	73,62	79,14	93,7
T90	3933*	79,47*	76,62*	79,98	94,4

\*Diferem do controle (P<0,05) pelo teste de Dunnett

Tabela 7. Energia metabolizável aparente (EMA), coeficiente de metabolizabilidade aparente da matéria seca (CMAMS), coeficiente de digestibilidade ileal aparente da matéria seca (CDIAMS), da proteína bruta (CDIAPB) e do amido (CDIamido) de dietas iniciais peletizadas/trituradas com crescentes temperaturas de condicionamento (T°C)

Tratamento	<sup>1</sup> EMA (kcal/kg)	<sup>2</sup> CMAMS (%)	<sup>3</sup> CDIAMS (%)	<sup>4</sup> CDIAPB (%)	<sup>5</sup> CDIamido (%)
T50	3592 ± 219	72,30 ± 3,2	68,90 ± 3,5	72,35± 4,9	91,8 ± 2,9
T60	3770 ± 113	76,59 ± 2,0	72,31 ± 2,2	78,25± 2,3	93,3 ± 3,0
T70	3879 ± 63	77,77 ± 1,0	71,61 ± 2,3	77,39± 2,9	92,1 ± 1,9
T80	3897 ± 70	79,18 ± 1,5	73,62 ± 1,9	79,14± 2,4	93,7 ± 1,5
T90	3933 ± 93	79,47 ± 1,4	76,62 ± 2,1	79,98± 2,4	94,4 ± 1,1
CV (%)	5,06	4,60	4,79	5,25	2,22
P-linear	0,000	0,000	0,000	0,0003	0,012
P-quadrático	0,003	0,008	0,775	0,078	0,661
R <sup>2</sup>	0,49	0,58	0,47	0,32	0,15

CV(%) – Coeficiente de variação

<sup>1</sup>y = -0,2671x<sup>2</sup>+ 45,489x+1992,4; <sup>2</sup>y = -0,0055x<sup>2</sup>+0,9452x+39,158; <sup>3</sup>y = 0,1675x + 60,888;

<sup>4</sup>y = 0,1614x + 66,122; <sup>5</sup>y = 0,0585x + 88,923.

### 3.4 Discussão

A medida que aumentou-se a temperatura de condicionamento da peletização, os valores de Aa também aumentaram linearmente em função da maior quantidade de vapor no condicionador para que ocorresse aumento na temperatura de peletização. Skoch et al. (1981) afirmaram que a adição de umidade por meio do vapor melhora a qualidade da ração em função da diminuição da proporção de finos e aumento da durabilidade.

Isso também foi observado no presente trabalho, pois com o aumento na temperatura de condicionamento durante peletização observou-se aumento no PDI e dureza dos peletes. Esses resultados também foram comprovados por Greer e Fairchild (1999) que observaram que quando se variou a umidade na massa de ração farelada no misturador de 120 a 150 g/kg, houve correlação positiva entre esse teor de umidade da ração e o PDI. Abdollahi et al. (2011) também verificaram que dietas peletizadas termicamente possuem maior durabilidade do que as peletizadas a frio.

A melhora na qualidade do pelete em função do aumento de temperatura e vapor pode ser explicado por Froetschner (2006), considerando que a água adicionada sob a forma de vapor durante o condicionamento, possui capacidade aglutinante entre as partículas do pelete. Com os dados encontrados de qualidade de pelete sugere-se que o aumento na temperatura de condicionamento na peletização permite que ocorra maior injeção de umidade nas partículas, conferindo maior aderência entre os componentes dos peletes e portanto a melhora na qualidade do pelete.

Fahrenheit (2012) afirma que a medida de PDI é melhor para expressar qualidade física dos peletes em detrimento da dureza, pois se utiliza uma grande quantidade de amostra e representa melhor as práticas de manuseio reais. Além disso, na análise de dureza utiliza-se peletes individuais, o que demanda mais tempo. Thomas e Van der Poel (1996) avaliaram a dureza e durabilidade de dietas peletizadas e verificaram que os resultados de durabilidade foram mais consistentes para expressar qualidade física, pois apresentaram menor coeficiente de variação, assim como no presente trabalho.

Abdollahi et al., (2010) sugere que o efeito da temperatura de condicionamento, no desempenho de frangos de corte, é determinada através da sua influência sobre a disponibilidade de nutrientes e qualidade do pelete. O que está de acordo com o encontrado nesse estudo, pois com o aumento na temperatura de peletização, obsevou-se aumento linear na melhora da qualidade de peletes.

A temperatura de peletização de ração também pode influenciar o desempenho de frangos de corte. Nesse estudo, a temperatura mais alta testada no experimento (90°C) apresentou os piores resultados de desempenho. Segundo Creswell e Bedford (2006), temperaturas de peletização acima de 85°C devem ser evitadas, pois impedem desempenho adequado de frangos de corte. Segundo os autores, esse efeito pode ser devido à perda de alguns nutrientes termolábeis. De acordo com o mesmo autor, para maximizar o desempenho de frangos de corte deve-se utilizar temperatura de peletização em torno de 80°C.

Assim como foi observado nesse estudo, onde o GP e CA apresentaram efeito quadrático, Silversides e Bedford (1999) estudando diferentes temperaturas de condicionamento (70,75,80,85,90 e 95°C), com adição de enzima e encontraram o mesmo efeito. O que difere do encontrado por Abdollahi et al., (2010), que também observaram efeito quadrático para GP, porém com a curva inversa. Esses autores observaram que as temperaturas 60°C e 90°C apresentaram maiores valores de GP em frango de corte e 75°C menor valor.

As aves que receberam ração farelada consumiram menor quantidade de ração em relação as rações peletizadas/trituradas, isso pode ser em função do seu maior DGM, pois as aves têm preferência por partículas maiores (SCHIFFMAN, 1969; MORAN,1982). Estes resultados concordam com os obtidos por Abdollahi et al., (2011) e pelos de OLIVEIRA et al. (2011) que, avaliando a influência de dietas com diferentes formas físicas sobre o desempenho de frangos de corte na fase inicial, constataram que as aves alimentadas com dietas peletizadas apresentaram maior CR em relação as que receberam dietas fareladas. Quanto aos dados de CA, não houve diferença entre dietas peletizadas/trituradas e a dieta farelada, o que está de acordo com Pucci et al. (2010), que comparando diferentes formas físicas (farelada x peletizada/triturada) para frangos de corte de 8 a 21 dias, não observaram efeito da forma física sobre a CA. Em relação ao GP apenas os tratamentos T60 e T70

apresentaram maiores resultados quando comparado a ração farelada. Isso pode ter ocorrido, pois o T50 apenas passou pelo condicionador sem ter ocorrido a adição de vapor.

O CDIAMS e CDIAPB aumentaram com o aumento da temperatura, nesse trabalho. Da mesma forma, analisando a digestibilidade de aminoácidos com diferentes temperaturas de condicionamento (65, 80, 95°C), Liu et al. (2013) verificaram que, geralmente, aumentando a temperatura, aumenta-se a digestibilidade de aminoácidos. Isso porque, segundo os mesmos autores, ocorre desnaturação das proteínas, o que facilita a proteólise e também por inativar inibidores de protease. O aumento da digestibilidade da proteína pode estar associado ao rompimento das pontes dissulfeto da sua estrutura, resultando em desnaturação e permitindo que as proteases atuem mais facilmente (SCOTT et al., 1997; DOZIER, 2001). Porém, ao comparar o CDIAPB das rações peletizadas/trituradas com a ração farelada, não houve efeito, o mesmo aconteceu com ABDOLLAHI et al. (2013) que constataram que dietas a base de milho peletizadas proporcionaram maior coeficiente de digestibilidade da proteína quando comparadas a dietas fareladas para frangos de corte de 1 a 21 dias. Porém, quando compararam dietas peletizadas/trituradas às fareladas, não observaram diferença.

Comparando as rações peletizadas/trituradas com a ração farelada, quanto ao CMAMS e ao CDIAMS, observou-se que as temperaturas maiores apresentaram maior digestibilidade, assim como ZATARI e SELL (1990), que observaram aumento significativo da digestibilidade da MS nas dietas peletizadas em comparação às fareladas. Todavia, contrários aos resultados de LÓPEZ et al. (2007) que não observaram diferença no coeficiente de digestibilidade da MS entre dietas fareladas e peletizadas.

Com relação a EMA, as dietas T50, T80 e T90 diferiram da ração farelada, sendo que as rações T80 e T90 apresentam maior EMA do que a dieta farelada, esses resultados estão de acordo com as afirmações de Zalenka (2003), que um dos benefícios do uso de rações peletizadas para frangos de corte é o aumento no valor de energia metabolizável das rações em decorrência da maior digestibilidade das frações da dieta. Isso também foi observado nesse trabalho, com o aumento linear no CDIAMS, CDIAPB e CDIamido.

O aumento da temperatura, pelo aumento do vapor no condicionador pode ter solubilizado maiores quantidades de amido, aumentando o CDIamido. O tratamento térmico, pela umidade e temperatura, promove “inchamento” dos grânulos de amido e, após aquecimento contínuo, desintegram-se levando a solubilização das moléculas individuais de amido (SKOCH et al., 1981; VORAGEN et al., 1995). Porém, por consequência disso, pode aumentar a viscosidade da dieta e interferir no desempenho.

Os piores resultados para desempenho em frangos de corte devido a maior temperatura de condicionamento, tanto nos dados de regressão, quanto comparativos a ração farelada não estão bem esclarecidos, porém, uma possível justificativa seria o aumento na viscosidade da dieta no intestino. Silvesides e Bedford (1999) observaram um aumento na viscosidade intestinal quando a temperatura de condicionamento foi aumentada de 70 para 95°C. Isso ocorre pois o processamento térmico de dietas aumenta a solubilidade da fibra e a gelatinização do amido (GRACIA et al., 2003; SVIHUS, 2006), consequentemente aumenta a viscosidade da digesta. Segundo Engberg et al., (2004), quando ocorre aumento na viscosidade intestinal, ocorre também um aumento na atividade microbiana, e o crescimento microbiano excessivo pode prejudicar o ambiente do intestino e causar problemas intestinais, como por exemplo a enterite necrótica (CRESWELL E BEDFORD, 2006) que é conhecido por diminuir o desempenho de frangos de corte (LANHOUT et al., 1998).

### **3.5 Conclusão**

A temperatura de condicionamento (de 50°C a 90°C) aumenta linearmente a qualidade de pelete, sendo que o aumento na temperatura reduz a produção de finos pelo aumento do PDI e da dureza dos mesmos. Do ponto de vista do desempenho de frangos de corte criados até 21 dias de idade, a temperatura ideal de condicionamento, durante a peletização da ração, para ganho de peso foi 68,07°C e para conversão alimentar foi 66,93°C. O ganho de peso e a conversão alimentar são afetados de forma quadrática pela temperatura no condicionamento, porém, sem afetar o consumo de ração. O aumento na temperatura de condicionamento aumenta de forma linear o coeficiente de digestibilidade ileal aparente do amido, coeficiente de digestibilidade ileal aparente da matéria seca e o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta de dietas para frangos de corte.

### 3.6 Referências

ABDOLLAHI, M.R., RAVINDRAN, V., WESTER, T.J., RAVINDRAN, G., THOMAS, D.V. Influence of feed form and conditioning temperature on performance, apparent metabolisable energy and ileal digestibility of starch and nitrogen in broiler starters fed wheat-based diet. **Animal Feed Science and Technology**, v.168, p.88-99, 2011.

ABDOLLAHI, M.R., RAVINDRAN, V., SVIHUS, B. Influence of grain type and feed form on performance, apparent metabolisable energy and ileal digestibility of nitrogen, starch, fat, calcium and phosphorus in broiler starters. **Animal Feed Science and Technology**, v.186, p.193-203, 2013.

ABDOLLAHI, M. R. , RAVINDRAN, V. , WESTER, T. J. , RAVINDRAN, G. AND THOMAS, D. V. Influence of conditioning temperature on the performance, nutrient utilisation and digestive tract development of broilers fed on maize- and wheat-based diets', **British Poultry Science**, 51: 5, p. 648-657, 2010.

ASSOCIATION OF THE OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS – AOAC. **Official and tentative methods of analysis**, 16.ed. Arlington, Virginia: AOAC International, 1995.

CRESWELL, d. AND BEDFORD, M. High pelleting temperatures reduce broiler performance. **Aust. Poult. Sci. Symp.**, 2006.

DOZIER, W. A. Pelet de calidad para obtener carne de ave más económica. **Alim. Balanc. Anim.**, v.8, p.16-19, 2001.

ENGBERG, R.M., HEDEMANN, M.S., STEENFELDT, S., JENSEN, B.B. Influence of whole wheat and xylanase on broiler performance and microbial composition and activity in the digestive tract. **Poultry science** 83: 925:938, 2004.

ENSMINGER, M.E. Processing effects. In: **Feed Manufacturing Technology III**. AFIA. Cap. 66. p. 529-533, 1985.

FALK, D. Feed Manufacturing Technology III. Ed. R.R. McElhiney. **American Feed Industry Assn**. Arlington, VA. 1985.

FAHRENHOLZ, A.C. Evaluating factors affecting pellet durability and energy consumption in a pilot feed mill and comparing methods for evaluating pellet durability. 66p. **Dissertação de mestrado**. Kansas State University, Kansas, 2012.

FROETSCHNER, J. Conditioning controls pellet quality. **Feed Tech**, v. 10, n. 6, 2006.

GRACIA, M. I., LATORRE, M. A., GARCÍA, A. M., LÁZARO, R and MATEOS, G. G. Heat Processing of Barley and Enzyme Supplementation of Diets for Broilers. **Poultry Science** 82: p. 1281-1291, 2003.

GREENWOOD, C.T. Organization of starch granules. In: **The Carbohydrates, Chemistry and Technology** (Ed. PIGMAN, W.; HORTON, D.). 2. ed. Academic Press, London, UK, p.471, 1970.

GREER D., FAIRCHILD F. Cold Mash Moisture Control Boosts Pellet Quality. **Feed Management** 50(6):20. 1999.

LANGHOUT, D.J., The role of the intestinal flora as affected by non-starch polysaccharides in broiler chicks, 1998.

LIU, S.Y., SELLE, P.H., COWIESON, A.J., Influence of conditioning temperatures on amino acid digestibility coefficients at four small intestinal sites and their dynamics with starch and nitrogen digestion in sorghum-based broiler diets. **Animal Feed Science and Technology**, 2013.

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. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, p.1006-1013, 2007.

MORAN Jr, ET. Comparative nutrition of the fowl and swine. The gastrointestinal system. Guelph, Ontário, Canada: University of Guelph, 1982.

OLIVEIRA, A.A.; GOMES, AVC.; 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, p.2450-2455, 2011.

PEISKER, M. Feed processing — impacts on nutritive value and hygienic status in broiler feeds. **Proceedings of the Australian Poultry Science Symposium**, 18: 7–16, 2006.

PUCCI, L.E.A., RODRIGUES, P.B., BERTECHINI, A.G., NASCIMENTO, G.A.J. LIMA, R.R., SILVA, L.R. Forma física, suplementação enzimática e nível nutricional de rações para frangos de corte na fase inicial: desempenho e digestibilidade dos nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1272-1279, 2010.

SCHIFFMAN, H.R. Texture preference and acuity in the domestic chick. **Journal of Comparative and Physiological Psychology**, v.67, p.462-464, 1969.

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**, v.76, p.594-598, 1997.

SILVERSIDES, F. G. and BEDFORD M. R. Effect of pelleting temperature on the recovery and efficacy of a xylanase enzyme in wheat-based diets. **Poultry Science** 78: 1184-1190, 1999.

SKOCH, E.R.; BEHNKE, K.C.; DEYOE, C.W.; BINDER, S.F. The effect of steam-conditioning rate on the pelleting process. **Animal Feed Science and Technology**. v.6, p.83–90, 1981.

SVIHUS, B. The role of feed processing on gastrointestinal function and health in poultry, in: PERRY, G. C. (Ed.) Avian gut function in health and diseases, pp. 183-194 (CAB international, Wallingford, UK, pp. 183-194, 2006.

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

VORAGEN, A.G.J., GRUPPEN, H., MARSMANI, G.J.P., MUL, A.J. Effect of some manufacturing technologies on chemical, physical and nutritional properties of feed. In: **Recent Advances in Animal Nutrition**, 1995. Nottingham: University Press, 1995.

WALTER, M., SILVA, L.P., PERDOMO, D.M.X. Amido disponível e resistente em alimentos: adaptação do método da AOAC 996.11\*. *Alimentos e Nutrição*, v.16, p.39-43, 2005.

YEO, I. K., JOHNSON, R. A. A new family of power transformations to improve normality or symmetry. *Biometrika*, 87, 4, 954–959. 2000.

ZANOTTO, D.L.; BELLAVER, C. Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso de rações de suínos e aves. EMBRAPA-CNPSA, Concórdia, 5p., (EMBRAPA-CNPSA. **Comunicado técnico**, 215), 1996.

ZATARI, I.M.; SELL, J.L. Effects of pelleting diets containing sunflower meal on performance of broiler chickens. **Animal Feed Science Technology**, v.30, p.121-129, 1990.

ZALENKA, J. Effect of pelleting on digestibility and metabolizable energy of poultry diets. In: European symposium on poultry nutrition, Lillehammer. **Proceedings...** Lillehammer: World's Poultry Science Association, p.127-128, 2003.