



**FABIO TARAZONA CABALLERO**

**IMPACTO DO ÍNDICE DE DURABILIDADE DO PELETE E  
DA DUREZA DA RAÇÃO NO DESEMPENHO E OUTROS  
FATORES DOS FRANGOS DE CORTE**

**LAVRAS – MG**

**2021**

**FABIO TARAZONA CABALLERO**

**IMPACTO DO ÍNDICE DE DURABILIDADE DO PELETE E  
DA DUREZA DA RAÇÃO NO DESEMPENHO E OUTROS  
FATORES DOS FRANGOS DE CORTE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras – UFLA – como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Animais Não Ruminantes, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo (a) próprio (a) autor(a).**

Caballero, Fabio Tarazona.

Impacto do índice de durabilidade do pelete e da dureza da ração no desempenho e outros fatores dos frangos de corte / Fabio Tarazona Caballero. - 2020. 78 p.: il.

Orientador (a): Antônio Gilberto Bertechini

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2020.

Bibliografia.

1. Frangos de corte. 2. Peletização 3. Índice de durabilidade do pelete. I. Bertechini, Antônio Gilberto. II. Título.

O conteúdo desta obra é de responsabilidade do (a) autor (a) e de seu orientador (a).

**FABIO TARAZONA CABALLERO**

**IMPACTO DO ÍNDICE DE DURABILIDADE DO PELETE E DA DUREZA DA  
RAÇÃO NO DESEMPENHO E OUTROS FATORES DOS FRANGOS DE CORTE**

**IMPACT OF THE FEED PELLET DURABILITY INDEX AND FEED HARDNESS  
ON THE PERFORMANCE AND OTHER FACTORS OF BROILERS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras – UFLA – como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Animais Não Ruminantes, para obtenção do título de Mestre.

APROVADO em 17 de fevereiro de 2020.

Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini – UFLA/DZO

Prof. Dr. Édison José Fassani – UFLA/DZO

Prof. Dr. Renato Ribeiro De Lima – UFLA/DES

Profa. Dra. Michele De Oliveira Mendonça – Instituto Federal Sudeste De Minas

Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini

Orientador

**LAVRAS – MG**

**2021**

*Dedico esta dissertação aos meus pais, Ester Caballero e Pedro Tarazona (in memoriam) e à minha filha Gabriela Tarazona, pelo imenso amor, paciência e pelo grande apoio dedicado em todos os momentos de dificuldade, sendo pilares que sustentam esta conquista. À minha querida Família Tarazona Caballero e Família Fuentes Tarazona pelo apoio incondicional. Aos meus estimados colegas Edwin Cañas e Andressa Carla Carvalho, pelo apoio e à minha estimada companheira Monica Obregón Barrios, pelo apoio incondicional, pelo carinho e pela força. Ao meu querido Tio Álvaro Caballero Pabón (in memoriam) quem me ensinou o valor do estudo e foi meu exemplo na vida.*

**DEDICO.**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me guiar e iluminar durante todo o caminho.

À Universidade Federal de Lavras, onde vivi grandes momentos que me proporcionaram enriquecimento profissional e pessoal.

À Pró-reitora de Assuntos Estudantis e Comunitários, (PRAEC), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini por toda a dedicação e conhecimento que me foram proporcionados.

Ao Prof. Dr. Renato Ribeiro De Lima pela ajuda que me foi proporcionada para a realização deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora pela disponibilidade e contribuições para a melhoria deste trabalho.

Aos amigos do Núcleo de Estudos em Ciência e Tecnologia Avícola – NECTA – por todo o apoio e companheirismo.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Zootecnia da UFLA

A todos os amigos que se fizeram presente, durante esta caminhada e que contribuíram para a realização deste trabalho.

Em especial, àquela que sempre me apoiou incondicionalmente e que confiou em mim mais do que ninguém: Mónica Obregón Barrios.

Muito obrigado!

*“Inteligência é a capacidade de se adaptar à mudança ”. – **Stephen Hawking***

## RESUMO

A produção de ração na indústria avícola, em nível mundial, sempre enfrentou grandes desafios, motivando, assim, o desenvolvimento de pesquisas visando melhorar as características físicas e químicas do alimento fornecido às aves e, em consequência, seu desempenho. A fábrica de ração é considerada o fator mais importante dentro da cadeia avícola, pois 70% dos custos totais de produção são atribuídos ao alimento. Assim, é necessário desenvolver e instaurar técnicas de produção que garantam melhor disponibilidade e homogeneidade de nutrientes na ração, possibilitando a sua utilização eficiente por parte das aves. Objetivou-se avaliar o impacto do índice de durabilidade do pelete (PDI) e a dureza da ração, no desempenho zootécnico e outros fatores dos frangos de corte, por meio de uma revisão sistemática. Foram pesquisadas, em bases de dados, as publicações científicas do efeito do PDI e da dureza sobre o desempenho e outros fatores dos frangos de corte. O estudo foi feito, a partir de 30 artigos selecionados das bases de dados do portal de periódicos CAPES: Isi Web of Science, PubMed, Science Direct, Scielo e Scopus. O espaço de tempo analisado foi de 15 anos (2004 até 2019). Totalizou-se 16.446 frangos de corte com idades em dias de 1-21, 7-21, 22-42, 14-21, 1-42, e de 25-42. Os aspectos com mais representação foram os índices de desempenho zootécnico (consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) e energia metabolizável (EM) da dieta). Energia metabolizável (EM), energia metabolizável corrigida por nitrogênio (EMn), coeficiente de digestibilidade ileal de matéria seca (CDIMS), coeficiente de digestibilidade ileal aparente de matéria seca (CDIA), coeficiente de digestibilidade ileal de aminoácidos (CDIAA), rendimento de peito, peso do proventrículo, da moela e do pâncreas, pH do proventrículo e da moela, gelatinização do amido, microbiota cecal e produtividade da fábrica. Os dados foram ajustados ao modelo estatístico linear de Pearson ( $r$ ) ( $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$  e  $p < 0,001$ ), com a finalidade de medir o grau de correlação entre as variáveis. Para PDI de 14-21 dias e para o CR foi 0,75 ( $p < 0,05$ ), GP de 0,60 ( $p < 0,05$ ) e CA de 0,29 ( $p < 0,05$ ), considerada baixa embora significativa. Para CR de 22-42 foi de -0,67 ( $p < 0,05$ ) e para GP de 0,63 ( $p < 0,05$ ). Para EMn de 1-21 foi de -0,99 ( $p < 0,01$ ), e isso se deve a que, neste período o TGI apresenta muita imaturidade tendo um efeito altamente negativo. Para o CDIAA de 7-21 correlação foi de 0,90 ( $p < 0,01$ ). Nesta fase os frangos apresentam um maior aproveitamento dos nutrientes por efeito da cinética da digestão e de absorção dos nutrientes, fomentando a quebra dos aminoácidos. Para gelatinização de 21-42 foi 0,96 ( $p < 0,01$ ), sendo uma resposta positiva pois a temperatura de peletização é diretamente proporcional à qualidade do pelete, com aumento da temperatura pode se conseguir melhores respostas na gelatinização do amido. Para a dureza e CR de 14-21 e 22-42 foi de 0,62 ( $p < 0,05$ ) e 0,74 ( $p < 0,01$ ), embora de 7-21 a correlação foi negativa -0,66 ( $p < 0,01$ ). Para GP 14-21 e de 22 a 42 foi de 0,55 e 0,78 ( $p < 0,05$  e  $p < 0,01$ ). De 7-21 foi negativa significativa de -0,87 ( $p < 0,01$ ), sendo uma consequência do processo adaptativo lento do TGI. Para CA de 22-42 foi -0,86 ( $p < 0,001$ ). Para EM de 1-21 e 7-1 de 0,90 e 0,94 ( $p < 0,001$ ), respectivamente. CDIA e CDIAA de 1-2 foi de 0,68 ( $p < 0,01$ ), os frangos apresentaram uma diminuição na seletividade de ração levando a poupar mais energia durante essa fase de crescimento. Para gelatinização de 1-21 foi de 0,70 ( $p < 0,01$ ), sendo uma resposta positiva pois uma maior temperatura leva a um aumento na tensão superficial dos peletes aumentando a sua dureza. O PDI e a dureza da ração têm impacto positivo ou negativo no desempenho e em outros fatores fisiológicos dos frangos de corte, tendo em conta aspectos como os benefícios ao nível de TGI, e o desenvolvimento dos órgãos além de definir a produtividade da fábrica.

**Palavras-chave:** condicionamento da ração, desempenho de frangos de corte, forma física da ração, peletização.



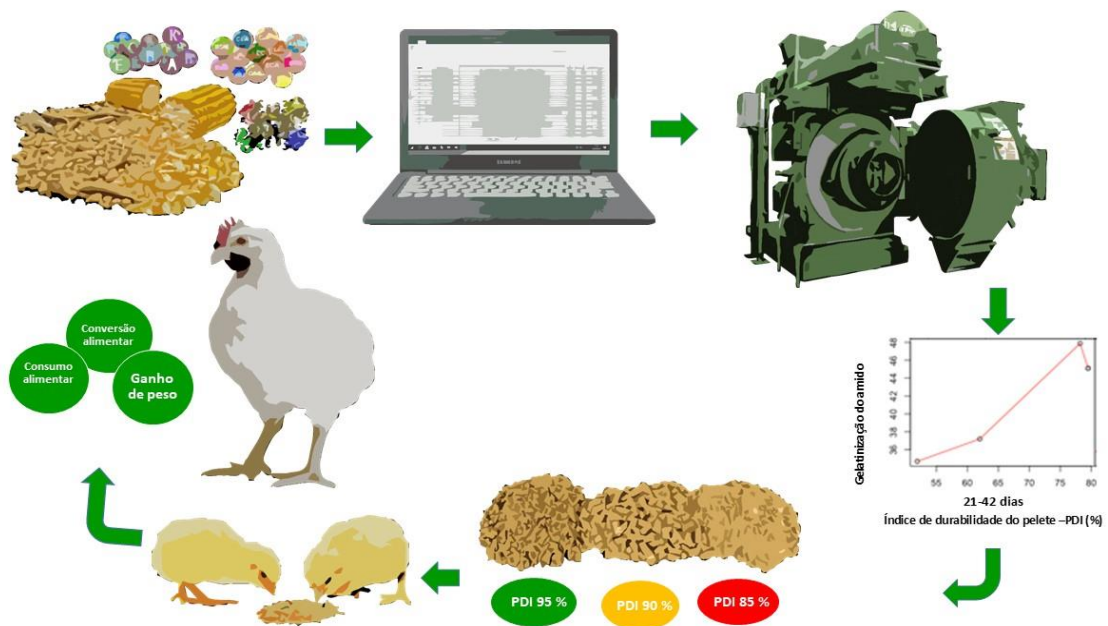
## ABSTRACT

Feed production in the poultry industry worldwide has always faced great challenges, thus motivating the research development aimed to improving the physical and chemical characteristics of the food supplied to broilers and their performance. The feed mill is the most important factor within the poultry production, as 70% of the total costs are attributed to the feed. Thus, it is necessary to develop production techniques that ensure better availability and homogeneity of nutrients in the feed, enabling its efficient utilization by broilers. This study aimed to evaluate the impact of the pellet durability index (PDI) and the feed hardness on the performance and other factors of broilers through a systematic review. Scientific publications on the effect of PDI and hardness on performance and other parameters of broilers were searched in databases. The study was carried out based on 30 articles selected from the databases of the CAPES journals portal: Isi Web of Science, PubMed, Science Direct, Scielo and Scopus. Articles published from 2004 to 2019 were selected (15 years). There were a total of 16,446 broilers aged 1-21, 7-21, 22-42, 14-21, 1-42, and 25-42 days. The most represented aspects were the performance parameters (feed intake (FI), weight gain (WG), feed conversion (FC) and metabolizable energy (ME) of the diet). Metabolizable energy (ME), nitrogen-corrected metabolizable energy (ME<sub>N</sub>), ileal digestibility coefficient of dry matter (IDCDM), apparent ileal digestibility coefficient of dry matter (AIDCDM), ileal amino acid digestibility coefficient (IDCAA), breast yield, proventricle, gizzard and pancreas weight, proventricular pH and gizzard, starch gelatinization, cecal microbiota and feed mill productivity. The data were adjusted to Pearson's linear statistical model ( $r$ ) ( $p < 0.05$ ;  $p < 0.01$  and  $p < 0.001$ ), in order to measure the correlation degree between the variables. For PDI of 14-21 days and for CR it was 0.75 ( $p < 0.05$ ), WG 0.60 ( $p < 0.05$ ) and FC 0.29 ( $p < 0.05$ ) which were considered low, although significant. For FI of 22-42 days the correlation was -0.67 ( $p < 0.05$ ) and for WG 0.63 ( $p < 0.05$ ). For ME<sub>N</sub> of 1-21, it was -0.99 ( $p < 0.01$ ), and this is due to the fact that, in this period, the GIT is immature which leads to a highly negative effect. For the IDCAA, from 7 to 21 days the correlation was 0.90 ( $p < 0.01$ ). In this phase, chickens have a greater nutrient utilization due to the digestion kinetics and nutrients absorption, promoting the breakdown of amino acids. For gelatinization of 21-42 days, it was 0.96 ( $p < 0.01$ ), a positive response where the pelletizing temperature is directly proportional to the pellet quality, besides favoring the breakdown of amino acids in the ileum. For the hardness and FI of 14-21 and 22-42 days the correlation coefficient was 0.62 ( $p < 0.05$ ) and 0.74 ( $p < 0.01$ ), although from 7-21 d the correlation was negative -0.66 ( $p < 0.01$ ). For WG 14-21 and from 22 to 42 d it was 0.55 and 0.78 ( $p < 0.05$  and  $p < 0.01$ ). From 7-21 d it was a significant negative of -0.87 ( $p < 0.01$ ), being a consequence of the slow adaptive process of the GIT. For CR 22-42 it was -0.86 ( $p < 0.001$ ). For DM from 1-21 and 7-1 from 0.90 and 0.94 ( $p < 0.001$ ), respectively. AIDCDM and IDCAA of 1-2 d was 0.68 ( $p < 0.01$ ), where chickens showed a decrease in feed selectivity leading to saving more energy during this growth phase. For gelatinization of 1-21d the correlation was 0.70 ( $p < 0.01$ ), a positive result where higher temperature leads to an increase in the surface pellets tension increasing their hardness. The PDI and the feed hardness have a positive or negative impact on the performance and other physiological factors of broilers, considering aspects such as the benefits at the GIT, and the and the organ development in addition to defining the feed mill productivity.

**Keywords:** feed conditioning, broiler performance, feed physical form, pelletizing.

Resumo Interpretativo e Resumo Gráfico Elaborado por Fabio Tarazona Caballero e orientado por Antônio Gilberto Bertechini

O desenvolvimento de novas tecnologias que visem aumentar os índices de desempenho zootécnico dos frangos de corte é um assunto de grande interesse para a indústria avícola, mesmo assim, estudos que verifiquem o impacto da qualidade e granulometria da ração na produtividade das aves estão sendo pouco realizados. A granulometria pode ser utilizada como um marcador da produtividade dos frangos bem como, da produtividade da fábrica de ração, devido 70% dos custos totais de produção são atribuídos ao alimento. Desta maneira, se torna de grande valia o estudo de novas técnicas de produção que garantam a qualidade da ração e que, também, possam melhorar os índices de produtividade da fábrica com o intuito de promover um aproveitamento eficiente dos nutrientes das dietas sem afetar o indicador de produtividade da fábrica. Os indicadores demonstram que um índice de durabilidade do pelete (PDI) alto poderá afetar positivamente os índices de desempenho zootécnicos dos frangos de corte. Entretanto, este PDI é diretamente proporcional à temperatura alta o que pode ocasionar problemas como a desnaturação de proteínas e enzimas, sendo importante que haja um balanço entre formulação, temperatura, qualidade da ração e produtividade da fábrica. Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo avaliar o impacto do PDI e a dureza da ração no desempenho zootécnico e outros fatores de frango de corte.



## **LISTA DE TABELAS**

### **PRIMEIRA PARTE**

Tabela 1 - Parâmetros dos diferentes processos de fabricação de ração .....	25
Tabela 2 - Adição de vapor no processo de peletização na produção de ração.....	26
Tabela 3 - Tipos de vapor para o acondicionamento no processo de peletização na fabrica ...	27

### **SEGUNDA PARTE**

Tabela 1 - Resultados preliminares da busca de artigos com os critérios selecionados.....	55
Tabela 2 - Variáveis analisadas e valores de correlação quanto ao PDI e dureza do pelete....	59

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Artigos de pesquisas de acordo com o ano de publicação .....	57
Figura 2 - Pesquisas desenvolvidas na área de nutrição de frangos de corte que têm relação com o PDI.....	57
Figura 3- Comportamento da correlação de consumo de ração e do índice de durabilidade do pelete - PDI (%) nos períodos de tempo avaliados.....	56
Figura 4- Comportamento da correlação de ganho de peso dos frangos de corte e do índice de durabilidade do pelete - PDI (%), segundo os períodos de tempo analisados.....	60
Figura 5- Comportamento da correlação conversão alimentar e do índice de durabilidade do pelete - PDI (%), segundo os períodos de tempo analisados.....	61
Figura 6- Comportamento da correlação de consumo de ração e dureza do pelete, nos períodos de tempo analisados onde a correlação foi significativa.....	62
Figura 7- Comportamento da correlação de ganho de peso e dureza do pelete, nos períodos de tempo analisados onde a correlação foi significativa.....	63
Figura 8- Comportamento da correlação de conversão alimentar e dureza do pelete, nos períodos de tempo analisados onde a correlação foi significativa.....	64
Figura 9 - Comportamento da correlação da EM das dietas e da dureza do pelete segundo os períodos de tempo analisados.....	65
Figura 10 - Comportamento da correlação da EMn e CDIAA dos frangos e do PDI % segundo os períodos de tempo analisados.....	67
Figura 11- Comportamento da correlação da CDIA e CDIAA dos frangos e da dureza do pelete segundo os períodos de tempo analisados.....	68
Figura 12 - Comportamento da correlação de gelatinização das dietas e do PDI % e a dureza do pelete segundo os períodos de tempo analisados.....	69

## LISTA DE SIGLAS

EM: Energia metabolizável

EMn: Energia metabolizável corrigida por nitrogênio

Ca: Cálcio

CA: Conversão alimentar

CAC: Conversão alimentar corrigida

CDIA: Coeficiente de digestibilidade ileal aparente

CDIAA: Coeficiente de digestibilidade ileal de aminoácidos

CDIN: Coeficiente de digestibilidade ileal de nitrogênio

CDIAPB: Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta

CLA: Ácido linoleico conjugado

CMAMS: Coeficiente metabolizável aparente da matéria seca

DGM: Diâmetro geométrico médio

GLM: Modelos Lineares Generalizados

HMTBA: Ácido 2-hidroxi-4-metiltiobutanóico

IEP: Índice de Eficiência Produtiva

kcal: kilocaloria

kg/d: quilograma/dia

kg: quilograma

l/d: Litros/dia

l/kg: Litros /quilogramas

MP: fitase microbiana

NPP: Fósforo inorgânico

PB: Proteína Bruta

PC: Peso corporal

PDI: Índice de durabilidade do pelete

PM: Peso médio

PP: Peso padrão

RPM: Rotações por minuto

TGI: trato gastrointestinal

## SUMÁRIO

### PRIMEIRA PARTE

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>17</b>
2.1 Peletização de ração .....	17
2.2 Efeitos da forma física da ração nos frangos de corte .....	18
2.3 Influência da temperatura de condicionamento na peletização .....	19
2.4 Efeito da temperatura no desempenho da fábrica .....	24
2.5 Parâmetros de qualidade da ração .....	27
<b>2.5.1 Umidade</b> .....	<b>27</b>
<b>2.5.2 Tamanho da partícula - Granulometria</b> .....	<b>28</b>
<b>2.5.3 Inclusão de gordura</b> .....	<b>31</b>
<b>2.5.4 Índice de durabilidade do pelete e dureza</b> .....	<b>32</b>
2.6 Parâmetros de desempenho zootécnico .....	34
<b>2.6.1 Desempenho zootécnico</b> .....	<b>34</b>
<b>2.6.2 Conversão alimentar</b> .....	<b>34</b>
<b>2.6.3 Ganho de peso diário</b> .....	<b>35</b>
<b>2.6.4 Viabilidade</b> .....	<b>35</b>
2.7 IMPORTÂNCIA DA REVISÃO SISTEMÁTICA RELACIONADAS COM PDI DUREZA E PARÂMETROS ZOOTÉCNICOS .....	¡Error! Marcador no definido.
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>39</b>

### SEGUNDA PARTE

#### ARTIGO

<b>RESUMO</b> .....	<b>50</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>52</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>53</b>
2.1 Análises estatísticas .....	58
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>58</b>
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>74</b>

## **PRIMEIRA PARTE**

### **1. INTRODUÇÃO**

O mercado avícola mundial teve um crescimento expressivo, nas últimas décadas e sua expansão está relacionada à demanda comercial e produtiva que se movimenta de forma dinâmica. Tem efeitos dimensionados, em grande escala e com exigências de padrão tecnológico, para essa atividade, caracterizando altos índices de desenvolvimento e produtividade.

A produção de carne de frango é de grande importância, visto que é consumida, mundialmente, em torno de 22%, seguida da carne bovina e suína, respectivamente (FAO, 2018). Em 2017, a produção brasileira de carne de frango foi de 13,5 milhões de toneladas, mantendo o país na posição de maior exportador mundial e de segundo maior produtor de carne de frango, atrás apenas dos Estados Unidos.

Do total de frangos produzidos no país, em 2019, 68% foram destinados ao consumo interno e 32%, para a exportação (ABPA, 2020). O Brasil é o maior exportador com 4.214.000 toneladas e de cada onze quilos de frango exportados no mundo, aproximadamente, quatro têm origem no Brasil. A cadeia produtiva do frango de corte é responsável pela manutenção de 3,5 milhões de empregos diretos e indiretos (GOMES, 2016).

De acordo com a dinâmica da produção de aves, a adaptabilidade do frango permitiu que ele crescesse sob uma variedade de condições de criação. Ou seja, a mesma linha genética pode ser encontrada, em uma variedade de ambientes, em que se observa alto desempenho zootécnico, resultado obtido, principalmente, por meio da seleção genética. O desempenho dos frangos de corte alcança pesos médios de 2,95 kg e conversão alimentar de 1,55 aos 42 dias de idade. Esses resultados dependem intrinsecamente, não apenas da genética, mas também de rações de alta qualidade nutricional, com ingredientes de alta digestibilidade que atendam às necessidades das aves, para alcançar o máximo potencial genético, resultando em maior lucratividade do sistema (SIEGEL, 2014).

A nutrição pode ser considerada o aspecto mais importante, na indústria avícola, sendo que o milho, como matéria-prima básica, contribui com, aproximadamente, 65% da energia metabolizável e 20% da proteína, em uma dieta inicial a frangos de corte, sendo o cereal mais utilizado nas dietas de aves intensivamente criadas (COWIESON et al., 2005a). A ração se constitui de 65% a 70% do custo total da produção de frangos de corte, e o processo da

peletização auxilia na melhoria da eficiência alimentar das aves, além de dar maior segurança microbiológica às dietas. A compreensão de como otimizar a qualidade dos peletes, por meio do processamento termomecânico de precisão, pode afetar o desempenho dos frangos de corte e a disponibilidade de nutrientes, sendo assim, o custo de produção.

O processo de peletização é a transformação da ração farelada em granulada, por meio de um processo físico-químico, que adiciona vapor à ração farelada e sua submissão à temperatura, umidade e pressão, durante determinado tempo (KLEIN, 2009). Esse processo permite que as aves possam ter melhor aproveitamento de todos os nutrientes, pois possibilita maior uniformidade às partículas e adensamento dos nutrientes e, além disso, a forma física permite menor seletividade das aves. De igual maneira, pode-se ressaltar a importância da qualidade física da ração, em especial, o índice de durabilidade do pelete, sendo essa característica associada à sua quantidade de pó e sua resistência à quebra dos peletes, considerando-se o manuseio da ração até os comedouros das granjas

Dessa maneira, é essencial que haja estudos relacionados aos efeitos da qualidade da ração, como PDI (*pellet index durability*) e dureza, no desenvolvimento dos índices zootécnicos e parâmetros fisiológicos dos frangos de corte e sua interação com o desempenho da fábrica de ração, destacando o impacto que tem com o relacionamento custo/benefício.

Segundo Thomas e Van der Poel (1996), durante a produção de ração peletizada, o maior desafio das fábricas é produzir peletes de boa qualidade. A eficácia desse processo é comprovada pela qualidade dos peletes, definida como a resistência à quebra, desde o momento, em que são produzidos na fábrica de ração até a sua distribuição, nos comedouros das granjas (CARDEAL et al., 2014; GHASEMI et al., 2018). Em geral, se aceita que a peletização de alimentos para animais melhora a economia da produção, beneficiando o crescimento e as respostas de eficiência em frangos de corte (BEHNKE e BEYER, 2002; ABDOLLAHI et al., 2013a; MASSUQUETTO et al., 2018; TEXEIRA-NETTO et al., 2019; ATTAR et al., 2019; ABADI et al., 2019). Melhorar a durabilidade do pelete na indústria é importante, a fim de aprimorar a qualidade física do pelete, o desempenho dos frangos e minimizar as perdas (ABDOLLAHI et al., 2011; ABDOLLAHI e RAVINDRAN, 2013; CARDEAL et al., 2014; NADERINEJAD et al., 2016; ALARCÓN et al., 2017; ATTAR et al., 2019). Com base nessas considerações, o presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar um impacto do índice de durabilidade do pelete da ração no desempenho zootécnico e outros fatores dos frangos de corte através de uma revisão sistemática.



## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Peletização de ração

O processo de peletização consiste em transformar materiais farelados, submetidos a tratamentos térmicos (temperatura e umidade) e à pressão, em peletes ou grânulos. Esse processo enriquece sensivelmente a qualidade nutricional, ao promover a desagregação da amilose e da amilopectina, proporcionando a gelatinização do amido do grão e também a qualidade microbiana desses alimentos, já que o aquecimento, durante a peletização, é capaz de reduzir a carga de microrganismos das rações (CARVALHO, 2018).

Segundo Klein (2009), a peletização visa aos seguintes objetivos básicos:

- Pré-cozinhar a ração, visando a atuar sobre as paredes celulares e, dessa forma, proporcionar a gelatinização parcial do amido, plastificar as partículas sólidas, em especial, as proteínas, amolecer as fibras e assim melhorar a digestibilidade e a qualidade dos peletes. Essa ação sobre as paredes celulares facilita também a ação dos agentes digestivos.
- Aumentar a palatabilidade da ração.
- Mudar a forma física (tamanho das partículas) que facilita e estimula a ingestão.
- Evitar ou reduzir a seleção dos ingredientes.
- Evitar ou reduzir os efeitos da falta de homogeneidade da mistura.
- Aumentar a densidade da ração reduzindo espaços de armazenamento e custos de transporte (válido apenas para alguns tipos de rações).
- Diminuir as perdas de ração tanto por geração de pó na armazenagem e no transporte quanto na cama aviária.
- Reduzir os microrganismos.
- Aumentar a durabilidade da ração (*shelf life*).
- Minimizar a energia de consumo por parte dos animais.

Os benefícios da peletização podem ser resumidos em maiores ganhos de peso, em função do maior consumo, reflexo de melhor palatabilidade e preferência das aves, facilidade de apreensão, que leva à menor movimentação e ao menor tempo gasto com alimentação, além de melhor digestibilidade dos nutrientes e, conseqüentemente, melhor aproveitamento da energia (LARA et al., 2008). Ao processo de peletização são atribuídos diversos benefícios, como maior digestibilidade de carboidratos e proteínas da dieta, menor gasto de energia de

manutenção, redução do desperdício e diminuição da contaminação microbiana na ração (GADZIRAYI et al., 2006).

A peletização é empregada como alternativa a ração farelada. Os principais benefícios do uso de rações peletizadas são: aumento do consumo de ração; melhora da palatabilidade e da metabolizabilidade dos nutrientes; melhor homogeneidade da dieta; facilidade de apreensão; menor segregação das partículas, durante o manuseio e transporte; menor tempo de consumo; menor desperdício e seleção de ingredientes (BEHNKE e BEYER, 2002; SOUZA et al., 2010;; GARCIA et al., 2018; MASSUQUETTO et al., 2018; TEXEIRA-NETTO et al., 2019; ATTAR et al., 2019; ABADI et al., 2019). No processo de peletização, vários fatores estão relacionados com a qualidade do pelete, como a formulação da dieta (40%); a moagem; tamanho das partículas (20%); o condicionamento (20%); especificações gerais do anel de prensa (15%), além dos processos de resfriamento e secagem (5%) (REIMER, 1992; THOMAS e VAN DER POEL, 1996; BRIGGS et al. 1999; CUTLIP et al 2008; ABDOLLAHI et al., 2012).

## **2.2 Efeitos da forma física da ração nos frangos de corte**

Melhor desempenho em frangos de corte alimentados com rações peletizadas, como aumento do ganho de peso e melhora na conversão alimentar foi encontrado por Meinerz et al. (2001), Hetland et al. (2002), López e Baião (2004), Skinner Noble et al. (2005), Zaefarian et al. (2015), Svihus (2014). Esses autores relacionaram o desempenho superior das aves com o menor tempo gasto na apreensão dos peletes da ração, aumentando, assim, o tempo de descanso, o que resulta em maior quantidade de energia disponível para o ganho de peso dos frangos. Além disso, Cutlip et al. (2008) demonstraram enfaticamente os benefícios alimentares de peletes para frangos de corte na fase de crescimento. Em média, os frangos de corte alimentados com dietas peletizadas aumentaram o peso corporal final em 433g e diminuiu a taxa de conversão alimentar em 10 pontos em comparação com frangos de corte alimentados com a mesma dieta farelada.

Em um estudo realizado, para avaliar o efeito da forma física da ração (farelada e peletizada) sobre o desempenho e o rendimento de cortes de frangos de corte de 1 a 45 dias de idade, Lara et al. (2008) encontraram que, em relação ao desempenho, o processo de peletização melhorou o ganho de peso das aves em comparação à ração farelada.

Ademais, Lara et al. (2008) avaliaram rendimentos de cortes dos frangos. Demonstraram que o rendimento de cortes, nas aves alimentadas com ração farelada e peletizada, respondeu de maneira semelhante, diferindo apenas quanto à percentagem de

moela, evidenciando, nesse caso, o efeito da forma física da ração, por menor velocidade de passagem da ração farelada comparada com a da ração peletizada. Em decorrência, esse fato provocaria maior estimulação mecânica do trato gastrointestinal e maior atividade dos músculos da moela, ou seja, a ração peletizada propiciaria um aumento da moela, por causa do estímulo mecânico, que ocorre antes de ir para o restante do trato gastrointestinal. Amerah et al. (2007) relataram melhora, no desempenho das aves, a qual foi obtida com dieta peletizada. Com esse estudo, demonstrou-se uma diminuição no comprimento relativo de todos os componentes do trato digestivo, logrando maior absorção de nutrientes.

Maiorka et al. (2005) verificaram que a peletização beneficiou o consumo de ração e a eficiência de retenção da energia metabolizável aparente, quando comparada a dietas fareladas, porém notaram que frangos de corte, consumindo rações peletizadas, apresentam maior quantidade de gordura abdominal e total na carcaça e vísceras. Segundo Mckinney e Teeter (2004), a peletização permite um aumento natural da energia líquida da dieta, pela gelatinização dos carboidratos, reduz o gasto energético na apreensão de alimentos e aumenta consideravelmente a digestibilidade do teor de proteína e, portanto, aminoácidos e outros nutrientes da ração.

É importante também estudar as características biomecânicas relacionadas ao comportamento alimentício de frangos, relacionando produção comercial de frangos de corte, considerando tamanho de partícula de ração, forma física e o impacto de alimentadores. Uma avaliação biomecânica pode sugerir uma nova maneira de processamento do alimento para atender ao comportamento natural de alimentação (NEVES et al., 2014). A peletização é um processo caro, mas geralmente é mais do que justificado pelo desempenho aprimorado do crescimento. No entanto essas dietas de granulação atenuam os efeitos negativos da alimentação de dietas volumosas, fibrosas e com menos nutrientes no desempenho de crescimento de frangos de corte, como no presente trabalho e, nos estudos mencionados acima, indicam que o granulado pode facilitar a incorporação de alimentos mais baratos e menos palatáveis em frangos de corte práticos (ABDOLLAHI et al., 2018).

### **2.3 Influência da temperatura de condicionamento na peletização**

Segundo Lara et al. (2008), o tratamento térmico sofrido, durante a peletização, reduz microrganismos; 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; além disso, melhora a digestibilidade, uma vez que há melhoria na utilização dos nutrientes e reduz o desperdício.

De acordo com Esminger (1985), a peletização 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. Voragen et al., (1995) reportam que, dependendo da intensidade do processo, a peletização pode promover alterações indesejáveis, na estrutura dos ingredientes utilizados, como formação de amido resistente. Por outro lado, Cowieson et al. (2005b) asseveraram que, em frangos de corte alimentados com dietas à base de milho, o aumento da temperatura de granulação de 70 °C para 85 °C resultou em maior ganho de peso.

Por outro lado, Creswell e Bedford (2006) estudaram a relação entre temperaturas de peletização e desempenho de frangos, incluíram dietas elaboradas, a partir do farelo trigo e milho, avaliaram temperaturas de peletização de 65°C a 105 °C. Inferiram que as temperaturas mais elevadas de peletização foram associadas com menor desempenho de frangos, em termos de ganho de peso e em mortalidade. Os pesquisadores reportam que as temperaturas de peletização acima de 85 °C devem ser evitadas, pelas perdas de alguns nutrientes lábeis ao calor, que podem incluir vitaminas e ligação de lisina e, talvez, formação de complexos indigestos de amido com proteína.

Abdollahi et al. (2010a) avaliaram o efeito da temperatura de condicionamento sobre qualidade dos peletes de dietas à base de milho e trigo, para frangos de corte até os 21 dias de idade, testando três temperaturas de condicionamento (60°C, 75°C e 90°C). Observaram que o aumento da temperatura de 75 para 90°C resultou em melhora no índice de durabilidade do pelete (PDI) tanto em dietas à base de milho quanto de trigo. O aumento da temperatura de condicionamento reduziu o ganho de peso corporal e o consumo de ração, nas dietas à base de trigo, mas as aves alimentadas com milho a 60°C e 90°C apresentaram maior ganho de peso e consumo de ração que as alimentadas com dieta condicionada a 75 °C.

Briggs et al. (1999) observaram que, ao aumentar o tempo permanência (5 para 15 segundos) no condicionador e ao alterar a altura da pá de mistura, resultou em um aumento médio de 4,5 pontos nos índices de durabilidade de pelete com dietas que utilizaram farelo de milho e farelo de soja.

A peletização da ração aumenta a digestibilidade dos nutrientes pela ação mecânica e pela temperatura do processo. No caso dos carboidratos, a digestibilidade aumenta, pois a

temperatura desagrega os grânulos de amilose e amilopectina, facilitando a ação enzimática. Os processos térmicos também promovem alterações das estruturas terciárias naturais das proteínas, facilitando sua digestão posterior (DOZIER, 2001). A adição da umidade, por meio de vapor, melhora a qualidade da ração, em decorrência da diminuição da proporção de finos e aumento da durabilidade (SKOCH et al., 1981).

A expansão da ração é um processamento térmico de alta temperatura por curto período de tempo, em que os parâmetros de processamento, tais como: umidade, temperatura, pressão e energia eletromecânica no expander influenciam as características físicas e o valor nutricional do alimento. A ração expandida peletizada em comparação com a peletização tradicional melhora a qualidade dos peletes, pelo maior grau de gelatinização do amido, aumenta de maneira significativa a digestibilidade da gordura e da fibra, aumenta também a energia metabolizável (EM) da ração e elimina bactérias patogênicas e fungos da ração (LUTCH, 2002).

O amido submetido a tratamentos térmicos sofre modificações na estrutura molecular pela desagregação dos grânulos de amilose e amilopectina, que facilita a ação enzimática, durante a digestão do alimento, aumentando o aproveitamento do amido de 60 até 90% nas aves. Em relação às proteínas, o processamento térmico causa alterações das suas estruturas terciárias naturais, facilitando sua digestão posterior (LÓPEZ et al., 2007).

A forma física da ração interfere de maneira positiva no desempenho e na digestibilidade de nutrientes em frangos de corte. No entanto é necessário que novas pesquisas sejam desenvolvidas, para a obtenção de resultados cada vez mais satisfatórios, sem prejudicar a viabilidade do lote (SOUZA et al., 2010)

A peletização proporciona um aumento do valor energético dos nutrientes, sendo uma alternativa viável para dietas de frangos de corte em termos de aumento da energia metabolizável da dieta. É importante avaliar o efeito de diferentes temperaturas de condicionamento sobre o coeficiente de metabolizabilidade aparente da matéria seca (CMAMS) e o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDIAPB) (TEXEIRA-NETTO et al., 2014).

A peletização é o processamento térmico mais utilizado na indústria avícola, pois favorece o aproveitamento dos ingredientes e modifica a forma física da dieta. A pressão, umidade e temperatura empregadas, por determinado tempo no processo, promovem alterações nas estruturas dos carboidratos, bem como das proteínas. Dietas peletizadas/trituradas proporcionaram melhores CDIAMS, propiciando aumento da digestibilidade da matéria seca nas dietas peletizadas em comparação às fareladas. Para os

resultados de CDIAPB, houve diferença para dietas peletizadas/trituradas com 80 e 120 segundos de condicionamento. (MASSUQUETTO et al., 2014).

Segundo Scott et al. (1997), 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. A peletização proporciona aumento da digestibilidade da matéria seca, da proteína e energia digestível ileal em frangos de corte de 1 a 25 dias de idade (MASSUQUETTO et al., 2014).

De acordo com Leite et al. (2008), ao avaliar o efeito da peletização e adição de enzimas e vitaminas sobre o desempenho e aproveitamento da energia e nutrientes, em frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, o ganho de peso, a conversão alimentar, a energia metabolizável aparente corrigida e o coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo apresentaram interação significativa, entre dieta e enzimas; a dieta peletizada com enzima e com adição de vitaminas e minerais, antes da peletização, apresentou melhor desempenho.

Numa pesquisa feita com temperaturas de 58°C a 62 °C, foi concluído que as dietas peletizadas com adição de vitaminas e minerais, antes do processo de peletização, promoveu efeito no desempenho das aves, refletindo positivamente no ganho de peso, na conversão alimentar e nos coeficientes de digestibilidade da proteína bruta, do extrato etéreo e da energia metabolizável aparente corrigida das aves (LEITE et al., 2008).

De acordo com Souza (2005), a estabilidade do complexo enzimático, em rações peletizadas, é influenciada pelo processo de peletização. A suplementação enzimática, em ração à base de milho e farelo de soja, melhora o desempenho dos frangos de corte e a energia metabolizável verdadeira das rações.

Então, o aumento das vilosidades e a diminuição da profundidade de cripta, no jejuno das aves, favoreceram a melhoria da digestibilidade dos nutrientes. As energias metabolizáveis do milho e do farelo de soja podem ser valoradas em 2% e 9%, respectivamente, e a digestibilidade de aminoácidos em 4%, sem afetar o desempenho. Neste trabalho assinalaram-se temperaturas médias (°C) de peletização, medidas na saída da peletizadora das rações experimentais utilizadas, nas fases de 1 a 21 dias de 44,4°C- 47,2°C e, em 22 a 42 dias de 40,8°C-41,2°C dos frangos de corte, sem afetar complexo enzimático (SOUZA, 2005).

Boemo et al. (2016) trabalharam com três tipos de processamentos, dietas fareladas, peletizada e expandida peletizada, todas isonutritivas. As rações foram peletizadas a uma temperatura de 85°C e expandidas em uma faixa de temperatura de 110°C a 115°C. O trabalho foi feito em pintos de corte machos da linhagem Cobb 500® de um dia de idade.

Verificou-se que os pintos de corte, alimentados com a inclusão de 20% farelo de arroz parboilizado (FAP) na dieta, apresentaram menor peso corporal, ganho de peso e consumo de dieta aos sete dias de idade. O processo de expansão associado à peletização promoveu melhora no peso aos sete dias de idade e no ganho de peso dos pintos até os sete dias de idade.

O processamento térmico de dietas tende a melhorar as características físicas do alimento bem como seu valor nutricional. O processo de peletização é utilizado na indústria avícola e seus benefícios são consolidados, principalmente, no seu acréscimo do valor nutricional pela possível melhora na digestibilidade de nutrientes (GADZIRAYI et al., 2006; FREITAS et al., 2008; ATTAR et al., 2018; TEXEIRA-NETTO et al., 2019; ATTAR et al., 2019).

Embora, Gadzirayi et al. (2006) tenham feito uma análise econômica comparativa de ração farelada e ração peletizada, em frangos de corte sob o Deep Sitter Housing System, o estudo descobriu que não houve diferença significativa, em termos de taxa de crescimento, durante os primeiros estágios de crescimento até 32 dias, para aves alimentadas com ração farelada e aquelas alimentadas com os peletes. No entanto foram observadas diferenças significativas na taxa de crescimento de 32 para 42 dias. Desta maneira, os pesquisadores recomendam que tanto a alimentação farelada quanto a peletizada podem ser usadas dependendo das preferências do agricultor.

Ao avaliar as formas físicas farelada, triturada e peletizada de uma ração pré-inicial comercial sobre o desempenho, a utilização dos nutrientes das rações e o desenvolvimento do trato digestório de pintos de corte machos Cobb, na primeira semana de vida, observou-se, com exceção da moela, que os órgãos do trato digestório e a estrutura morfométrica do intestino não foram influenciados pela forma física da ração (FREITAS et al., 2008).

Segundo Freitas et al. (2008), aves alimentadas com ração farelada tiveram menor consumo de ração e ganho de peso e pior conversão alimentar. Ingeriram ainda menos energia, apresentaram menores retenções de proteína, gordura e energia corporal e utilizaram maior proporção da energia ingerida para a produção de calor. As rações pré-iniciais, na forma peletizada ou triturada, possibilitaram maior aproveitamento dos nutrientes da ração pelos pintos e melhor desempenho.

López et al. (2007) compararam os efeitos da forma física da ração sobre a digestibilidade de nutrientes e o desempenho de frangos de corte da linhagem Ross-308 de 1 a 42 dias de idade, com três tratamentos (farelada, granulada e expandida-granulada). A proteína metabolizável foi maior na ração expandida granulada que a farelada. O processamento da ração melhorou a metabolizabilidade do extrato etéreo, correspondendo aos

valores de: 68,87%, 74,64% e 74,44%, para as rações farelada, peletizada e expandida granulada, respectivamente.

Além disso, o peso dos frangos aumentou com o incremento da intensidade do processamento, atingindo pesos de 2,597, 2,828 e 2,874kg, para as rações farelada, granulada e expandida granulada, respectivamente. O consumo foi maior, e a conversão alimentar foi melhor nas aves alimentadas com as rações processadas termicamente. Os tratamentos não afetaram a viabilidade das aves (LÓPEZ et al., 2007).

A expansão em comparação com o processo de peletização tem como objetivos aumentar a gelatinização do amido facilitando a digestibilidade; melhorar a durabilidade do pelete; destruir fatores antinutricionais; destruir agentes patogênicos e melhorar a incorporação de gordura adicionada (LÓPEZ et al., 2007).

Pode-se concluir, de modo geral, que a forma física e o tempo de condicionamento influenciam diretamente o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes, em frangos de corte e que tempos de condicionamento crescentes promovem melhor qualidade do pelete (CUTLIP et al., 2008; ABDOLLAHI et al., 2012; MASSUQUETTO et al., 2018; ATTAR et al., 2019; ABADI et al.; 2019; TEXEIRA-NETTO et al., 2019).

#### **2.4 Efeito da temperatura no desempenho da fábrica**

De acordo com a California Pelete Mill Co-CPM (2009), depois que os ingredientes são misturados e transferidos para o recipiente, a alimentação flui para um alimentador que move a alimentação na taxa desejada para a câmara de condicionamento. É nesse compartimento que o vapor e melaço são adicionados. O melaço é adicionado, de acordo com o nível especificado pela fórmula de alimentação. O condicionamento a vapor é o elemento mais importante para obter peletes de alta qualidade em taxas de produção a baixo custo. Razões para o condicionamento da mistura:

- Lubrificar para uma taxa de produção mais rápida
- Lubrificar para prolongar a vida útil da matriz
- Lubrificar para reduzir os custos de energia
- Gelatinizar o amido para valor nutricional

O uso de vapor pode aumentar a produção de uma peletizadora na maioria dos alimentos. Segundo o manual CPM (2009), trabalhando com uma peletizadora de 30 HP, sem vapor, observa-se um rendimento de 1200 lb/hora; abrindo a válvula de vapor, o rendimento aumenta para 5000 lb/ hora. Essas informações indicam que a injeção de vapor melhora o



desempenho da fábrica e a qualidade dos peletes, sendo que o operador deve desafiar a peletizadora, diariamente, para achar o melhor ponto de desempenho. Quando o vapor é adicionado, os materiais tornam-se mais maleáveis.

Segundo Klein (2009), existem basicamente quatro tipos de tratamento térmico sendo pesquisados e em uso na indústria de rações atualmente. São eles: a peletização, a expansão, a extrusão e o termo-condicionamento puro e simples. Na Tabela 1 podem-se verificar as principais diferenças existentes nos três primeiros sistemas e valores de várias fontes.

Tabela 1-Parâmetros dos diferentes processos de fabricação de ração

<b>Comparação de processos</b>	<b>Peletização</b>	<b>Expansão</b>	<b>Extrusão</b>
Tempo (segundos)	9-240	5-12	5-10
Temperatura (°C)	40-95	120-160	120-200
Pressão (Kgf/cm <sup>2</sup> )	2	15-35	30-37
Umidade condicionamento (%)	14-18	15-25	20-30

Fonte: California Pelete Mill Co-CPM (2009).

De modo geral, os valores sugeridos, para a variável tempo nos processos de expansão e extrusão, são bem mais parecidos que na peletização. Esse fato ocorre, porque nesses processos são usadas temperaturas e pressões muito altas e, por consequência, o tempo precisa ser muito reduzido, pois, caso contrário, teria um prejuízo enorme de um modo especial, sobre os ingredientes mais sensíveis à temperatura, como, por exemplo, as vitaminas, as enzimas e os aminoácidos (KLEIN, 2009).

De acordo com Klein (2009), a qualidade do vapor é fundamental para a obtenção de um pelete de boas características. O vapor ideal é o saturado, mas essa condição é encontrada numa faixa muito estreita, na temperatura próxima de 100°C. Para não se ter gotículas de água sendo arrastadas com o vapor, é recomendado trabalhar na condição levemente aquecida e ter um bom sistema de remoção e coleta de condensado ao longo da linha de vapor. Uma forma prática de avaliar o uso adequado do vapor é verificar: (1) se não se forma grúmulos na ração na saída do condicionador; (2) se não tem vapor não condensado saindo nas tampas da máquina; e (3) observar o comportamento da máquina pela curva da peletização. Um dos problemas comuns, nas fábricas de rações, é ter um sistema de geração e de distribuição de vapor incapaz de proporcionar um vapor de qualidade.

Segundo Klein (2009), para a melhor compreensão da importância do vapor, mostrada na Tabela 2, comparando o uso do vapor com água, formulam-se algumas perguntas, para a melhor entendimento do processo de condicionamento:

- Por que usar vapor no condicionamento da ração? Para aumentar a temperatura e a umidade da ração.
- Por que aumentar a temperatura? Por meio do pré-cozimento, favorecer as reações físico-químicas (gelatinizar amido, plastificar proteínas) e assim aumentar a digestibilidade da ração e destruir micro-organismos.
- Por que aumentar a umidade da ração? Porque facilita as reações físico-químicas e porque a umidade é um dos fatores determinantes que regulam e agem sobre a passagem da ração no furo da matriz.

Tabela 2- Adição de vapor no processo de peletização na produção de ração

<b>Fator de influência</b>	<b>Adição de água fria</b>	<b>Adição de água quente</b>	<b>Adição de vapor</b>
Produção	Aumenta 15-20%	Aumento 20-30%	Aumenta 50-100%
Consumo energia	Redução 5-10%	Redução 10-25%	Redução 30-100%
Finos	Não tem melhora	Leve melhora	Sensível melhora

Fonte: Klein (2009), adaptado de SFT Swiss Institute of Feed Technology (sd).

Klein (2009) afirma que a adição adequada de vapor é uma ótima forma de modificar as propriedades físico-químicas da ração e reduzir os micro-organismos. Essa modificação, junto com a umidade adicionada via vapor, tem um efeito lubrificador e aglutinante, o que aumenta a palatabilidade da ração, diminuindo a fricção e a força motriz necessária e melhora a qualidade dos peletes e a digestibilidade da ração, contribuindo, de um lado a eficiência nutricional e, de outro, reduzindo os custos de processamento.

Numa fábrica de ração destinada a frangos de corte, os processos que têm maior consumo de energia são a peletização com 60%, moagem com 16% e transporte 14%, contribuindo aos maiores custos de energia (ALP, 2016), e a máquina peletizadora é a que mais aporta nos custos de produção, desta maneira, devem-se procurar alternativas para aumentar o rendimento com boa relação custo-benefício.

Segundo Heimann (1999), o custo total, para a condição de grãos com maleabilidade, pode ser determinado pela adição de vários passos em conjunto, assumindo 14% a 18% de umidade de grãos, antes da câmara de vapor, em seguida, condicionados a 212°F, na câmara de vapor com alta qualidade, de vapor de alta pressão; a umidade final será um mínimo de 22,3%. Os custos por tonelada para condicionamento são menores, os quais excluem a adição de água

ou qualquer manutenção ou taxas de serviço, para o sistema de adição de umidade. Esse processo pode determinar-se, fazendo a observação dos três tipos de vapor na Tabela 3:

Tabela 3 - Tipos de vapor para o acondicionamento no processo de peletização na fábrica

<b>Parâmetro</b>	<b>Molhado</b>	<b>Saturado</b>	<b>Superaquecido</b>
Temperatura	Saturação 212°F	Saturação 212°F	> Saturação > 212°F
Conteúdo energético	978 BTU. 212°F. Qualidade 85%	1150 BTU. 212°F. Qualidade 100%	1384 BTU 700°F
Estagio	Apenas líquidos e vapor	Vapor	Superaquecido Apenas vapor
Condensação	Imediata	Imediata	Deve arrefecer primeiro
Aumento de temperatura por % de umidade adicionada	24°F	28°F	34°F

Fonte: Heimann (1999).

## 2.5 Parâmetros de qualidade da ração

### 2.5.1 Umidade

Segundo Froetschner (2007), tanto a água adicionada no misturador, como 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. A adição de umidade, por meio de vapor, melhora a qualidade da ração, resultante da diminuição da proporção de finos e aumento da durabilidade (SKOCH et al.,1981). A adição de 5% de água no misturador, antes do processo de condicionamento-peletização, proporcionou melhor qualidade dos peletes apresentando o PDI de 87,29% contra 70,10% das dietas sem adição de água (MORITZ et al., 2002). Segundo Plattner, (2002), maior tempo de retenção no condicionador de vapor pode permitir que a umidade e o calor penetrem mais suave e profundamente nos ingredientes da ração.

A adição de umidade foi avaliada por testes de desempenho de frangos de corte. No entanto ração misturada em altas proporções com a água demonstrou melhorar significativamente o ganho de peso e eficiência alimentar dos frangos de corte de 25 a 40 dias de idade (YALDA e FORBES, 1996)

Moritz et al. (2003), avaliando três níveis de adição de água (0; 2,5 e 5 %) no misturador, seguidos de condicionamento por 10 segundos a 82,2°C e posterior peletização observaram que o PDI aumentou progressivamente de 67,42 para 69,59 e 71,75% com os

níveis crescentes de adição de umidade. Além disso, Buchanan (2008) também observou efeitos positivos da adição de 2 e 4 % de água no misturador sobre a qualidade dos peletes. A adição de 24 g/kg de umidade em ração à base de trigo submetida, na sequência, à peletização a 60°C melhorou o PDI das rações de 67 para 73% (ABDOLLAHI et al., 2012). Conforme Fahrenholz (2012), a água pode agir como lubrificante e reduzir o atrito entre a ração e a parede dos furos da matriz da prensa, o que pode impactar negativamente na durabilidade do pelete. Dependendo da fonte de amido e do teor de umidade, os grânulos de amido começarão gelear em faixas de temperatura de 45 a 90°C (ELIASSON e GUDMUNDSSON, 1996). Buchanan e Moritz (2009) asseveram que o aumento da umidade pode interagir com outros componentes da ração, auxiliando reações termomecânicas nos peletes. Ou seja, à medida que a temperatura aumenta, as moléculas de água atingem um estado energético mais alto, contribuindo para desestabilizar as proteínas e melhorar sua digestibilidade. A dieta formulada com água e emulsificante reduziu significativamente o consumo total de eletricidade na moagem de ração. Essa descoberta pode ser pelo efeito de lubrificação (RYU e WALKER, 1994). Foi relatado que a formação da estrutura amorfa ou cristalina, no complexo amilose-lipídio no processo de gelatinização, depende das interações entre a temperatura de aquecimento, o teor de água na estrutura do amido-lipídio e a extensão da amilose liberada do grânulo de amido (LE BAIL et al., 1999). Froetschner (2007) avaliou que o uso de água e emulsificante exógeno resultou em melhor efeito de goma de amido, que funciona como um adesivo na ligação de grânulos, auxiliando assim na formação durável de grânulos e permitindo criar grânulos mais intactos e pequenas / mínimas finas. A presença de água é um pré-requisito para iniciar a gelatinização do amido. Se apenas em torno de 3% de água, na forma de vapor, forem adicionados à alimentação, durante o processo de condicionamento, a água é considerada um fator limitante para gelatinizar completamente o amido (THOMAS et al., 1998). Moritz et al. (2001) relataram um aumento notável na gelatinização do amido em uma dieta farelada de milho e soja com aumento da adição de umidade.

### **2.5.2 Tamanho da partícula - Granulometria**

Segundo Fahrenholz (2012), o tamanho de partícula é um dos parâmetros menos relacionados à qualidade dos peletes, porém acredita-se que a redução no tamanho das partículas resulta em aumento da área superficial em relação ao volume da partícula, o que leva ao 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 (CPM, 2009; MASSUQUETTO, 2014). De acordo com os resultados de Nir et al. (1994), a inclusão de grandes partículas de cereais, nas dietas de pintinhos, o mais cedo possível, resulta em aumento do tamanho da moela e do nível de atividade, melhorando a digestibilidade dos nutrientes e inativando potenciais patógenos microbianos. Partículas maiores são mais adequadas, para o sistema digestivo de aves, porque estimulam o tamanho da moela, a qual é o principal regulador da motilidade intestinal e secreção enzimática (NIR et al., 1995; AMERAH et al., 2008; ABADI et al., 2019).

Em dietas para frangos de corte à base de milho e farelo de soja, o diâmetro geométrico médio (DGM) ideal, para a durabilidade de peletes, deve ficar ao redor de 650-700  $\mu\text{m}$  (DOZIER, 2001). Além disso, devem-se evitar partículas maiores que 1000 a 1500 $\mu\text{m}$  que podem servir de pontos de rupturas do pelete (MENDEZ et al., 1998; FRANKE e REY, 2006; MASSUQUETTO, 2014). Reece et al. (1986) relataram que tanto o milho fino (679 $\mu\text{m}$ ) quanto o grosso (1289 $\mu\text{m}$ ) melhoraram o ganho de peso e a eficiência alimentar, em comparação com o milho moído médio (987 $\mu\text{m}$ ). Eles descobriram que frangos de corte alimentados com dieta granulada, contendo uma combinação de 50% de milho grosseiro e 50% de milho fino, tiveram um desempenho melhor que frangos de corte alimentados com milho moído médio (987 $\mu\text{m}$ ), confirmando que a distribuição do tamanho de partícula é importante. 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). Entretanto, ainda, há controvérsia sobre o benefício da intensa redução do tamanho de partícula dos ingredientes na qualidade dos peletes. STEVENS (1987) não encontrou diferença no PDI de dietas peletizadas, quando o tamanho de partícula do milho e de trigo foi reduzido de 1023 para 551 $\mu\text{m}$  e 802 para 365 $\mu\text{m}$ , respectivamente. De forma semelhante, Fahrenholz (2012) avaliou rações formuladas com milho moído, em duas granulometrias (298 e 462 $\mu\text{m}$ ), submetidas ao condicionamento (65 e 85°C) com subsequente peletização e não observaram diferenças no PDI. Possivelmente a ausência de efeito da granulometria, na qualidade de peletes, observada por esse autor, reside no fato de que o intervalo de DGM avaliado (moagem fina) não foi suficiente para influenciar a qualidade dos peletes. Embora os pesquisadores afirmem que o PDI pode aumentar de 78,8 para 86,4% com a redução do tamanho de partícula de 1000 $\mu\text{m}$  para 400 $\mu\text{m}$  (WONDRA et al., 1995), Sing e Ravindran (2014) avaliaram o peso relativo do conteúdo de moela e indicaram que, quando as aves são alimentadas com dietas com partículas de alimentação mais grossas, acima de 1 mm (33% e acima), a moela retém e mói ativamente a ração, em vez de simplesmente agir como

um órgão de trânsito passivo, resultando em aumento do tamanho da moela. Segundo Yasar (2003), aves alimentadas com uma dieta à base de trigo contendo partículas finas resultaram em digesta mais viscosa que em aves alimentadas com uma dieta com partículas mais grossas. Verifica-se que a digesta viscosa diminui a taxa de passagem da ração e reduz a absorção de nutrientes (BEDFORD e SCHULZE 1998), o que pode levar ao desenvolvimento de tratos digestivos relativamente mais longos e mais pesados, como um mecanismo adaptativo, para aumentar o tempo que a ração está em contato com o absorvente. A ação de moagem da moela ativa a liberação de colecistoquinina (LI e OWYANG, 1993; SVIHUS et al., 2004a), que, por sua vez, estimula a secreção de enzimas pancreáticas e o refluxo gastro-duodenal (DUKE, 1992). O aumento da motilidade intestinal serve para reexpor a digesta à pepsina, melhorando a mistura da digesta com enzimas pancreáticas e melhorando a digestão de nutrientes (HETLAND et al., 2002). Além disso, Singh et al. (2014) relatam que os dados de pH da moela indicam que a secreção de ácido clorídrico gástrico e, portanto, a função gástrica, foram estimuladas pela inclusão de milho integral. Reduções no pH da moela foram relatadas em frangos de corte alimentados com grãos grosseiros em comparação com milho moído (NIR et al., 1994) e naqueles alimentados com dietas de trigo integral versus trigo moído (GABRIEL et al., 2003). Partículas grossas podem retardar a taxa de passagem da digesta por meio da moela (NIR et al., 1994), aumentando o tempo de exposição dos nutrientes às enzimas digestivas, o que, por sua vez, pode melhorar a utilização de energia e a digestibilidade dos nutrientes (CARRE, 2000). Além disso, foi relatado que um pH mais baixo do conteúdo de moela pode aumentar a atividade da pepsina (GABRIEL et al., 2003) e melhorar a digestão de proteínas. A moela é eficiente na moagem de partículas grandes (AMERAH et al., 2007). Além disso, Amerah et al. (2007) relatam a melhoria da eficiência alimentar, em aves alimentadas com dietas com partículas grossas, uma proporção maior de material particulado grosso resultou em um tempo de permanência mais longo na moela, levando a uma digestão aprimorada e, assim, à melhor eficiência alimentar.

Clark e Behnke (2004) determinaram que a adição de 30% do milho em pó (como milho laminado grosso) pós-pelete resultou em menor custo de fabricação e aumento na produção de peletes. A taxa de produção de granulados aumentou em 20%, quando 30% do milho formulado foram adicionados após o granulado. Segundo Clarck et al. (2009) e Dozier et al. (2009), a adição de 20 a 35% do milho pós-pelete formulado, durante os períodos de crescimento e finalização, não limitou o crescimento de frangos ou o rendimento de carne. Lott et al. (1992) observaram melhor desempenho de frangos de corte, quando o tamanho das partículas de milho diminuiu de 1173 para 710 $\mu$ m, mas Nir et al. (1994) relataram melhor

desempenho de frangos de corte quando o tamanho das partículas de milho aumentou de 525 para 897 $\mu$ m.

### **2.5.3 Inclusão de gordura**

Whitehead e Shupe (1980) relataram que o maior consumo de energia, para a elaboração de ração para frango de corte, é o processo de peletização, pois representa 40% da energia consumida na fábrica de ração. McKinney e Teeter (2004) estabeleceram os benefícios dos peletes, para melhorar o desempenho dos frangos de corte e foi necessário determinar como a qualidade dos peletes tem impacto na qualidade física da ração. Segundo Gehring et al. (2011), de todos os fatores que afetam a qualidade da ração, a composição dos ingredientes da dieta foi estabelecida como a mais influente, mas como a gordura é um ingrediente essencial, que fornece energia aos frangos de corte, é muito importante conhecer o balanço entre energia da dieta e qualidade da ração. Pope et al. (2018) avaliaram a geração de finos, ao longo do processo de fabricação de ração e estabeleceram que a gordura pode revestir preferencialmente os finos, levando a um desequilíbrio da densidade de energia afetando o desempenho dos frangos de corte.

Conjuntamente ao aumento do preço dos ingredientes e do custo de energia, a formulação dos alimentos teve um impacto forte e redução da margem de lucro. A introdução da fonte de energia mais barata, a partir de óleos e gorduras de alta densidade, converte-se uma prática comum por muitos nutricionistas (BUCHANAN et al., 2010). Ainda assim, a inclusão de mais de três por cento do óleo pode ter um impacto negativo na fabricação de alimentos para animais (ATTAWONG et al., 2014). Segundo 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. Igualmente, 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, reduzindo a gelatinização do amido e as forças capilares de adesão (LOWE, 2005; FAHRENHOLZ, 2012). Portanto a forma na qual está gordura é agregada na mistura é muito importante. Se a gordura estiver contida nas células da planta é melhor para a qualidade de pelete que misturas que possuem a gordura na superfície.

O processo de peletização de ração para frangos de corte requer a inclusão de vapor no processo de condicionamento (CPM, 2009). Moritz et al. (2002) encontraram que a qualidade do pelete não exhibe nenhum efeito melhorado na dieta da formulação que contém grande quantidade de gordura. Os valores máximos de inclusão de gordura na ração, visando à boa qualidade física dos peletes, divergem na literatura (MASSUQUETTO, 2014). Segundo

Leaver (2008), a adição de gordura deve ser limitada, ao máximo, 1% na ração a ser peletizada, se o objetivo for alto percentual de peletes íntegros. Moritz et al. (2002) avaliaram dois níveis de adição de óleo (3 e 6,5%), em rações para frangos de corte e observaram que o PDI reduziu de 81,6 para 62,1% com o aumento da gordura adicionada. Ao dosar mais de 2% de gordura, no misturador, previamente a peletização, reduz-se o PDI em dietas de milho e farelo de soja (FAIRFIELD, 2003), embora o alto teor de gordura na ração possa resultar na produção de peletes frágeis (BRIGGS et al., 1999; MORITZ et al., 2003; FAHRENHOLZ, 2012; MASSUQUETTO, 2014).

#### **2.5.4 Índice de durabilidade do pelete e dureza**

Segundo Thomas e Van der Poel (1996), durante a produção de ração peletizada, o maior desafio das fábricas é produzir peletes de boa qualidade. A eficácia desse processo é comprovada pela qualidade dos peletes, que é definida como a resistência à quebra, desde o momento em que são produzidos na fábrica de ração até a sua distribuição nos comedouros das granjas. De acordo com Sheideler (1995), o percentual de finos, durante o transporte, pode aumentar de 33% para 59%. Esse valor pode chegar até 72% no comedouro dos frangos. A omissão da qualidade da alimentação, em termos de dureza do pelete, torna-se um fenômeno comum, na maioria das regiões do país, comprometendo a eficiência da fábrica de ração e a margem de custo na formulação de alimentos (REIMER, 1992; THOMAS e VAN DER POEL, 1996; BRIGGS et al. 1999; BUCHANAN et al., 2010; ABDOLLAHI e RAVINDRAN, 2013; CARDEAL et al., 2014; ALARCÓN et al., 2017).

Segundo Asae (1997), a qualidade do pelete, geralmente, é baseada em seu indicador de durabilidade (PDI) e dureza. O PDI é um teste simples, no qual o alimento peletizado é tombado, em uma caixa com barreiras metálicas, por um período de tempo e rotações definidos, que estimulam alguma possível agressão que o pelete sofreria da fábrica até a chegada nos comedouros dos animais. Adapa et al. (2013) observaram que a durabilidade dos peletes é a força para impactar e suportar cisalhamento aplicado, durante o manuseio e transporte, enquanto uma alta densidade do pelete representa maior energia por unidade de volume de material, um armazenamento mais econômico e uma alta capacidade de transporte de pelete. Para Temmerman et al. (2006), a fratura de pelete, durante o manuseio, transporte e armazenamento, é uma grande preocupação para os consumidores. Uma baixa durabilidade do pelete causa problemas, como uma interrupção no mecanismo de alimentação, emissão de poeira e aumento do risco de incêndio durante manuseio e armazenamento. Portanto melhorar a durabilidade do pelete, na indústria avícola, é importante, para melhorar sua qualidade e



minimizar as perdas (ABDOLLAHI et al., 2011; ABDOLLAHI e RAVINDRAN, 2013; CARDEAL et al., 2014; NADERINEJAD et al., 2016; ALARCÓN et al., 2017; ABADI et al., 2019; ATTAR et al., 2019).

Já a dureza é mensurada pela força (kgf) necessária para destruir o pelete lateralmente (FAIRFIELD, 1994). Fahrenholz (2012) afirma que a medida de PDI é melhor, para expressar a 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, utilizam-se peletes individuais, o que demanda mais tempo. Ao avaliar a dureza e durabilidade de dietas peletizadas, autores verificaram que os resultados de durabilidade foram mais consistentes, para expressar qualidade física, pois apresentaram menor coeficiente de variação (THOMAS e VAN DER POEL, 1996).

Ao observar o condicionamento até a saída dos peletes na matriz, a participação do condicionador aumenta para 85%, sendo esse o ponto de maior impacto na qualidade do pelete relacionado com a parte mecânica do processo (DOS SANTOS, 2016). O PDI aumenta com o aumento da temperatura de condicionamento, e uma dieta expandida resulta em um PDI maior e, no PDI modificado, em comparação com uma dieta de peletes de baixa temperatura (BRIGGS et al., 1999; LUNDBLAD et al., 2011).

Buchanan e Moritz (2009) relataram que a melhoria do PDI, quando 5% de proteína de soja isolada ou celulose forem adicionadas ao milho-soja, como a dieta de frangos de corte, provavelmente seja por causa de a capacidade de absorção de umidade da celulose. Abdollahi et al. (2010b) encontraram menor PDI e dureza, para dietas à base de sorgo, em comparação com as dietas à base de milho.

Cutlip et al. (2008) avaliaram os efeitos do PDI sobre a conversão alimentar de frangos de corte. Verificaram que os aumentos de quatro pontos percentuais no PDI refletem em uma melhoria de 0,02 pontos na conversão alimentar de frangos de corte. Abdollahi e Ravindran (2013) relataram que a alimentação de matrizes de frango com peletes mais longos e com maior dureza resultou em maior proventrículo que peletes mais curtos. Neste estudo, o efeito da dureza do grânulo no tamanho do órgão tendia a estar presente para o peso relativo da moela.

Abdollahi et al. (2011) avaliaram que é possível que peletes mais duros sejam retidos por mais tempo na moela e forneçam melhor mistura de digesta com enzimas endógenas e melhora a utilização de nutrientes. Parsons et al. (2006) demonstraram que a oferta de peletes duro dos frangos melhorou a retenção de N e lisina em comparação aos frangos alimentados com peletes macios.

Cutlip et al. (2008) examinaram o desempenho de frangos de corte alimentados com dietas diferentes da qualidade do pelete. Aquelas alimentadas com dietas com um índice de durabilidade de peletes melhor modificado (PDI: 90 vs. 80%) apresentaram menor conversão alimentar acumulada (1,99 vs. 2,16) e maiores rendimentos de carne de peito (21,32 vs. 20,23%). Frangos alimentados com peletes duros (1,856 g/cm<sup>2</sup> de força de quebra de peletes) tiveram melhor retenção de nutrientes, EMAn e desempenho subsequente em comparação com frangos alimentados com peletes macios (1,662 g/cm<sup>2</sup> de força de pelete).

## **2.6 Parâmetros de desempenho zootécnico**

### **2.6.1 Desempenho zootécnico**

De acordo com a guia de manejo de frangos de corte, Cobb 500® (2018), o desempenho dos frangos de corte muda, substancialmente de país para país, com objetivos que têm combinação do desempenho alcançado no campo e os trabalhos práticos adquiridos em nível mundial. Conseguir índices de desempenho ótimos, visando a baixos custos, demanda uma boa estratégia de combinações nutricionais. O desempenho também é definido como uma função linear do consumo do nutriente até atingir o platô (LARBIER e LECLERCQ, 1992)

O desempenho zootécnico é o principal indicador a ser utilizado, quando o objetivo é mensurar o desempenho zootécnico de um lote de frangos de corte. O Índice de Eficiência Produtiva (IEP), também chamado de Fator de Produção ou Índice de Produtividade Europeu, mede a eficiência produtiva atingida durante a criação de um lote de aves. Os parâmetros que o compõem são: ganho de peso diário (kg), viabilidade (%) e conversão alimentar (CÁSSIO, 2019). O cálculo é feito com a seguinte fórmula:

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

### **2.6.2 Conversão alimentar**

De acordo com Mendes e Patrício (2004) e Cássio (2019), a conversão alimentar é o parâmetro zootécnico de maior influência sobre o IEP, até mesmo por se tratar da medida de eficiência mais importante, na avicultura moderna, em que o frango é um transformador de grãos (sobretudo milho e soja) em carne. Esse parâmetro sofre grande influência do ambiente de criação.

É o produto da divisão do consumo de ração pelo peso total do lote na retirada das aves. A ração consumida pelas aves que morrem é contabilizada, sendo assim, quanto maior a mortalidade, pior a conversão alimentar.

Como diferentes lotes podem apresentar diferentes pesos médios (PM), quando da retirada das aves e, como o peso das aves influencia a conversão alimentar, o ideal é utilizar a conversão alimentar corrigida (CAc) para um determinado peso padrão (PP). No caso, o peso-padrão é determinado pela empresa.

A conversão alimentar corrigida é obtida pelo seguinte cálculo:

$$CAc = \frac{A - (PM - PP)}{3,8}$$

O número 3,8 é uma constante, pois lotes mistos apresentam uma variação de 2,6 pontos na conversão, para cada 100g de ganho de peso, ou seja, um ponto para cada 38 gramas. Porém cada empresa deve ter a sua própria constante.

### 2.6.3 Ganho de peso diário

Nada mais é do que o produto da divisão do peso médio do lote pela sua idade, em dias. Assim como a conversão alimentar, é grandemente influenciado pela idade dos animais, já que o ganho de peso não é linear (CÁSSIO, 2019).

### 2.6.4 Viabilidade

É a diferença entre as aves alojadas e as retiradas para o abate, em percentagem. Entre as aves não abatidas é importante fazer distinção entre as refugadas e as mortas. Aceita-se como normal uma mortalidade de até 0,8% na primeira semana e 0,5% por semana deste ponto em diante (MENDES e PATRÍCIO, 2004).

É geralmente aceito que a peletização de alimentos para animais melhora a economia da produção, além de melhorar as respostas de crescimento e a eficiência em frangos de corte (BEHNKE e BEYER, 2002). Como o custo da alimentação é uma parte considerável da produção de carne, mesmo pequenas melhorias na eficiência da alimentação podem aumentar os retornos econômicos, não há concordância, no entanto, com relação aos fatores que contribuem para as melhorias observadas. Embora ocorram alterações químicas e físicas, durante a peletização, parecem ser os principais responsáveis (SAUNDERS, 1975). Melhorias na qualidade dos peletes são obtidas com a aplicação de condicionamentos mais elevados, as temperaturas são suficientes para superar os efeitos negativos das altas temperaturas de condicionamento, e o desempenho das aves será amplamente restaurado pelo fato de que a

melhoria da energia produtiva alcançada com a alimentação de peletes de alta qualidade pode compensar a disponibilidade reduzida de nutrientes (MORITZ et al., 2001; 2003).

Meinerz et al. (2001) e López e Baião (2004) encontraram melhor desempenho, em frangos de corte alimentados com rações peletizadas, como aumento do ganho de peso e melhora na conversão alimentar. SkinnerNoble et al. (2005) relacionaram o desempenho superior das aves com o menor tempo gasto na apreensão dos peletes da ração, melhorando, assim, o tempo de descanso, o que resultou em maior quantidade de energia disponível para o ganho de peso dos frangos. Além disso, Mckinney e Teeter (2004) avaliaram a utilização de rações com percentual de peletes íntegros; acima de 40% possibilita maior ganho de peso e melhor conversão alimentar, podendo haver encolhimento dos benefícios da peletização, quando as aves são alimentadas com peletes de má qualidade. Kim et al. (2018) observaram que frangos alimentados com peletes duros (1.856 g de força de quebra de peletes) tiveram melhor retenção de nutrientes, EMAn e desempenho subsequente em comparação com frangos alimentados com peletes macios (1.662 g de força de pelete). Zatari et al. (1990) mostraram que peletes de qualidade inferior, simulados por uma proporção de 25:75 peletes finos, diminuíram as melhorias de desempenho previstas associadas à peletização. Segundo Massuquetto et al. (2018), as dietas com ração peletizada resultaram em frangos de corte com maior consumo de ração e ganho de peso, além de maior digestibilidade ileal de matéria seca, proteína bruta e energia em comparação com aqueles alimentados com a dieta farelada.

Segundo Garcia et al. (2018), a magnitude do ganho de peso corporal e as respostas de consumo alimentar de frangos de corte alimentados com peletes constituem um equilíbrio entre o efeito negativo do condicionamento a temperaturas mais altas na disponibilidade de nutrientes e o efeito positivo na qualidade do pelete. Abdollahi et al. (2013) encontraram melhorias significativas, no PDI e dureza do pelete, então, pode-se supor que peletes mais duros e duráveis tendem a permanecer mais tempo no trato digestivo e proporcionem melhor chance de substratos para misturarem com enzimas digestivas.

Moran (1989) afirma que a adição de aglutinante à dieta condicionada a 90 °C pode criar peletes de alta qualidade para compensar os valores mais baixos de Em das dietas condicionadas a 90 °C. Foi sugerido que os peletes de alta qualidade reduzem a energia gasta para a ingestão, criando o potencial de reduzir as necessidades energéticas da dieta. Cutlip et al. (2008) assinalam que melhorias na qualidade do pelete (ou seja, uma melhoria de quatro pontos percentuais, no índice de durabilidade do pelete) podem beneficiar o desempenho dos frangos, resultando em diminuição pontual na taxa de conversão alimentar e manutenção ganho de peso semelhante. Meinerz et al. (2001) e López e Baião (2004) encontraram melhor

desempenho em frangos de corte, alimentados com rações peletizadas, como aumento do ganho de peso e melhora na conversão alimentar. SkinnerNoble et al. (2005) relacionaram o desempenho superior das aves com o menor tempo gasto na apreensão dos peletes da ração, aumentando, assim, o tempo de descanso, o que resulta em maior quantidade de energia disponível para o ganho de peso dos frangos.

De acordo com Mckinney e Teeter (2004), a utilização de rações com texturas de peletes acima de 40% possibilita maior ganho de peso e melhor conversão alimentar, levando a ter diminuição, assim, as aves são alimentadas com peletes de má qualidade. Abdollahi et al. (2011) avaliaram que peletes mais duros sejam retidos por mais tempo na moela e forneçam melhor mistura de digesta com enzimas endógenas e podem melhorar a utilização de nutrientes. Além disso Parsons et al. (2006) demonstraram que o oferecimento de peletes duros melhorou a retenção de N e lisina em comparação aos frangos alimentados com peletes macios. Eles apresentaram um aumento significativo na EMn em comparação com peletes macios. As características da carcaça não foram afetadas pela textura do pelete.

Dozier et al. (2010) avaliaram que a alimentação de frangos de corte com textura farelada moída, por meio de moinho de rolos, afetou negativamente a ingestão de ração, o ganho de peso corporal, o peso da carcaça e o peso total de carne do peito, quando comparado aos frangos de corte alimentados com peletes de alta qualidade. Abdollahi et al. (2010a) demonstraram que os efeitos positivos da qualidade dos peletes no desempenho podem ser considerados, a partir de dois pontos de vista, especificamente, durabilidade e dureza do pelete. Peletes mais duráveis podem melhorar o desempenho, aumentando os nutrientes e diminuindo o nível de finos e desperdício de alimentos e, ainda mais importante, reduzindo a energia gasta na ingestão e encaminhado para energia produtiva (REDDY et al., 1962; JENSEN, 2000;). A relação positiva entre desempenho de crescimento e dieta processada é bem reconhecida em frangos de corte (ABDOLLAHI et al., 2013b). Jimenez-Moreno et al. (2016) encontraram que os peletes melhoraram o desempenho de crescimento de frangos de corte com um aumento no consumo de ração em comparação com frangos de corte alimentados com dieta farelada. Parsons et al. (2006) avaliaram que frangos alimentados com peletes duros apresentaram ganho de peso vivo, significativamente maiores, que aqueles alimentados com peletes moles. Além disso, reportaram que benefícios de desempenho dos peletes duros, em comparação com os peletes moles, podem ser derivados de mecanismos semelhantes aos observados com o aumento do tamanho das partículas de milho das dietas fareladas.

## **2.7 Importância da revisão sistemática relacionadas com PDI dureza e parâmetros zootécnicos**

Essa revisão sistemática é elaborada com o fim de analisar um parâmetro de qualidade física da ração com o desempenho dos frangos de corte, ao considerar que a elaboração de ração, na indústria avícola, em nível mundial, sempre tem enfrentado grandes desafios, motivando assim o desenvolvimento de pesquisas visando melhorar as características físicas e químicas do alimento fornecido às aves e, conseqüentemente, seu desempenho. As fábricas de ração são consideradas um fator muito importante dentro da cadeia avícola, pois 70% dos custos totais de produção são atribuídos ao alimento. Assim, torna-se necessária a presença de profissionais capazes de desenvolver e instaurar técnicas de produção que garantam melhor disponibilidade e homogeneidade de nutrientes na ração, possibilitando sua utilização eficiente pelas aves. Destaca-se a importância do processo de peletização e a influência da temperatura de condicionamento, sendo um processo termomecânico de gelatinização dos amidos de uma formulação de ingredientes para que as aves possam ter melhor aproveitamento de todos os nutrientes recomendados. Desta maneira, as pesquisas relacionadas com os efeitos da peletização, na digestibilidade dos nutrientes, em frangos de corte, podem indicar a melhor temperatura de peletização e a melhor qualidade física da ração, visando a melhores condições, para o aproveitamento dos nutrientes das dietas que podem refletir no desempenho das aves no ciclo de crescimento e desenvolvimento até a produção. Com tudo isto, ainda não há muitas pesquisas, relacionando o efeito que têm na qualidade física na ração, especificamente, o efeito que pode ter o PDI e a dureza do pelete. Sendo assim, um parâmetro de muita importância, no desenvolvimento dos frangos de corte é a necessidade de sintetizar mais informações a respeito. Todas as pesquisas feitas têm pouco relacionamento com este importante fator que, além de economizar ração, pode oferecer melhor desempenho da fábrica, como, por exemplo, poupança de energia, horas/home, horas/máquina, ou seja, uma produção de baixo custo oferecendo um produto de boa qualidade, diminuindo as perdas.

Portanto este trabalho pode ajudar a encontrar respostas ou ideias que permitam focalizar o verdadeiro impacto, ou melhor, o impacto positivo que tem a qualidade física da ração, especificamente o PDI e a dureza, no desempenho dos frangos de corte.

## REFERÊNCIAS

ABADI, M.H.M.G.; MORAVEJ, H.; SHIVADAD, M.; TORSHIZI, M.; KIM, W.K. Effects of feed form and particle size, and pellet binder on performance, digestive tract parameters, intestinal morphology, and cecal microflora populations in broilers. **Poultry Science**, v. 98, n. 3, p.1432–1440, 2019.

ABDOLLAHI, M.R.; ZAEFARIANA, F.; RAVINDRAN, V.; SELLEB, P.H. The interactive influence of dietary nutrient density and feed form on the performance of broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 239, n. 3, p. 33-43, 2018.

ABDOLLAHI, M.R.; RAVINDRAN, V. Influence of pellet length on pellet quality and performance of broiler starters. **Journal of Applied Poultry Research**, v.22, p. 528–534, 2013.

ABDOLLAHI M.R.; RAVINDRAN V.; WESTER T.J.; RAVINDRAN G.; THOMAS. D.V. Influence of pellet diameter and length on the quality of pellets and performance, nutrient utilization and digestive tract development of broilers fed on wheat-based diets. **British Poultry Science**, v. 54, n. 3, p. 337- 345, 2013a.

ABDOLLAHI, M. R.; RAVINDRAN, V.; SVIHUS, B. Pelleting of broiler diets: An overview with emphasis on pellet quality and nutritional value. **Animal Feed Science and Technology**, v. 179, n. 1-3, p. 1–23, 2013b.

ABDOLLAHI, M.R., RAVINDRAN, V., WESTER, T.J., RAVINDRAN, G., THOMAS, D.V. Effect of improved pellet quality from the addition of a pellet binder and/or moisture to a wheat-based diet conditioned at two different temperatures on performance, apparent metabolisable energy and ileal digestibility of starch and nitrogen in broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.175, n. 3-4, p.150-157, 2012.

ABDOLLAHI, M.R.; RAVINDRAN, V.; WESTER, T.; 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, n. 1, p. 88– 99, 2011.

ABDOLLAHI, M. R.; RAVINDRAN, V.; WESTER, T. J.; RAVINDRAN, G.; THOMAS. D. V. Influence of conditioning temperature on the performance, nutrient utilization and digestive tract development of broilers fed on maize- and wheat-based diets. **British Poultry Science**, v. 51, n. 5, p. 648–657, 2010a.

ABDOLLAHI, M.; RAVINDRAN, V.; WESTER, T.; RAVINDRAN, G.; THOMAS, D. Influence of conditioning temperature on performance, apparent metabolisable energy, ileal digestibility of starch and nitrogen and the quality of pellets, in broiler starters fed maize-and sorghum-based diets. **Anim. Animal Feed Science and Technology**, v. 162, n. 3, p. 106–115, 2010b.

ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório anual 2019. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/storage/files/relatorio-anual-2018.pdf>>. Acesso em: 10 janeiro. 2020.

ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório anual 2019. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/storage/files/relatorio-anual-2018.pdf>>. Acesso em: 10 Jan. 2020

ADAPA, P.K.; TABIL, L.G.; SCHOENAU, G.J. Factors affecting the quality of biomass pellet for biofuel and energy analysis of pelleting process. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 6, n. 2, p. 1–12, 2013.

ALARCON, M.; SANTOS, C.; CEVALLOS, M.; EYZAGUIRRE, R.; PONCE, S. Study of the mechanical and energetic properties of pellets produce from agricultural biomass of quinoa, beans, oat, cattail and wheat. **Waste Biomass Valoriz.**, v. 8, n. 8, p.2881–2888, 2017.

ATTAR, A.; KERMANSHAHI, H. GOLIAN, A. Effects of conditioning time and sodium bentonite on pellet quality, growth performance, intestinal morphology and nutrients retention in finisher broiler. **British Poultry Science**, v. 59, n. 2, p. 190-197, 2018.

ATTAR, A.; KERMANSHAHI, H.; GOLIAN, A.; ABASSI POUR, A.; DANESHMAND, A. Conditioning time and sodium bentonite affect pellet quality, growth performance, nutrient retention and intestinal morphology of growing broiler chicken. **British Poultry Science**, v. 60, n. 6, p. 777-783, 2019.

ALP, E. Resource efficient feed production – impact of new technology on sustainable production processes. In XXVII Fefac congress 21-22 april. Antalya – TR. 2016.

AMERAH, A.M.; RAVINDRAN, V.; LENTLE, R.G.; THOMAS, D.G. Influence of feed particle size and feed form on the performance, energy utilization, digestive tract development, and digesta parameters of broiler starters. **Poultry Science**, v. 86, n. 12, p. 2615–2623, 2007.

AMERAH, A. M.; RAVINDRAN, V.; LENTLE, R. G; THOMAS, D. G. Influence of Feed Particle Size on the Performance, Energy Utilization, Digestive Tract Development, and Digesta Parameters of Broiler Starters Fed Wheat- and Corn-Based Diets. **Poultry Science**, v. 87, n. 11, p. 2320–2328, 2008.

ASAE- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL Engineers-ASAE. ASAE S269.4, Cubes, pellets and crumbles: Definitions and methods for determining density, durability and moisture. Standards. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI. 1997.

ATTAWONG, S.; FAHRENHOLZ, A.C.; BRAKE J. The effect of dietary corn particle size and post-pellet liquid fat application on broiler live performance. **Poultry Science**, v. 93, n. 1, p. 26, 2014.

BEDFORD, M.R.; SCHULZE, H. Exogenous enzymes for pigs and poultry. **Nutrition Research Reviews**, v. 11, n. 91, p.114, 1998.

BEHNKE, K.C.; BEYER, R.S. Effect of feed processing on broiler performance. In: VIII. International Seminar on Poultry Production and Pathology, Santiago, Chile. 2002.



BOEMO, L.S.; DA ROSA, D.P.; ROSA, A.P.; ORSO, C.; SCHER, A.; GEHRKE, S.B.; SILVA, A.E.; MARIANI, A.B. Processos térmicos em dietas para frangos de corte na fase pré-inicial. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.17, n. 2, p.195-201, 2016.

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, n. 10, p. 1464–1471, 1999.

BROILER MANGEMENT GUIDE. Cobb®. 2018. Disponível em <https://cobbstorage.blob.core.windows.net/guides/5fc96620-0aba-11e9-9c88-c51e407c53ab>. Acesso em: 02 jan. 2020

BUCHANAN, N.P.; LILLY, K.G.S.; GEHRING, C.K.; MORITZ, J. S. The effects of altering diet formulation and manufacturing technique on pellet quality. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 19, n. 2, p.112-120, 2010.

BUCHANAN, N.P.; MORITZ, J. S. Main effects and interactions of varying formulation protein, fiber, and moisture on feed manufacture and pellet quality. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 18, n. 2, p. 274-83, 2009.

BUCHANAN, N.P. Diet Formulation and Manufacturing Technique Interactions Affect Pellet Quality and Broiler Growth. Tese de doutorado. 2008. West Virginia University, Morgantown, USA.

CÁSSIO, W.A. Arvore do conhecimento do frango de corte. Agência de Emprapa de informação tecnológica- Ageitec. Embrapa. 2019. Disponível em [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/frango\\_de\\_corte/arvore/CONT000gkr3tep702wx5ok0wj9yquhfcpg9w.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/frango_de_corte/arvore/CONT000gkr3tep702wx5ok0wj9yquhfcpg9w.html). Acesso em: 15 jan. 2020.

CARDEAL, P.C.; ROCHA, J.S.R.; FERREIRA, H.C.; SANTOS, C.H.; POMPEU, M.A.; CUNHA, C.E.; BAIÃO, N.C.; LARA, L.J.C. Efeito do transporte de peletes sobre sua qualidade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 5, p.1618-1622, 2014.

CARRE, B. Effets de la taille des particules alimentaires sur les processus digestifs chez les oiseaux d'élevage. **INRA Productions Animales**, v. 13, n.2, p. 131–136, 2000.

CARVALHO, P. Pontos críticos no processo de peletização de rações. PRODAP. 2018. Disponível em <http://www.prodap.com.br/pt/blog/peletizacao-de-racoes/>. Acesso em: 12 dez. 2019.

CHEFTEL, J. C. Nutritional effects of extrusion-cooking. **Food Chemistry**, v. 20, n. 4, p. 263-283, 1986.

CLARK, P.M.; BEHNKE, K.C. Effects of pelleting protein concentrate pellets on feed mill throughput and electrical efficiency. **Poultry Science**, v. 83, Suppl. 1, p. 170, 2004

CLARK, P.M.; BEHNKE, K.C.; FAHRENHOLZ, A.C. Effects of feeding cracked corn and concentrate protein pellets on broiler growth performance. **Journal of Applied Poultry Research**, v.18, n. 2, p. 259–268, 2009.

COWIESON, A.J.; HRUBY, M.; FAURSCHOU ISAKSEN, M. The effect of conditioning temperature and exogenous xylanase addition on the viscosity of wheat-based diets and the performance of broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 46, n. 6, p.717-724, 2005a.

COWIESON, A.J.; HRUBY, M.; YAGHOB FAR, A. The effect of xylanase, amylase and protease on the performance of broiler chickens fed on a maize/soy-based diet pelleted at two temperatures. **British Poultry Science**, (Abstr.), v. 1, n.1, p. 30–31, 2005b.

CPM. California Pellet Mill. The pelleting process. Crawfordsville: The Pelleting Process. California. CPM. 33p. 2009. Disponível em: <<http://www.prweb.com/prfiles/2012/01/09/9090113/Animal%20Feed%20Pelleting.PDF>>. Acesso em: 16 de dez. 2019.

CRESWELL, D.; BEDFORD, M. High pelleting temperatures reduce broiler performance. Editors: Scott, T.A. Book chapter; Conference paper: Proceedings of the 18th Australian Poultry Science Symposium, Sydney, New South Wales, Australia, 20-22 February. pp.1-6 ref.8. 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. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 17, n. 2, p. 249–261, 2008.

DOS SANTOS, F.O. Influência dos parâmetros de condicionamento na qualidade física das rações e desempenho de frangos de corte. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2016, 56p. (Dissertação de Mestrado).

DOZIER, W.A. Pellet de calidad para obtener carne de ave más económica. **Alimentación Balance Animal**, v. 8, n. 1, p. 16-19, 2001.

DOZIER, W. A.; BEHNKE, K.; TWINING, P.; BRANTON, S.L. Effects of the addition of roller mill ground corn to pelleted feed during a fifty-six-day production period on growth performance and processing yields of broiler chickens. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 18, p. 310–317, 2009.

DUKE, G.E. Recent studies on regulation of gastric motility in turkeys. **Poultry Science**, v. 71, p.1–8, 1992.

ELIASSON, A.C.; GUDMUNDSSON, M. Starch: physicochemical and functional aspects. In: Eliasson, A.C. (Ed.), Carbohydrates in Food. Marcel Dekker, Inc., New York, USA, pp. 431–503. 1996.

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. (Dissertação de mestrado). 66p. Kansas State University, Kansas, 2012.

FAIRFIELD, D. Pelleting cost center. In: *Feed Manufacturing Technology IV*, R. McElhiney, ed. pp 121-122. 1994.

FAIRFIELD, D.A. Pelleting for Profit - Feed and Feeding Digest. National Grain and Feed Association Part 1. v. 54, 2003.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Animal production and health. Agriculture and consumer protection department. 2018. 2p. Disponível em [http://www.fao.org/ag/againfo/themes/en/meat/backgr\\_sources.html](http://www.fao.org/ag/againfo/themes/en/meat/backgr_sources.html). Acesso em 24 de set. 2019.

FELLOWS, P.J. Extrusão. In: *Tecnologia do Processamento de Alimentos. Princípios e Prática*, 2a Edição. Porto Alegre, Artmed Editora, S.A., p. 305-319. 2006.

FRANKE, M.; REY, A. Improving pellet quality and efficiency. **Feed Technology**, v. 10, n. 3, p. 5-12, 2006.

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

FROETSCHNER, J. R. Micro-ingredient application and equipment: Issues and advances. **Animal Feed Manufacturers' Association**, v.16, n.2, p. 12-19, 2007.

GABRIEL, I.; MALLET, S.; LECONTE, M. Differences in the digestive tract characteristics of broiler chickens fed on complete pelleted diet or on whole wheat added to pelleted protein concentrate. **British Poultry Science**, v. 44, n. 2, p. 283–290, 2003.

GADZIRAYI, C. T.; MUTANDWA, E.; CHIHIYA, J.; MLAMBO, R. A. Comparative economic analysis of mash and pelleted feed in broiler production under deep litter housing System. **International Journal of Poultry Science**, v. 5, n. 7, p. 629- 631, 2006.

GARCIA, P., OLIVEIRA, L.M.S.; OLIVEIRA, N.R.; JÚNIOR, F.A.M.; SILVA, M.R.S.; CORDEIRO, D.A.; MINAFRA, C.; DOS SANTOS, R.F. Effects of processing, particle size and moisturizing of sorghum-based feeds on pellet quality and broiler production. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 31, n. 1, p. 98-105, 2018.

GHASEMI, A.; CHAYJAN, R.A.; NAJAFABADI, H. J. Optimization of granular waste production based on mechanical properties. **Waste Management**, v.75, p. 82–93, 2018.

GEHRING, C. K.; LILLY, G. S.; SHIRES, L. K.; BEAMAN, K. R.; LOOP, S. A.; MORITZ, J.S. Increasing mixer-added fat reduces the electrical energy required for pelleting and improves exogenous enzyme efficacy for broilers. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 20, p.75–89. 2011.

GOMES, M.A. Indústria do frango no Brasil. Repórter Brasil – Organização de Comunicação e Projetos Sociais. 2016 18p. Disponível em [https://reporterbrasil.org.br/wp-content/uploads/2017/09/Monitor2\\_PT.pdf](https://reporterbrasil.org.br/wp-content/uploads/2017/09/Monitor2_PT.pdf). Acesso em: 01 dez. 2019.

HEIMANN, M. Steam Flaking-Focus on conditioning. Roskamp Champion. California pellets Mill Co. 1999. 6p.

HETLAND, H.; SVIHUS, B.; OLAISEN, V. Effect of feeding whole cereals on performance, starch digestibility and duodenal particle size distribution in broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 43, n. 3, p. 3416–423, 2002.

KIM, J.S.; HOSSEINDOUST, A.R.; SHIM, Y.H.; LEE, S.H.; CHOI, Y.H.; KIM, M.J.; OH, S. M.; HAM, H.B.; KUMAR, A.; CHAE, B.J. Processing diets containing corn distillers' dried grains with solubles in growing broiler chickens: effects on performance, pellet quality, ileal amino acids digestibility, and intestinal microbiota. **Poultry Science**, v. 97, n. 7, p.2411–2418, 2018.

JENSEN, L.S. Influence of pelleting on the nutritional needs of poultry. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 13, p. 35–46, 2000.

JIMENEZ-MORENO, E.; DE COCA-SINOVA, A.; GONZÁLEZ-ALVARADO, J.M.; MATEOS, G.G. Inclusion of insoluble fiber sources in mash or pellet diets for young broilers. 1. Effects on growth performance and water intake. **Poultry Science**, v. 95, n.1, p. 41–52. 2016.

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

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.

LARBIER, M.; LECLERCQ, B. Nutrition and feeding of poultry. Nottingham,1992. 305p.

LE BAIL, P.; BIZOT, H.; OLLIVON, M.; KELLER, G.; BOURGAUX, C.; BULÉON A. Monitoring the crystallization of amylose-lipid complexes during maize starch melting by synchrotron X-ray diffraction. **Biopolymers**, v. 50, p. 99-110.1999.

LEAVER, R. H. The pelleting process. Andritz Sprout. 2008. Disponível em: <<http://www.andritzsproutbauer.com/pdf/The-Pelleting-Process-v2008.pdf>>. Acesso em: 22 de nov. 2019.

LEITE, J.L.; RODRIGUES, P.; FIALHO, E.T.; DE FREITAS, R.T; NAGATA, A.K.; CANTARELLI, V. Efeito da peletização e adição de enzimas e vitaminas sobre o desempenho e aproveitamento da energia e nutrientes em frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1292-1298, 2008.

LI, Y.; OWYANG, C. Vagal afferent pathway mediates physiological action of cholecystokinin on pancreatic enzyme secretion. **Journal of Clinical Investigation**, v. 92, n. 1, p. 418–424, 1993.

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

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

LOTT, B.D.; DAY, E.J.; DEATON, J.W.; MAY, J. D. The effect of temperature, dietary energy level, and corn particle size on broiler performance. **Poultry Science**, v. 71, n. 4, p.618–624, 1992.

LOWE, R. Judging pellet stability as part of pellet quality. **Feed Technology**, v. 9, n. 2, p. 15, 2005.

LUNDBLAD, K.K.; ISSA, S.; HANCOCK, J.D.; BEHNKE, K.C.; MCKINNEY, L.J.; ALAVI, S.; PRESTLØKKEN, E.; FLEDDERUS, J.; SØRENSEN, M. Effects of steam conditioning at low and high temperature, expander conditioning and extruder processing prior to pelleting on growth performance and nutrient digestibility in nursery pigs and broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 169, n. 3-4, p. 208–217, 2011.

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

MCKINNEY, L.J.; TEETER, R.G. Predicting effective caloric value of nonnutritive facts: I. Pellet quality and II. Prediction of consequential formulation dead zones. **Poultry Science**, v. 83, n.7, p. 1165–1174, 2004.

MAIORKA, A.; DAHLKE, F; PENZ Jr., A. M; KESSLER, A. M. Diets formulated on total or ingestible amino acid basis with different energy levels and physical form on broiler performance. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 7, n. 1, p. 47-50, 2005.

MASSUQUETTO, A. Avaliação da forma física da dieta e do tempo de condicionamento no processo de peletização de dietas para frangos de corte. Dissertação de mestrado. 2014. Universidade Federal do Paraná programa de pós-graduação em zootecnia.

MASSUQUETTO, A.; DURAU, J.F.; SCHRAMM, V. G.; NETTO, M.V.T.; KRABBE, E.L; MAIORKA, A. Influence of feed form and conditioning time on pellet quality, performance and ileal nutrient digestibility in broilers. **The Journal of Applied Poultry Research**, vol. 27, n. 1, p. 51–58, 2018.

MEINERZ, C.; RIBEIRO, A.M.L.; PENZ JR., A.M. et al. 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, n. 6, p.2026-2032, 2001.

MELO, A.; FERNANDES DE QUEIROZ, J.; OLIVEIRA, V.; DIAS, F.; FERNANDES, R.; MARINHO, J.; DE SOUZA, R.; FILHO, C.; SOUZA, A.; ARRUDA, A. Formas físicas de utilização de rações para aves. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia-PUBVET**, v. 10, n. 2, p.173-178, 2016.

MENDES, A.A.; PATRÍCIO, I.S. Controles, registros e avaliação do desempenho de frangos de corte. In: MENDES, A.A.; NÄÄS, I.A.; MACARI, M. Produção de frangos de corte. Campinas: FACTA, p.328. 2004.

MENDEZ, J. RIAL, E.; SANTOMA, G. Feed Manufacturing. Em: The Nutrition of the Rabbit. Ed. De Blas, C. e Wiseman, J. Cab International. 1998. Disponível em <https://pdfs.semanticscholar.org/f851/6b7c142fd8dd9005de50c83f8b7ec9288db2.pdf> Acesso em: 10 de dez. 2019.

MORAN, E. T., JR. Effect of pellet quality on the performance of meat birds. Pages 87–108 in Recent Advances in Animal Nutrition. W. Haresign and D.J.A. Cole, ed. Butterworths, London. 1989. Disponível em <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=GB9105151> Acesso em: 29 de nov. 2019.

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, WB.; MO, X. Effect of formulation density, moisture and surfactant on feed manufacturing, pellet quality and broiler performance. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 11, n. 2, p. 155-163, 2002.

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

NADERINEJAD, S.; ZAEFARIAN, F.; ABDOLLAHI, A.M.R. Influence of feed form and particle size on performance, nutrient utilisation, and gastrointestinal tract development and morphometry in broiler starters fed maize-based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 215, p. 92-104, 2016.

NEVES, D. P; BANHAZI, T. M.; NÄÄS, I. A. Feeding behaviour of broiler chickens: a review on the biomechanical characteristics. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.16, n. 2, p. 1-16, 2014.

NIR, I.; HILLIEL, R.; PTICHI, I.: Effect of particle size on performance. 3. Grinding and pelleting interactions. **Poultry Science**, v. 74, n. 5, p. 771–783, 1995.

NIR, I.; HILLIEL, R.; SHEFET, G.; NITSAN, Z.: Effect of grain particle size on performance. 2. Grain texture interactions. **Poultry Science**, v. 73, n. 6, p.781–791, 1994.

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

POPE, J.T.; BRAKE, J.; FAHRENHOLZ, A.C. Post-pellet liquid application fat disproportionately coats fines and affects mixed-sex broiler live performance from 16 to 42 d of age. **Journal Applied Poultry Research**, v. 27, p.124–131, 2018.

PLATTNER, B. Conditioning is essential for effective feed production. **International Poultry production**, v. 10, p.7-9, 2002.

RAVINDRAN, V. Feed enzymes: The science, practice, and metabolic realities. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 22, n. 3, p. 628–636, 2013.

REDDY, C.V.; JENSEN, L.S.; MERRILL, L.H.; MCGINNIS, J. Influence of mechanical alteration of dietary density on energy available for chick growth. **Journal of Nutrition**, v.77, p. 428–432, 1962.

REECE, F. N.; LOTT, B. D; DEATON, J. W. The effects of hammermill screen size on ground corn particle size, pellet size, pellet durability, and broiler performance. **Poultry Science**, v, 65, n. 7, p. 1257– 1261, 1986.

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

RYU, G.H.; WALKER, C.E. Cell structure of wheat flour extrudates produced with various emulsifiers. **Lebensmitte-Wissenschaft und-Technologie**, v. 27, p. 432-441, 1994.

SAUNDERS, R.M. Amylase inhibitors in wheat and other cereals. **Cereal Foods World**, v. 20, p. 282–285, 1975.

SCOTT, T.; SWIFT, M.L.; BEDFORD, M.R. The Influence of Feed Milling, Enzyme Supplementation, and Nutrient Regimen on Broiler Chick Performance. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 6, n.4, p.391–398, 1997.

SHEIDELER, S.E. Poultry feeds: is pelleting cost effective? **Feed Management**, v. 46, n. 1, p.21-26, 1995.

SIEGEL, P. B. Evolution of the Modern Broiler and Feed Efficiency. **Annual Review of Animal Biosciences**, v. 2, p. 375-385, 2014.

SINGH, Y.; RAVINDRAN, V. Influence of method of wheat inclusion and pellet diameter on performance, nutrient utilization, digestive tract measurements and carcass characteristics of broilers. **Animal Production Science**, v. 55, n. 4, p. 474-483, 2014.

SINGH, Y.; RAVINDRAN, V.; WESTER, T.J.; MOLAN, A.L.; RAVINDRAN, G. Influence of prepelleting inclusion of whole corn on performance, nutrient utilization, digestive tract measurements, and cecal microbiota of young broilers. *Poultry science*, v. 93, n. 12, p. 3073-3082, 2014.

SKINNER-NOBLE, D.O.; MCKINNEY, L.J.; TEETER, R.G. Predicting effective caloric value of nonnutritive factors: III. Feed form affects broiler performance by modifying behavior patterns. **Poultry Science**, v.84, p.403-411, 2005.

SKOCH, E.R.; BINDER, S.F.; DEYOE, C.W.; ALLEE, G.L.; BEHNKE, K.C. Effects of pelleting conditions on performance of pigs fed a corn–soybean meal diet. **Journal Animal Science**, v. 57, p. 922–928, 1981.

SOUZA, R. M. Uso de complexo enzimático em rações fareladas e peletizadas para frangos de corte. Lavras. Universidade Federal de Lavras. 2005. 59 p. (Dissertação de mestrado).

SOUZA, I.M.G.P., POLYCARPO, G.V., SILVA, W.T., CASTELO, P.G., CARVALHO, F.B. Efeitos da forma física da ração sobre o desempenho e a metabolizabilidade de nutrientes em frangos de corte. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Unesp – Botucatu, São Paulo/S. VI Simpósio de ciências da UNESP – Dracena VII encontro de zootecnia – UNESP Dracena. 2010.

STEVENS, C. A. Starch gelatinization and the influence of particle size, steam pressure and die speed on the pelleting process. (Tese de Doutorado). Kansas State University, Manhattan, Kansas, 1987.

SVIHUS, B. Starch digestion capacity of poultry. **Poultry Science**, v. 93, n. 9, p.2394–2399, 2014.

SVIHUS, B., JUVIK, E.; HETLAND, H.; KROGDAHL, Å. Causes for improvement in nutritive value of broiler chicken diets with whole wheat instead of ground wheat. **British Poultry Science**, v. 45, n.1, p. 55–60, 2004a.

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, n. 3-4, p.281–293, 2004b.

TEIXEIRA-NETTO, M.V.; MASSUQUETTO, A.; DURAU, J. F.; LIMA NETO, E. S.; KRABBE, E.; MAIORKA, A.; OLIVEIRA, S. G. Efeito da temperatura de condicionamento sobre a digestibilidade da proteína bruta e metabolizabilidade de dietas para frangos de corte. **Embrapa Suínos e Aves**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2014.

TEXEIRA-NETTO, M.V.; MASSUQUETTO, A.; KRABBE, E.L.; SUREK, D.; OLIVEIRA, S.G.; MAIORKA, A. Effect of Conditioning Temperature on Pellet Quality, Diet Digestibility, and Broiler Performance. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 28, n. 4, p. 963-973, 2019.

TEMMERMAN, M.; RABIER, F.; JENSEN, P.D.; HARTMANN, H.; BÖHM, T. Comparative study of durability test methods for pellets and briquettes. **Biomass Bioenergy**, v. 30, n.11, p. 964–972, 2006.

THOMAS, M.; VAN DER POEL, A.F.B. Physical quality of pelleted animal feed. **Animal Feed Science and Technology**, v.61, n. 1-4, p.89-112, 1996.



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

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.

WHITEHEAD, W.K.; SHUPE, W.L. Energy use in broiler hatcheries and feed mills. **Poultry Science**, v. 59, p.16–20, 1980.

WONDRA, K. J.; HANCOCK, J. D.; BEHNKE, K. C.; HINES, R. H.; STARK, C. R. Efeitos do tamanho de partículas e granulação no desempenho do crescimento, digestibilidade dos nutrientes e morfologia do estômago em porcos finais. **Journal Animal Science**, v. 73, p. 757-763, 1995.

YALDA, A.Y.; FORBES, J.M. Effects of food intake, soaking time, enzyme and cornflour addition on the digestibility of the diet and performance of broilers given wet food. **British Poultry Science**, v. 37, n. 4, p. 797–807, 1996.

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

ZAEFARIAN, F.; ABDOLLAHI, M. R.; V. RAVINDRAN. Starch digestion in broiler chickens fed cereal diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 209, p. 16–29, 2015.

ZATARI, I. M.; FERKET, P. R.; SCHEIDELER S. E. Effect of pellet integrity, calcium lignosulfonate, and dietary energy on the performance of summer-raised broiler chickens. **Poultry Science**, v. 69, (Suppl. 1), p .198. (Abstr.), 1990.

## SEGUNDA PARTE

### ARTIGO: ÍNDICE DE DURABILIDADE DO PELETE E A DUREZA DA RAÇÃO E SUA INFLUÊNCIA NO DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DOS FRANGOS DE CORTE: UMA VISÃO DESDE A PRODUTIVIDADE DA FÁBRICA

FABIO TARAZONA CABALLERO

#### RESUMO

Objetivou-se avaliar o impacto do índice de durabilidade do pelete (PDI) e a dureza da ração, no desempenho zootécnico e outros fatores dos frangos de corte, por meio de uma revisão sistemática. O estudo foi feito, a partir de 30 artigos selecionados das bases de dados do portal de periódicos CAPES: Isi Web of Science, PubMed, Science Direct, Scielo e Scopus. O espaço de tempo analisado foi de 15 anos (2004 até 2019). Totalizou-se 16.446 frangos de corte com idades em dias de 1-21, 7-21, 22-42, 14-21, 1-42, e de 25-42. Os aspectos com mais representação foram os índices de desempenho zootécnico (consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) e energia metabolizável (EM) da dieta). Energia metabolizável (EM), energia metabolizável corrigida por nitrogênio (EMn), coeficiente de digestibilidade ileal de matéria seca (CDIMS), coeficiente de digestibilidade ileal de matéria seca (CDIA), coeficiente de digestibilidade ileal de aminoácidos (CDIAA), rendimento de peito, peso do proventrículo, da moela e do pâncreas, pH do proventrículo e da moela, gelatinização do amido, microbiota cecal e produtividade da fábrica. Os dados foram ajustados ao modelo estatístico linear de Pearson (r) ( $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  e  $p < 0,001$ ), com a finalidade de medir o grau de correlação entre as variáveis. Para PDI de 14-21 dias para o CR foi 0,75 ( $p < 0,05$ ), GP de 0,60 ( $p < 0,05$ ) e CA de 0,29 ( $p < 0,05$ ), baixa embora significativa. Para CR de 22-42 foi de -0,67 ( $p < 0,05$ ) e para GP de 0,63 ( $p < 0,05$ ). Para EMn de 1-21 foi de -0,99 ( $p < 0,01$ ), isso se deve a que, neste período o TGI apresenta muita imaturidade tendo um efeito altamente negativo. E para o CDIAA de 7-21 foi de 0,90 ( $p < 0,01$ ), nesta fase os frangos apresentam um maior aproveitamento dos nutrientes por efeito da cinética da digestão e de absorção dos nutrientes, fomentando a quebra dos aminoácidos. Para gelatinização de 21-42 foi 0,96 ( $p < 0,01$ ), é uma resposta positiva, pois a temperatura de peletização é diretamente proporcional à qualidade do pelete, com um aumento da temperatura pode se conseguir melhores respostas na gelatinização do amido. Para a dureza e CR de 14-21 e 22-42 foi de 0,62 ( $p < 0,05$ ) e 0,74 ( $p < 0,01$ ), embora de 7-21 a correlação foi negativa -0,66 ( $p < 0,01$ ). Para GP 14-21 e de 22 a 42 foi de 0,55 e 0,78 ( $p < 0,05$  e  $p < 0,01$ ). De 7-21 foi negativa significativa de -0,87 ( $p < 0,01$ ), sendo uma consequência do processo adaptativo lento do TGI. Para CA de 22-42 foi -0,86 ( $p < 0,001$ ). Para EM de 1-21 e 7-1 de 0,90 e 0,94 ( $p < 0,001$ ), respectivamente. CDIA e CDIAA de 1-2 foi de 0,68 ( $p < 0,01$ ), os frangos apresentaram uma diminuição na seletividade de ração levando a poupar mais energia durante essa fase de crescimento, além de favorecer a quebra dos aminoácidos no íleo. Para gelatinização de 1-21 foi de 0,70 ( $p < 0,01$ ), sendo uma resposta positiva, pois uma maior temperatura leva a um aumento na tensão superficial dos peletes aumentando a sua dureza. O PDI e a dureza da ração têm impacto positivo ou negativo no desempenho e em outros fatores fisiológicos dos frangos de corte, tendo em conta aspectos como os benefícios ao nível de TGI, e o desenvolvimento ótimo dos órgãos além de procurar a melhora da produtividade da fábrica.

**Palavras-chave:** condicionamento da ração, desempenho de frangos de corte, forma física da ração, peletização.

**ABSTRACT****SECOND PART****ARTICLE: PELLETT DURABILITY INDEX AND THE FEED HARDNESS AND ITS INFLUENCE ON THE BROILERS PERFORMANCE: A VIEW FROM THE FEED MILLS****FABIO TARAZONA CABALLERO****ABSTRACT**

The aim was to evaluate the impact of the pellet durability index (PDI) and the feed hardness on the performance and other factors in broilers through a systematic review. The study was carried out based on 30 articles selected from the databases of the CAPES journals portal: Isi Web of Science, PubMed, Science Direct, Scielo and Scopus. Articles published from 2004 to 2019 were selected (15 years). There were a total of 16,446 broilers aged 1-21, 7-21, 22-42, 14-21, 1-42, and 25-42 days. The most representative aspects were the performance parameters (feed intake (FI), weight gain (WG), feed conversion (FC) and metabolizable energy (ME) of the diet). Metabolizable energy (ME), nitrogen-corrected metabolizable energy (MEn), ileal digestibility coefficient of dry matter (IDCDM), apparent ileal digestibility coefficient of dry matter (AIDCDM), ileal amino acid digestibility coefficient (IDCAA), breast yield, proventricle, gizzard and pancreas weight, proventricular pH and gizzard, gelatinization of starch, cecal microbiota and feed mill productivity. The data were adjusted to Pearson's linear statistical model ( $r$ ) ( $p < 0.05$ ;  $p < 0.01$  and  $p < 0.001$ ) to measure the correlation degree between the variables. For 14-21 days PDI and for FI the correlation coefficient was 0.75 ( $p < 0.05$ ), for WG 0.60 ( $p < 0.05$ ), and FC the correlation coefficient was low 0.29, although significant ( $p < 0.05$ ). For MEn of 1-21, it was -0.99 ( $p < 0.01$ ), and this is due to the fact that, in this period, the GIT is immature which leads to a highly negative effect. For the IDCAA, from 7 to 21 days the correlation was 0.90 ( $p < 0.01$ ). In this phase, broilers have a greater nutrient utilization due to the digestion kinetics and nutrients absorption, promoting the breakdown of amino acids. For gelatinization of 21-42 days, it was 0.96 ( $p < 0.01$ ), being a positive response because the pelletizing temperature is directly proportional to the pellet quality, with an increase in temperature, better responses in starch gelatinization could be achieved. For the hardness and FI of 14-21 and 22-42 it was 0.62 ( $p < 0.05$ ) and 0.74 ( $p < 0.01$ ), although from 7-21 the correlation coefficient was negative -0.66 ( $p < 0.01$ ). For WG 14-21 and from 22 to 42 d it was 0.55 and 0.78 ( $p < 0.05$  and  $p < 0.01$ ). From 7-21 d it was a significant negative of -0.87 ( $p < 0.01$ ), being a consequence of the slow adaptive process of the GIT. For CR 22-42 it was -0.86 ( $p < 0.001$ ). For CA 22-42 it was -0.86 ( $p < 0.001$ ). For MS from 1-21 and 7-1 from 0.90 and 0.94 ( $p < 0.001$ ), respectively. For CR 22-42 it was -0.86 ( $p < 0.001$ ). For DM from 1-21 and 7-1 from 0.90 and 0.94 ( $p < 0.001$ ), respectively. AIDCDM and IDCAA of 1-2 d was 0.68 ( $p < 0.01$ ), where chickens showed a decrease in feed selectivity leading to saving more energy during this growth phase, besides favoring the breakdown of amino acids in the ileum. For gelatinization of 1-21d the correlation was 0.70 ( $p < 0.01$ ) being a positive result, where the higher temperature leads to an increase in the surface pellet tension increasing their hardness. The PDI and feed hardness have a positive or negative impact on the performance and other physiological factors of broilers, including benefits at the GIT and organ development, in addition to improving the feed mill productivity.

**Keywords:** feed conditioning, broiler performance, feed physical form, pelletizing.

## 1. INTRODUÇÃO

A ração peletizada é a principal forma de alimentação dos frangos criados comercialmente. Atingir e otimizar a qualidade do pelete pelo processamento termomecânico de precisão pode impactar o desempenho dos frangos e a disponibilidade de nutrientes e, portanto, o custo de produção (CUTLIP et al., 2008).

O processo de peletização tem como principais objetivos: pré-cozinhar a ração, aumentar a palatabilidade, mudar a forma física, evitar ou reduzir a seleção dos ingredientes, aumentar a densidade com a diminuição dos espaços de armazenamento e dos custos de transporte, reduzir os microrganismos, aumentar a durabilidade e minimizar a energia de consumo por parte dos animais (BEHNKE; BEYER, 2002; KLEIN, 2009; SOUZA et al., 2010; GARCIA et al., 2018; MASSUQUETTO et al., 2018; ATTAR et al., 2019). Além disso, obter melhor digestibilidade dos nutrientes e, conseqüentemente, melhor aproveitamento da energia (LARA et al., 2008; LUNDBLAD et al., 2011; ATTAR et al., 2018; ABADI et al., 2019).

No processo de peletização, diversos fatores estão associados com a qualidade do pelete. A formulação da dieta participa com (40%), a moagem, tamanho das partículas (20%), o condicionamento (20%), especificações gerais do anel de prensa (15%), além dos processos de resfriamento e secagem (5%) (REIMER, 1992; THOMAS; VAN DER POEL, 1996; BRIGGS et al., 1999; CUTLIP et al., 2008; ABDOLLAHI et al., 2012).

Meinerz et al. (2001), Hetland et al. (2002), López e Baião, (2004), Abdollahi et al. (2011), Abdollahi e Ravindran (2013), Svihus, (2014) e Zaefarian et al. (2015) relacionaram o desempenho zootécnico superior de frangos de corte com o menor tempo gasto na apreensão dos peletes da ração. Observaram, assim, o aumento do tempo de descanso, o que resulta em maior quantidade de energia disponível para o ganho de peso dos frangos.

Neves et al. (2014) indicaram a importância de estudar as propriedades biomecânicas associadas ao comportamento alimentício de frangos, analisando o tamanho de partícula de ração, forma física e o impacto de alimentadores.

As fábricas de ração são consideradas um fator muito importante dentro da cadeia produtiva avícola, pois 70% dos custos totais de produção são atribuídos ao alimento. Assim, Abdollahi et al. (2018) ressaltaram a importância da inclusão de ingredientes de baixo custo e menos palatáveis, aproveitando o efeito do processo de peletização, sem perder os efeitos nutricionais. Para Alp (2016), a máquina peletizadora é a que mais influência nos custos de

produção e, assim, devem-se procurar alternativas, para aumentar o rendimento, com boa relação custo-benefício. Por isso, é essencial considerar o relacionamento na qualidade física da ração, rendimento da fábrica e desempenho nos frangos de corte para obter uma ótima relação custo-benefício.

Cutlip et al. (2008), Abdollahi et al. (2012), Massuquetto et al. (2018), Attar et al. (2019), Abadi et al. (2019) e Texeira-Netto et al. (2019), entre outros aspectos, indicaram que a forma física e o tempo de condicionamento influenciam o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes em frangos de corte. Também concluíram que tempos de condicionamento crescentes promovem melhor qualidade do pelete. Assim, a omissão da qualidade da ração, em termos de dureza e durabilidade do pelete, torna-se fenômeno comum, na maioria das regiões, comprometendo a eficiência da fábrica e a margem de custo na formulação da ração (REIMER, 1992; THOMAS; VAN DER POEL, 1996; BRIGGS et al. 1999; BUCHANAN et al., 2010; CARDEAL et al., 2014; ABDOLLAHI; RAVINDRAN, 2013; ALARCÓN et al., 2017; KIM et al., 2018).

O índice de durabilidade do pelete (PDI), tem grande importância na qualidade da ração, pois é a menor quantidade de pó que deve ter na ração para garantir a integridade do alimento até o comedouro, com o pelete de ótima qualidade pode-se ajudar a manter menor desperdício da ração, melhorar a taxa de consumo alimentar, diminuir o gasto de energia para ingestão e otimizar o desenvolvimento dos órgãos dos animais, diminuindo o pH, favorecendo uma menor presença de patógenos ou seja melhorando os índices sanitários, entre outros fatores e aprimorar o rendimento da fábrica de ração. Neste trabalho objetivou-se avaliar o impacto do índice de durabilidade do pelete (PDI) e da dureza da ração no desempenho zootécnico e outros fatores dos frangos de corte através de uma revisão sistemática.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

Por meio de uma revisão sistemática da literatura, consideraram-se as combinações de palavras-chave: forma da ração, tamanho da partícula, índice de durabilidade do pelete (PDI), dureza do pelete, temperatura de processamento, digestibilidade, condicionamento, amido, frangos de corte, com oito combinações, entre elas, com o interesse de encontrar o maior número de artigos possível para o estudo, sem limitação de data ou idioma para preferência. A seleção dos estudos seguiu estritamente os seguintes critérios: 1) Ração peletizada, 2) com que se avalia a qualidade física da ração: índice de durabilidade do pelete 3) com resultados de desempenho nos frangos de corte.

Um banco de dados que continha as informações sobre impacto do índice de durabilidade do pelete da ração, no desempenho zootécnico dos frangos de corte, foi compilado, a partir de 30 artigos publicados pelo Portal de Periódicos CAPES e indexados às bases: Isi Web of Science, PubMed, Scielo, Science Direct e Scopus. Efetuou-se precaução de comprovar que todos os trabalhos estavam de acordo com os critérios selecionados para a inclusão na base de dados. Assim sendo, havendo discordância entre os artigos, todos os critérios foram consertados.

A revisão foi conduzida com 30 artigos dos seguintes autores: Svihus et al. (2004), Amornthawaphat et al. (2005); Cutlip et al. (2008); Amerah et al. (2008); Abdollahi et al. (2008); Zimonja e Svihus, (2009); Pappas et al. (2010); Dozier et al. (2010); Abdollahi et al. (2010); Lundblad et al. (2011); Abdollahi et al. (2011); Abdollahi et al. (2012); Abdollahi e Ravindran, (2013); Abdollahi et al. (2013); Abdollahi e Ravindran, (2014); Singh e Ravindran, (2014); Singh et al. (2014); Corey et al. (2014); Xu et al. (2015); Abdollahi et al. (2015); Evans et al. (2015); Naderinejad et al. (2016); Andrade et al., (2016); Attar et al. (2018); Garcia et al. (2018); Abdollahi et al. (2018); Kim et al. (2018); Texeira-Netto et al. (2019); Attar et al. (2019) e Abadi et al. (2019).

Junto com os critérios estabelecidos, foram realizados ajustes: tipo de ração oferecida para frangos de corte (farelada, extrusada, peletizada), idade das aves, temperatura de peletização, desempenho zootécnico, número de aves que foram alojadas, durante os experimentos, conforto térmico e temperatura dos galpões, que foram determinados, de acordo com o descrito nos artigos; os experimentos foram conduzidos sob condições controladas e os estudos foram sometidos à análise de desempenho zootécnico, análise de ração (umidade, ingredientes, temperatura, tamanho da partícula, textura, PDI, dureza, energia metabolizável (EM) da dieta, análise de órgãos (moela, duodeno, jejuno e íleo), energia metabolizável dos frangos (EM) e energia metabolizável corrigida por Nitrogênio (EMn), coeficiente de digestibilidade ileal de matéria seca (CDIA), coeficiente de digestibilidade ileal de aminoácidos (CDIAA), pH, rendimento de peito, microbiota cecal, produtividade da fábrica, foram ajustadas para os seguintes períodos de idade, em dias, 1 a 21 dias, 7 a 21 dias, 22 a 42 dias, 14 a 21 dias, 1 a 42 dias, 25 a 42 dias.

Foram empregados filtros, conforme a liberdade de cada base de dados, para simplificar a pesquisa, excluindo livros, capítulos de livros, revisões e artigos fora do tema de estudo, como exemplo, experimentos feitos, no mesmo tópico, em perus, patos, coelhos, peixes, galinhas poedeiras, ruminantes, entre outros. As respostas das buscas, para cada base

de dados, conforme as palavras-chave utilizadas e suas combinações, são representados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados preliminares da busca de artigos com os critérios selecionados

Base	Busca	Combinações <sup>a</sup>								Total <sup>b</sup>	
		1	2	3	4	5	6	7	8		
<b>ISI Web of Science</b>	Número total	0	2	2	2	0	3	130	3	142	142
	Número de artigos analisados	0	0	0	2	0	3	43	0	48	
	Número de repetidos	0	0	0	1	0	2	34	0	37	
	Número de selecionados										1*
<b>Science Direct</b>	Número total	18	214	310	26	30	50	707	40	1395	1395
	Número de artigos analisados	5	10	17	10	8	13	17	13	93	
	Número de repetidos	3	6	17	5	8	13	17	13	82	
	Número de selecionados										5*
<b>Pub Med</b>	Número total	1	12	109	1	1	1	205	5	335	335
	Número de artigos analisados	1	2	3	1	1	1	6	1	16	
	Número de repetidos	1	0	4	1	1	1	5	1	14	
	Número de selecionados										0
<b>Scopus</b>	Número total	14	47	170	24	26	28	760	39	1108	1108
	Número de artigos analisados	7	25	39	16	19	20	64	3	193	2980
	Número de repetidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Número de selecionados										23*
<b>Scielo</b>	Número total	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
	Número de artigos analisados	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	Número de repetidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Número de selecionados										1
<b>Total de artigos selecionados<sup>c</sup></b>										30	

<sup>a</sup> Combinações de palavras-chave

- 1 Feed form and particle size and pellet binder and heat processing and broilers
- 2 Feed form and heat processing and digestibility and conditioning and broilers
- 3 Feed form and starch and heat processing and broilers
- 4 Feed form and conditioning and particle size and pellet binder and broilers
- 5 Feed form and digestibility and conditioning and pellet binder and broilers
- 6 Feed form and pellet binder and conditioning and broilers
- 7 Feed form and particle size and PDI and broilers
- 8 Feed form and particle size and pellet binder and broilers

<sup>b</sup> Número total de artigos encontrados pode ser maior que o número de artigos usados pelo fato de que, na mesma base de dados, aparecerem os mesmos artigos com diferentes palavras-chave.

<sup>c</sup>\* Número final de artigos que foram selecionados.

A qualidade física da ração, especificamente o PDI, foi avaliada pela porcentagem variando entre 13,7 e 98,7% com média de 83,90%. Igualmente a dureza foi avaliada com

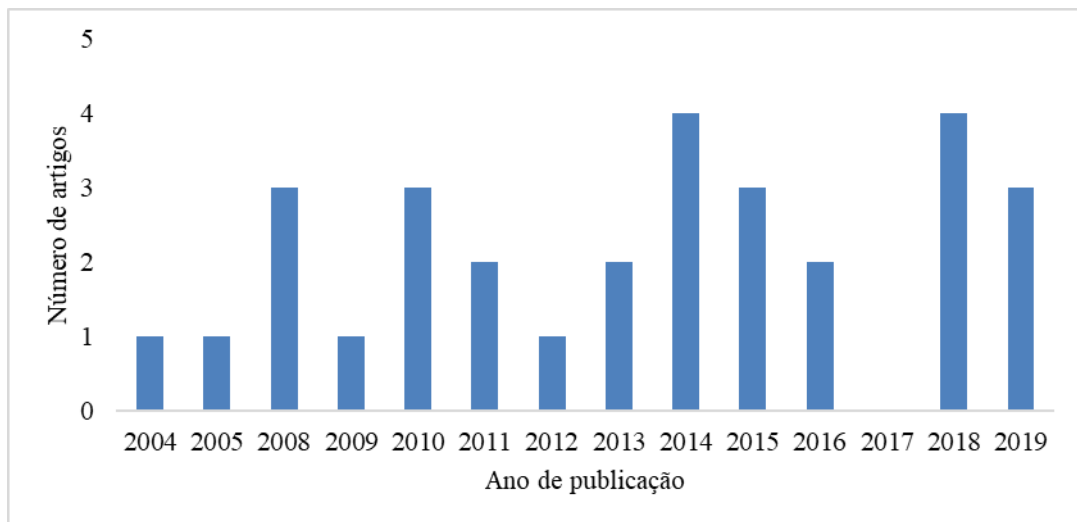
valores de 0,89 até 6,68 kg/f com média de 3,05 kg/f, a energia metabolizável (EM) foi avaliada com valores de 163,3 até 3570,75 kcal com média de 2747,70, a energia metabolizável corrigida por nitrogênio (EMn) foi avaliada com valores de 2952,14 até 3324,73 com média de 3091,98, o coeficiente de digestibilidade ileal de matéria seca (CDIMS) foi avaliado com valores de 0,653 até 0,668, o coeficiente de digestibilidade ileal aparente (CDIA), com valores de 0,97 até 0,99, o coeficiente de digestibilidade ileal de aminoácidos (CDIAA) com valores de 0,683 até 0,957, rendimento de peito com valores de 270,27 g até 570 g, peso do proventrículo com valores de 2,27 g até 4,7 g, peso da moela com valores de 5,98 g até 15,7 g, peso do pâncreas com valores de 2,37 g até 2,93 g, pH do proventrículo com valores de 3 até 5,43, pH da moela com valores de 2,9 até 4,67, gelatinização do amido com valores de 6,81 g até 118 g, microbiota cecal (*Clostridium* spp) com valores de 4,35 até 9,09 ufc, *Lactobacillus* spp com valores de 7,06 até 8,59 ufc e produtividade da fábrica com valores de 0.0033 ton/hora até 1,18.

Os trabalhos incluídos na base de dados finais, para análise, foram publicados, em periódicos indexados, sendo que os periódicos Poultry Science e Animal Feed Science and Technology foram os periódicos mais utilizados com 38,70% e 30,00%, respectivamente. Por enquanto, os países onde foi realizada a maioria das pesquisas, 36,66%, correspondem a Nova Zelândia e 16,66% nos Estados Unidos, seguidos de Irã com 13,33%. O espaço temporal de publicação dos artigos compreendeu um período de 15 anos (2004 a 2019). A base de dados totalizou 16.446 aves, em diferentes períodos de avaliações, de 1 a 21, 7 a 21, 7 a 14, 22 a 42, 14 a 21, 15 a 21, 1 a 42, 25 a 42, 21 a 39, 21 a 42 dias de idade e foram selecionados só os períodos mais comuns entre as variáveis.

A distribuição por ano das publicações, referente à qualidade física da ração, para frangos de corte, ao longo de 15 anos, tendo em conta o impacto de PDI nos índices zootécnicos, encontra-se na Figura 1.



Figura 1 – Artigos de pesquisas de acordo com o ano de publicação

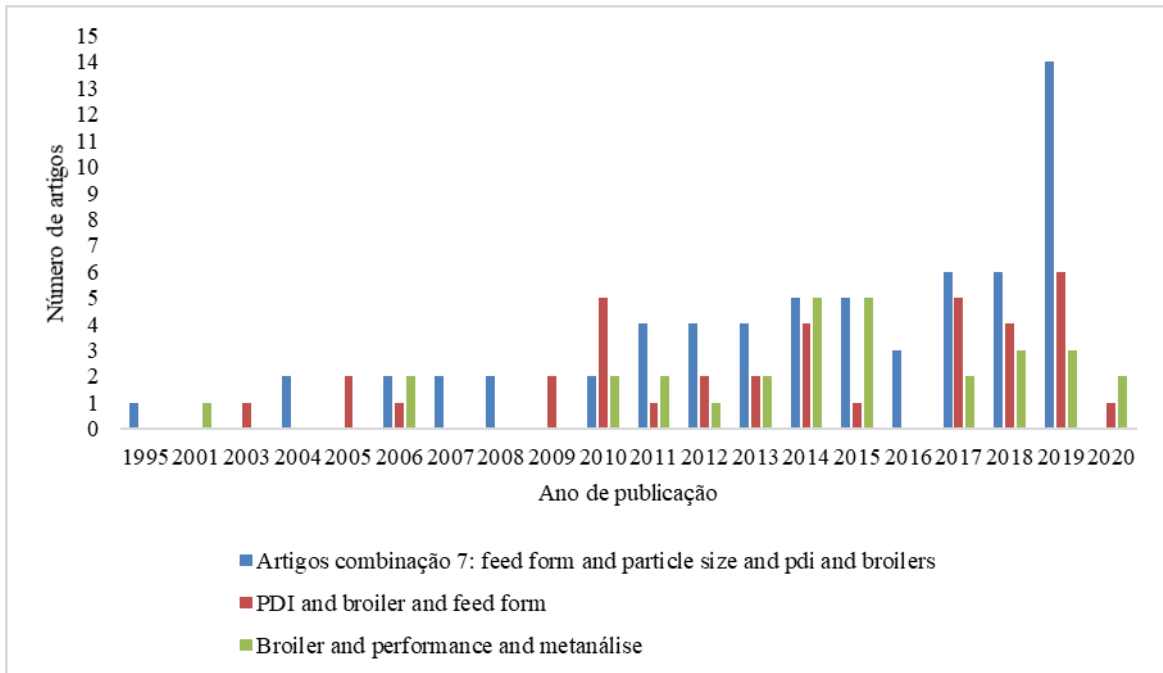


Fonte: Scopus (2020).

A abordagem da problemática, para a revisão, foi feita durante os anos 2004 e 2019. No gráfico anterior, representa-se o espaço de tempo entre as pesquisas.

Na Figura 2, apresentam-se os resultados do desenvolvimento das pesquisas, na base de dados Scopus desde 1995 e fevereiro de 2020, tendo considerada apenas a combinação 7 (feed form and particle size and broilers and PDI), PDI and broilers and feed form e broiler and performance and meta-analysys; esta última não estima o termino PDI. Na primeira e segunda buscas, não se apresentaram resultados com a palavra metanálise.

Figura 2- Pesquisas desenvolvidas na área de nutrição de frangos de corte que têm relação com o PDI



Fonte: Scopus (2020).

A anterior figura indica que a maioria das pesquisas, na produção de frangos, tendo como foco o processo de peletização, forma da ração, tamanho da partícula, o PDI e o desempenho dos frangos, desenvolveram-se, a partir do ano 2010, sendo de grande importância no aporte da ciência e a tecnologia à indústria avícola no Brasil e no mundo.

## 2.1 Análises estatísticas

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de correlação de Pearson ( $r$ ) com nível de significância de 0,05, 0,01 e 0,001 para determinar o grau de correlação linear entre as variáveis. A análise estatística de dados foi feita com Software R

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Sheideler (1995), o percentual de finos, durante o transporte, pode aumentar de 33% para 59%. Esse valor pode chegar até 72% no comedouro dos frangos. Ao final da seleção dos 30 estudos, foi possível estudar apenas a relação do PDI (%) com os parâmetros zootécnicos consumo de ração (g), ganho de peso (g) e conversão alimentar e EM das dietas. Os demais parâmetros como EM, EMn dos frangos avaliados, peso dos órgãos, comprimentos dos órgãos, pH, gelatinização do amido, coeficiente de digestibilidade ileal, coeficiente de digestibilidade ileal de aminoácidos, tempo de trânsito, microbiota cecal, relação vilo cripta, rendimento de carcaça, dureza do pelete, consumo de energia elétrica e desempenho da fábrica foram reportados, em poucos estudos e de maneira muito dispersa,

não encontrando dados suficientes para a análise de cada variável. A presença dos dados para cada uma das variáveis não analisadas são representadas: EM dos frangos com 33,53%, EMn dos frangos com 10,36%, peso dos órgãos com 37,80 %, comprimentos dos órgãos com 9,75%, pH com 10,36%, gelatinização do amido com 15,85% , coeficiente de digestibilidade ileal de aminoácidos com 6,70%, coeficiente de digestibilidade de matéria seca com 10,36%, coeficiente de digestibilidade ileal de Nitrogênio com 16,46%, tempo de transito com 8,53%, relação vilo cripta com 20,73%, microbiota cecal com 6,09%, rendimento de carcaça com 4,87%, rendimento de peito com 3,65%, gordura abdominal com 2,43%, dureza com 47,56%, consumo de energia elétrica na fábrica com 4,87% e desempenho da fábrica com 9,75%. Embora os períodos de avaliação não fossem os mesmos para cada variável.

Na Tabela 2 são apresentadas as variáveis, os valores das correlações e os tratamentos analisados, em relação ao desempenho zootécnico: consumo de ração (g), ganho de peso (g) e conversão alimentar e EM, EMn, CDIMS, CDIA, CDIAA, gelatinização do amido microbiota cecal (*Clostridium* spp. e *Lactobacillus* spp.), peso dos órgãos (proventrículo, moela, pâncreas), pH (proventrículo, moela, pâncreas), rendimento peito e produtividade da fábrica (Ton/h)

Tabela 2 - Variáveis analisadas e valores de correlação quanto ao PDI e dureza do pelete.

Variáveis	Período de tempo (dias)	Número de observações	Tratamento	Correlação PDI	Correlação dureza
Consumo de ração	1-21	39	Tipo de ração, umidade, temperaturas, tamanho da partícula, inclusão de ingredientes, densidades da mistura.	0,12	0,19
	7-21	17	Comprimento e diâmetro do pelete, tipo de ração, tamanho da partícula	0,33	-0,66**
	22-42	13	Comprimento do pelete, inclusão de gordura.	-0,67*	0,74**
	14-21	10	Tipo de ração, 3 temperaturas, inclusão de milho e sorgo	0,75*	0,62*
	7-14	10	Comprimento do pelete, inclusão de milho integral	-0,18	-0,27
	15-21	10	Comprimento do pelete, inclusão de milho integral	-0,12	-0,25
Ganho de peso	1-21	39	Tipo de ração, umidade, temperaturas, tamanho da partícula, inclusão de ingredientes, densidades da mistura	0,0096	0,12
	7-21	17	Comprimento do pelete, diâmetro do pelete, tipo de ração, tamanho da partícula	0,21	-0,87***

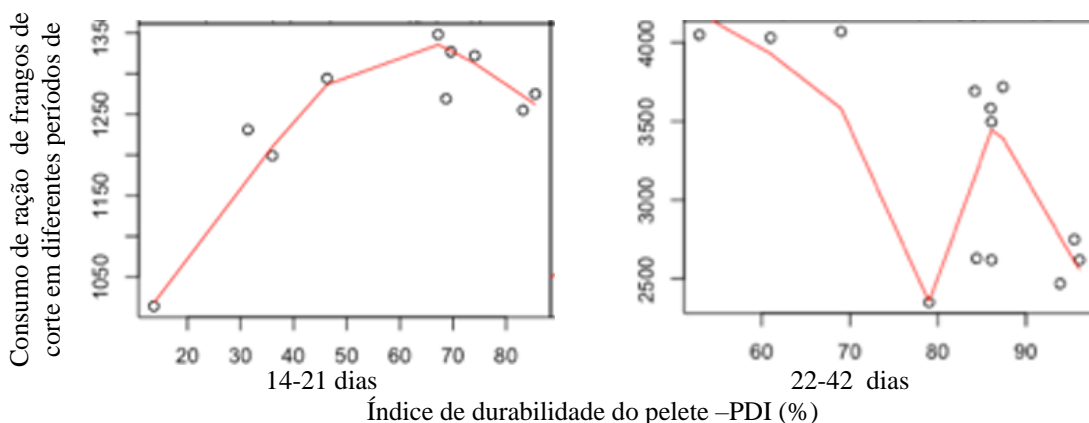
Variáveis	Período de tempo (dias)	Número de observações	Tratamento	Correlação PDI	Correlação dureza
	22-42	13	Comprimento do pelete, inclusão de gordura	-0,63*	0,78**
	14-21	10	Comprimento do pelete, inclusão de milho integral	0,60*	0,55*
	7-14	10		-0,22	-0,29
	15-21	10		-0,073	-0,17
Conversão alimentar	1-21	39	Tipo de ração, umidade, temperaturas, tamanho da partícula, inclusão de ingredientes, densidades da mistura	0,29*	0,19*
	7-21	17	Comprimento e diâmetro do pelete, tipo de ração, tamanho da partícula	0,31	0,20
	22-42	13	Comprimento do pelete, inclusão de gordura	0,42	-0,86***
	14-21	10	Comprimento do pelete, inclusão de milho integral	-0,33	-0,13
	7-14	10		0,23	0,31
	15-21	10		0,16	0,20
	1-21	14	Tipo de ração, umidade, temperaturas, tamanho da partícula, inclusão de ingredientes, densidades da mistura	-0,084	0,90***
	7-21	12	Comprimento e diâmetro do pelete, tipo de ração, tamanho da partícula	0,25	0,94***
EM	22-42	4	Comprimento do pelete, inclusão de gordura	-0,18	0,0853
	14-21	4	Comprimento do pelete, inclusão de milho integral	0,53	-
EMn	1-21	5	Densidades da mistura	-0,99**	-
	7-21	9	Diâmetro do pelete, temperaturas de condicionamento	-0,49	-
CDIMS	1-21	3	Tamanho de partícula	-0,046	0,39
	7-21	5	Densidade da mistura	0,22	-
CDIN	1-21	14	Tamanho de partícula, inclusão de cálcio, inclusão de milho integral	0,26	0,30
	7-21	5	Densidade da mistura	-0,56	-
	14-21	10	Temperaturas de condicionamento, dois tipos de grãos(milho, sorgo)	-0,089	-0,20
CDIA	1-21	5	Inclusão de milho integral	-0,17	0,68**
CDIAA	1-21	5	Inclusão de milho integral	-0,16	0,68**
	7-21	5	Densidades da mistura	0,90*	-
Gelatinização do amido	1-21	9	Diâmetro e comprimento do pelete, densidade da mistura	0,19	0,70*
	14-21	4	Temperaturas de condicionamento	0,28	0,30
	21-42	5	Inclusão de milho extruído	0,96**	-
Microbiota	25-24			0,32	-
<i>Clostridium</i> spp	25-42	4	Dois tipos de moagem e dois níveis de aglutinante	0,32	0,30
<i>Lactobacillus</i> spp	25-42	4	Dois tipos de moagem e dois níveis de aglutinante	-0,44	-0,43
Peso proventrículo	1-21	13	Tamanho de partícula, diâmetro e comprimento do pelete, inclusão de milho integral	0,055	0,41
	7-21	4	Dois tipos de grãos (trigo e milho), tamanho de partícula	0,67	-

Variáveis	Período de tempo (dias)	Número de observações	Tratamento	Correlação PDI	Correlação dureza
	14-21	10	Temperaturas de condicionamento, dois tipos de grãos	-0,045	-0,27
Peso moela	1-21	13	Diâmetro e comprimento do pelete, tamanho de partícula, inclusão de milho integral	0,12	0,39
	7-21	4	Tamanho de partícula	0,47	-
	14-21	10	Temperaturas de condicionamento, dois tipos de grãos (milho e sorgo)	0,49	0,17
Peso pâncreas	1-21	8	Tamanho de partícula, inclusão de milho integral	0,17	0,06
				-	-
pH de proventrículo	1-21	5	Inclusão de milho integral, inclusão de milho grosso.	-0,47	-0,098
pH moela	1-42	3	Inclusão de milho grosso	0,48	-
	1-21	10	Tamanho de partícula, inclusão de milho integral, 2 tipos de ração (farelada e peletizada)	0,11	-0,34
	1-42	3	Inclusão de milho grosso	0,65	-
Rendimento peito	1-42	3	Qualidade da ração	0,45	-
	21-39	4	Dois Temperaturas	0,88	-
Produtividade (Ton/h)	-	21	Temperaturas e pressão, densidades da mistura, inclusão de milho extruído.	0,39	0,15

\*\*\* Valores significativo ao nível de 0,1% de probabilidade de erro pelo teste F \*\*Valor significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro pelo teste F. \*Valor significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

A continuação se apresenta graficamente as correlações das variáveis que foram significativas positiva ou negativamente para consumo de ração (g), ganho de peso (g) e conversão alimentar e EM, EMn, CDIA, CDIAA e gelatinização do amido, que foram apenas nas que se conseguiu observar correlação, além disso se realiza uma análise e interpretação desta correlação. Na figura 3 se apresenta correlação de consumo de ração e do índice de durabilidade do pelete - PDI (%) nos períodos 14 a 21 e 22 a 42 dias para consumo de ração.

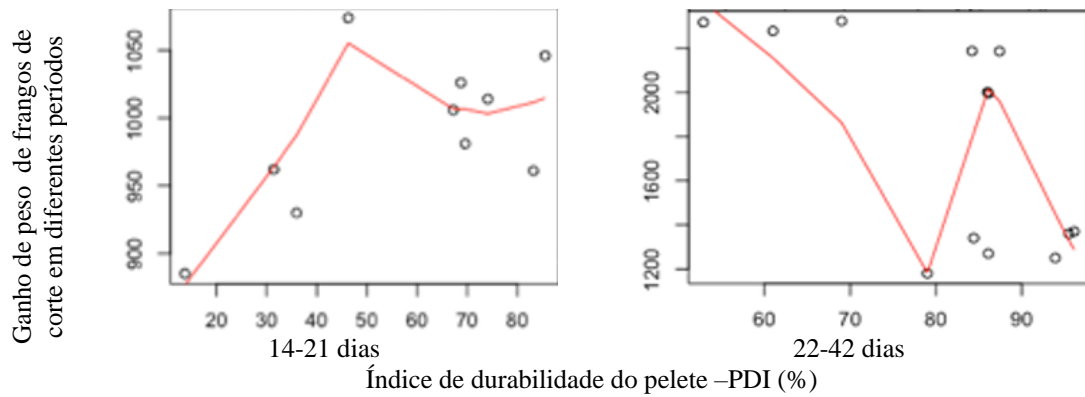
Figura 3- Comportamento da correlação de consumo de ração e do índice de durabilidade do pelete - PDI (%) nos períodos de tempo avaliados.



Na Figura 3 são representados os gráficos das correlações entre consumo de ração e PDI, em que se pode observar que, para o período de 14-21 dias, houve correlação positiva significativa ( $p < 0.05$ ) com valor de 0,75, assim, pode-se analisar que durante o período inicial de crescimento os frangos tem preferência por ração peletizada de alta qualidade permitindo assim maior consumo e maior aproveitamento dos nutrientes durante a fase de 14 a 21 dias, durante essa fase os animais estão num período de desenvolvimento e adaptação. Por enquanto, para os dados de 22-42 dias, a correlação, em função do consumo de ração e PDI, foi de -0,67, sendo significativo ( $p < 0,05$ ), sendo uma correlação negativo, já com um TGI mais desenvolvido e com uma diminuição da taxa de passagem os frangos apresentam uma redução da velocidade de digestão por isto tem um decréscimo no consumo de ração, assim, o PDI alto pode levar a um aumento da saciedade ou que também pode se chamar como uma regulação do apetite. É geralmente aceito que a peletização de alimentos para animais melhora a economia da produção, além de melhorar as respostas de crescimento e a eficiência em frangos de corte (BEHNKE e BEYER, 2002). Melhorias na qualidade dos peletes são obtidas com aplicação de condicionamentos mais elevados, o oferecimento de altas temperaturas não tem efeito negativo e o desempenho das aves será amplamente recuperado devido ao fato de que a melhoria da energia produtiva alcançada com a alimentação com peletes de alta qualidade podem compensar a disponibilidade reduzida de nutrientes (MORITZ et al., 2001; 2003). Segundo Garcia et al. (2018) as respostas de consumo alimentar de frangos de corte alimentados com peletes, constituem um equilíbrio entre o efeito negativo do condicionamento a temperaturas mais altas na disponibilidade de nutrientes e o efeito positivo na qualidade do pelete. Em contraste, Abdollahi et al. (2008) reportaram que, mesmo assim da melhoria do PDI com o aumento da temperatura de condicionamento nas dietas à base de trigo, todos os parâmetros de desempenho foram afetados negativamente. Para Dozier et al. (2010) com dietas peletizadas os frangos cresceram mais rapidamente e consumiram mais ração nos períodos de 15 a 28 dias, 15 a 42 dias e 1 a 42 dias de idade do que os frangos de corte alimentados com ração farelada, além disso alimentação de peletes de melhor qualidade aumentou a taxa de crescimento e o consumo de ração durante os períodos de crescimento.

Na Figura 4 se apresentam os gráficos de correlação de ganho de peso e o índice de durabilidade do pelete nos períodos de tempo avaliados.

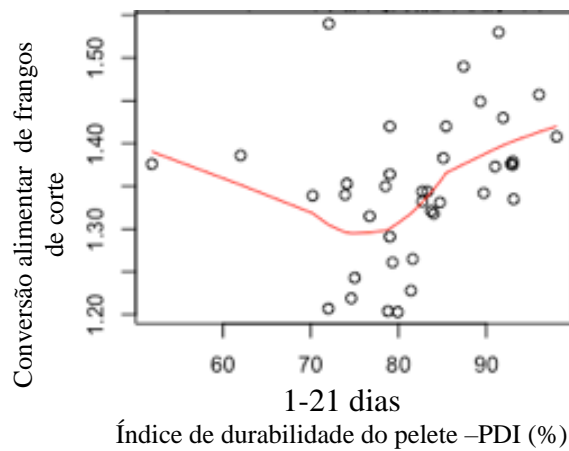
Figura 4- Comportamento da correlação de ganho de peso dos frangos de corte e do índice de durabilidade do pelete - PDI (%), segundo os períodos de tempo analisados.



Observa-se nos gráficos anteriores as correlações de ganho de peso e PDI, nos períodos de 14-21 dias que houve correlação positiva significativa ( $p < 0.05$ ), com valor de 0,60 o que significa que, com a diminuição da velocidade de digestão o TGI apresenta uma melhor palatabilidade uma melhor digestibilidade de nutrientes, levando a ter uma melhor ação enzimática, ou seja, apresentando um efeito positivo na cinética da digestão e cinética da absorção de nutrientes nesta fase de 14 a 21 dias. Embora o período de 22-42 apresentou uma correlação negativa significativa ( $p < 0.05$ ) de -0,63, sem assim, com a diminuição de consumo pode se observar que o aumento da saciedade teve um impacto no ganho de peso. Aqui podemos mencionar a SkinnerNoble et al. (2005) que relacionaram o desempenho superior das aves com o menor tempo gasto na apreensão dos peletes da ração, melhorando, assim, o tempo de descanso, o que resulta em maior quantidade de energia disponível para o ganho de peso dos frangos. Cutlip et al (2008) onde concluem em geral, que frangos alimentados com ração peletizada aumentaram ingestão e aumento do ganho de peso vivo, resultados associados ao aumento da energia produtiva.

Na Figura 5 são representados os gráficos de conversão alimentar correlacionados com o PDI pelos períodos de tempo de avaliação.

Figura 5- Comportamento da correlação conversão alimentar e do índice de durabilidade do pelete - PDI (%), segundo os períodos de tempo analisados.

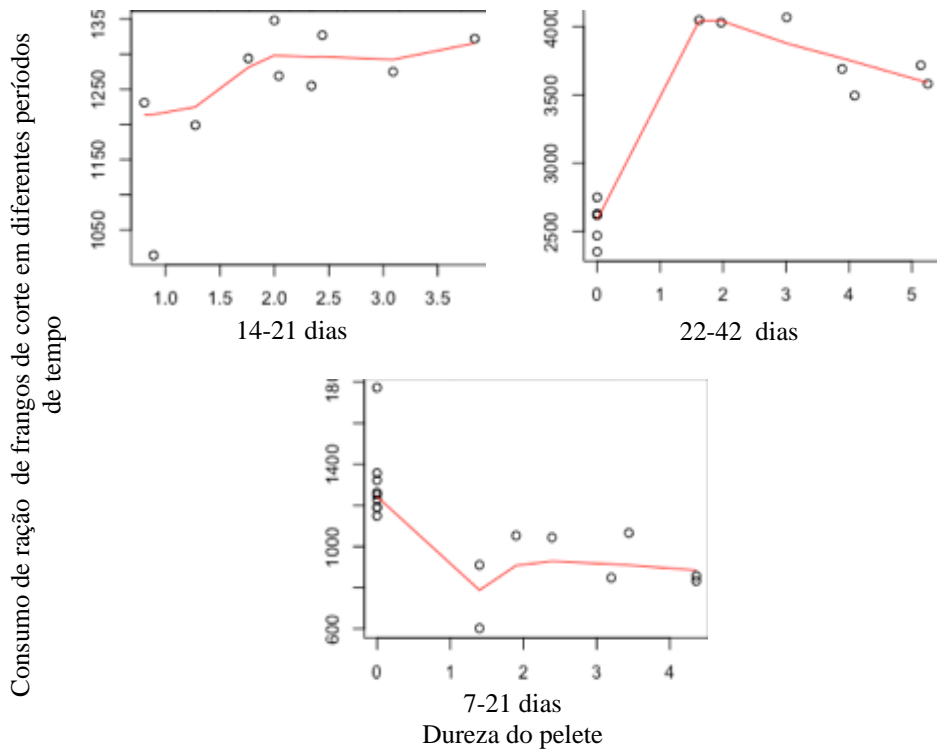


Na figura anterior, se apresenta os gráficos da correlação de conversão alimentar e PDI, em que se pode observar que, para o período de 1-21 dias a correlação positiva de 0,29 sendo baixa embora significativa ( $p < 0.05$ ), isso tem grande importância na nutrição dos frangos, porque ao oferecer um pelete de alta qualidade leva a uma diminuição do refluxo duodenal apresentando maior aproveitamento e digestibilidade dos nutrientes, levando a melhorar a conversão alimentar. Embora é muito importante destacar também a qualidade dos ingredientes da dieta, a energia metabolizável da dieta, ou seja, as características nutricionais da dieta oferecida. Nestes casos Cutlip et al. (2008) reportaram que aves alimentadas com dietas com um índice de durabilidade de peletes modificado (PDI; 90% vs. 80%) apresentaram menor conversão alimentar acumulada (1,99 vs. 2,16) e maiores rendimentos de carne de peito (21,32 vs. 20,23%), respectivamente. Pode-se observar os benefícios de oferecer uma ração de ótima qualidade, ou seja, melhor conversão alimentar mais produção de carne de peito; ademais oferecimento de carne de ótima qualidade para o consumidor final. Além disso, Freitas et al. (2008) avaliaram rações pré-iniciais na forma peletizada ou triturada onde acharam, maior aproveitamento dos nutrientes da ração pelos pintos, e melhor desempenho nos índices de desempenho zootécnicos.

A continuação se apresenta em gráficos dos parâmetros zootécnicos e seu comportamento com a dureza do pelete por períodos de tempo de avaliação (figura 6).



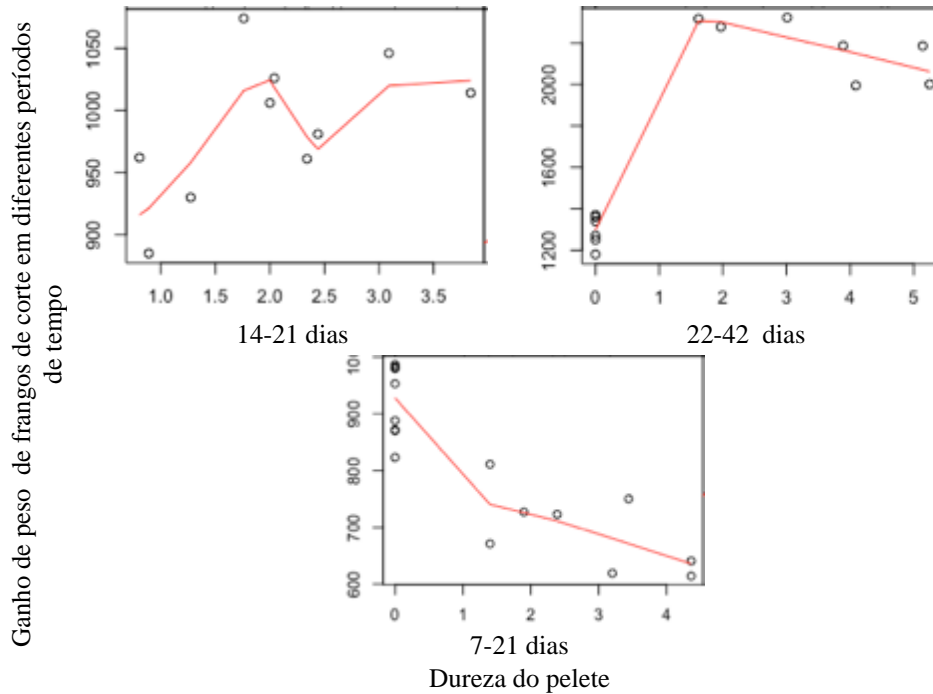
Figura 6- Comportamento da correlação de consumo de ração e dureza do pelete, nos períodos de tempo analisados onde a correlação foi significativa



Pode-se observar, nos gráficos anteriores das correlações de consumo de ração e dureza de pelete, nos períodos de 14-21 dias e 22 a 42 dias que houve correlação positiva significativa ( $p < 0.05$  e  $p < 0.01$ ), com valores de 0,62 e 0,74 respectivamente isso leva a entender que os frangos estão fazendo seleção de ingestão de partículas maiores, sendo que o pelete de alta qualidade elimina a seletividade de partículas menores. Embora o período de 7 a 21 apresentou uma correlação negativa significativa ( $p < 0.01$ ) de -0,66, isso acontece porque inicialmente os frangos estão num período de adaptação para o consumo de ração e levando a ter um consumo menor e adaptativo a suas necessidades de crescimento e desenvolvimento. Massuquetto et al. (2018) avaliaram dietas peletizadas com PDI de 95,07% e uma dureza de 4,85 kg/f, em frangos de corte resultando em maior consumo de ração e ganho de peso, além de maior digestibilidade ileal de matéria seca, proteína bruta e energia em comparação com aqueles alimentados com a dieta farelada.

Na figura 7 se apresenta o comportamento da correlação de ganho de peso e dureza do pelete, nos períodos de tempo analisados.

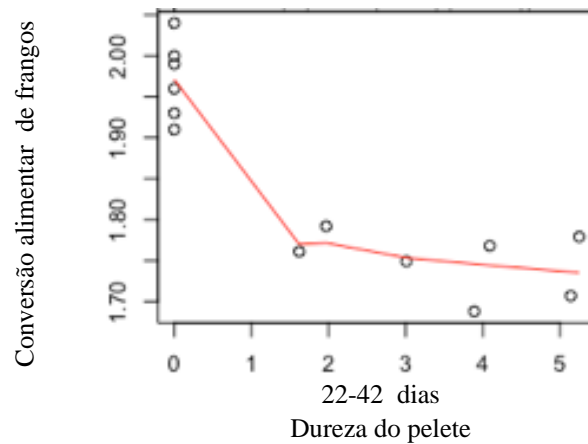
Figura 7- Comportamento da correlação de ganho de peso e dureza do pelete, nos períodos de tempo analisados onde a correlação foi significativa



Os gráficos anteriores das correlações de ganho de peso e dureza pelete, nos períodos de 14-21dias e 22 a 42 dias indicam que houve correlação positiva significativa ( $p < 0.10$  e  $p < 0.01$ ), com valores de 0,55 e 0,78 respectivamente o maior consumo leva a ter um maior aproveitamento dos nutrientes, levando a um maior desenvolvimento no TGI, uma maior liberação de CCK e secreções enzimáticas melhorando a digestibilidade de nutrientes. Embora o período de 7 a 21 apresentasse uma correlação negativa significativa ( $p < 0.01$ ) de -0,87, sendo uma consequência do processo adaptativo lento do TGI. Abdollahi et al. (2013a; 2013b) ao avaliar o aumento do comprimento do pelete, associado a melhorias significativas no PDI e dureza do pelete, pode-se supor que peletes mais duros e duráveis tendem a permanecer mais tempo no trato digestório e proporcionar melhor chance de substratos se misturarem com as enzimas digestivas. Além disso Pappas et al. (2010) avaliaram o mineral palygorskite onde encontraram resultados do PDI de 98% e dureza de 5,06 kg/f, reportando ótimos resultados de hematologia, melhoria na qualidade da cama, sem comprometer o desempenho das aves.

Na figura 8 observa-se o comportamento da correlação de conversão alimentar e dureza do pelete, nos períodos de tempo analisados.

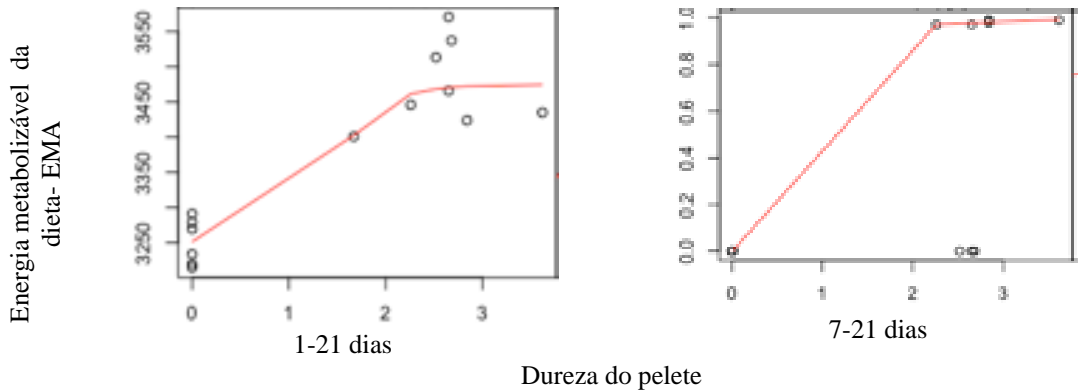
Figura 8- Comportamento da correlação de conversão alimentar e dureza do pelete, nos períodos de tempo analisados onde a correlação foi significativa.



A correlação de conversão alimentar e dureza do pelete, no período de 22 a 42 dias indicam que houve alta correlação negativa significativa ( $p < 0.001$ ), com valor  $-0,86$ , pode se concluir que se apresenta uma menor conversão alimentar pois, com um pelete de alta qualidade melhora a motilidade intestinal favorecendo estimulação de secreção gástrica levando a favorecer a digestão e aproveitamento de nutrientes. Concordando com Duke (1992) e Abadi et al. (2019) onde reportam que a liberação de colecistoquinina permite secreção de enzimas pancreáticas e o refluxo gastro-duodenal, aumentando a motilidade intestinal melhorando a digestão com enzimas pancreáticas e melhorando a digestão de nutrientes.

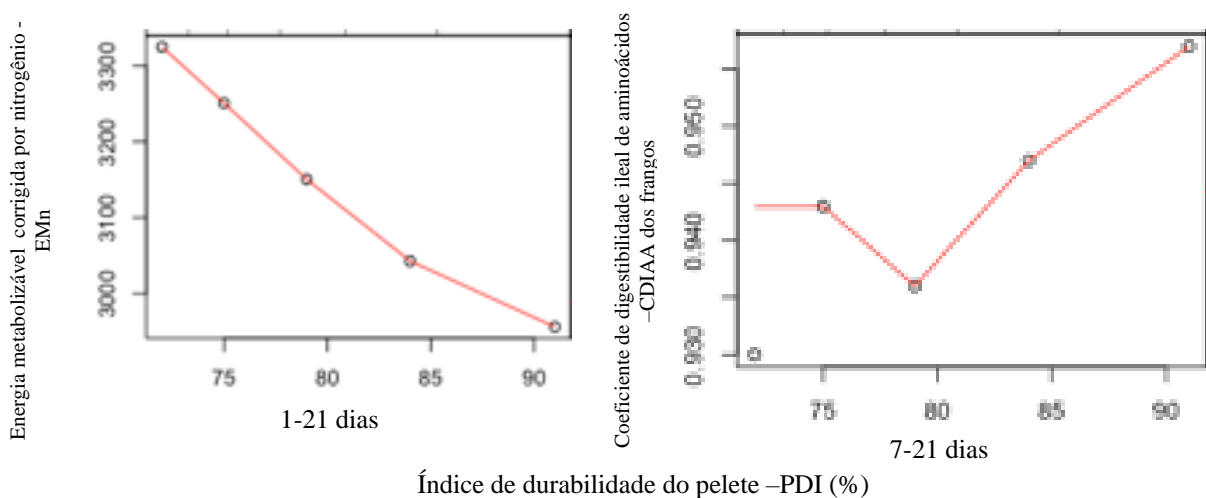
Na figura 9 se apresenta o comportamento da correlação da EM das dietas e da dureza do pelete segundo os períodos de tempo analisados.

Figura 9 - Comportamento da correlação da EM das dietas e da dureza do pelete segundo os períodos de tempo analisados



As correlações de EM e dureza, nos períodos de 1-21dias e 7 a 21 dias mostram que houve alta correlação positiva significativa ( $p < 0.001$ ), com valores de 0,90 e 0,94 respectivamente, a dureza tem relação direta com a qualidade das matérias primas, além das densidades e outras características físico químicas que são analisadas previamente pelo departamento de controle de qualidade com o objetivo de cumprir com os requerimentos nutricionais dos frangos de corte. Segundo Reimer (1992), a qualidade do pelete pode ser influenciada pelos seguintes fatores: formulação da dieta (40%), tamanho de partículas (20%), condicionador (20%), especificações da matriz (15%) e resfriamento e secagem (5%). Sendo assim, 60% da qualidade do pelete é determinada antes da ração entrar no condicionador. Na figura 10 observa-se o comportamento da correlação da EMn e CDIAA dos frangos e do PDI % segundo os períodos de tempo analisados.

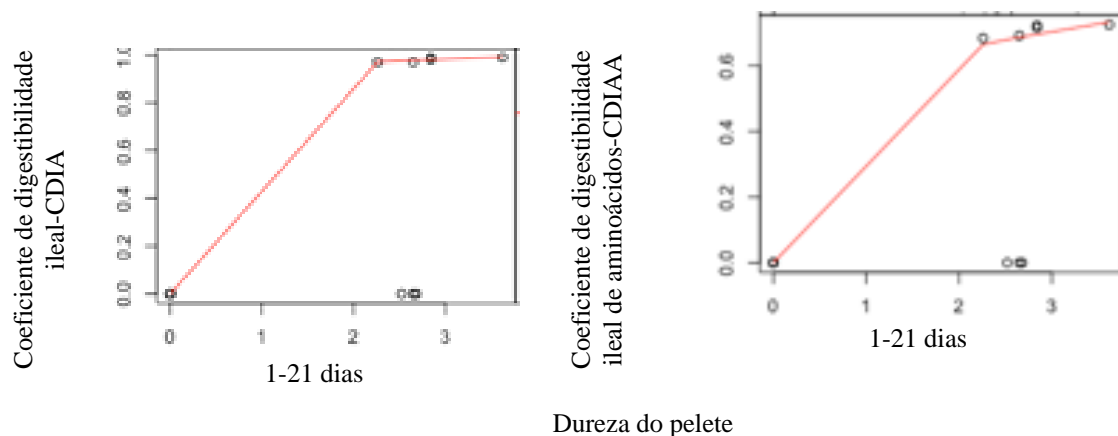
Figura 10 - Comportamento da correlação da EMn e CDIAA dos frangos e do PDI % segundo os períodos de tempo analisados



As correlações de EMn no período de 1 a 21 dias e CDIAA no período de 7 a 21 dias e o PDI, indicam que para EMn houve correlação negativa significativa ( $p < 0.01$ ), com valor

muito alto de -0,99, isso se deve a que, neste período o TGI apresenta muita imaturidade por isto tem um efeito altamente negativo. E para o CDIAA a correlação foi positiva e significativa ( $p < 0.01$ ) com valor de 0.90, porque nesta fase os frangos apresentam um maior aproveitamento dos nutrientes por efeito da cinética da digestão e de absorção dos nutrientes, fomentando a quebra dos aminoácidos. Segundo Lara et al. (2008), o tratamento térmico sofrido durante a peletização reduz microrganismos, 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. Além disso, melhora a digestibilidade, uma vez que melhora a utilização dos nutrientes e reduz o desperdício. Dietas peletizadas/trituradas proporcionaram melhores coeficiente de digestibilidade ileal aparente de matéria secas (CDIAMS), proporcionando aumento da digestibilidade da matéria seca nas dietas peletizadas em comparação às fareladas (SOUZA, 2005; LEITE et al., 2008, FREITAS et al., 2008; TEXEIRA-NETTO et al., 2014, MASSUQUETTO et al., 2014; TEXEIRA-NETTO et al., 2019). Em contraste, Esminger (1985) reporta os efeitos negativos da peletização, onde pode-se ter um impacto negativo com as vitaminas, especialmente se não tem proteção para peletização. Embora, Dozier (2001) reportaram que os processos térmicos promovem alterações das estruturas terciárias naturais das proteínas, facilitando sua digestão posterior. Na figura 11 se apresenta o comportamento da correlação da CDIA e CDIAA dos frangos e da dureza do pelete segundo os períodos de tempo analisados.

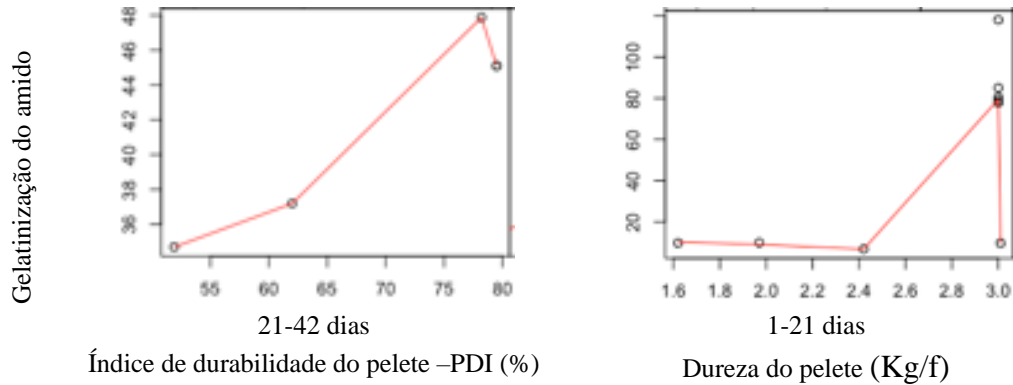
Figura 11- Comportamento da correlação da CDIA e CDIAA dos frangos e da dureza do pelete segundo os períodos de tempo analisados.



As correlações de CDIA e CDIAA em relação à a dureza, no período de 1-21 dias evidenciam correlação positiva significativa ( $p < 0.01$ ), com valor de 0,68 para ambas

variáveis. Neste caso os frangos apresentaram uma diminuição na seletividade de ração levando a poupar mais energia durante essa fase de crescimento, além de favorecer a quebra dos aminoácidos no íleo. Cutlip et al. (2008) e Texeira-Netto et al. (2019) processando termomecanicamente dietas com alta temperatura de condicionamento de vapor, observaram que pode-se aumentar a produção de peletes de alta qualidade com o potencial para melhorar o desempenho dos frangos, sem comprometer o valor nutricional de uma dieta baseada em farelo de soja e milho. Na figura 12 se apresenta o comportamento da correlação de gelatinização das dietas e do PDI % e a dureza do pelete segundo os períodos de tempo analisados.

Figura 12 - Comportamento da correlação de gelatinização das dietas e do PDI % e a dureza do pelete segundo os períodos de tempo analisados



As correlações de gelatinização tendo em conta o PDI no período de 21 a 42 dias indicam correlação positiva significativa ( $p < 0.01$ ) com valor de 0,96 e para a dureza no período de 1 a 21 dias correlação significativa de 0,70 ( $p < 0.01$ ). Para o PDI apresenta uma resposta positiva pois a temperatura de peletização é diretamente proporcional à qualidade do pelete, ou seja, com um aumento da temperatura pode se conseguir melhores respostas na gelatinização do amido, mesmo assim acontece com a dureza pois uma maior temperatura leva a um aumento na tensão superficial dos peletes aumentando a sua dureza. Para Thomas et al. (1998), a presença de água é um pré-requisito para iniciar a gelatinização do amido. Como apenas em torno de 3% de água na forma de vapor é adicionada à alimentação durante o processo de condicionamento; a água é considerada um fator limitante para gelatinizar completamente o amido. A peletização é o processamento térmico mais utilizado na indústria avícola, pois favorece o aproveitamento dos ingredientes e modifica a forma física da dieta. A pressão, umidade e temperatura empregadas por determinado tempo no processo, promovem alterações nas estruturas dos carboidratos, bem como das proteínas. De acordo com Buchanan

e Moritz, (2009) o aumento da umidade pode interagir com outros componentes da ração, auxiliando reações termomecânicas nos peletes. À medida que a temperatura aumenta, as moléculas de água atingem um estado energético mais alto, contribuindo para desestabilizar as proteínas e melhorar sua digestibilidade. Entendendo, assim que existe uma redução da tensão superficial da mistura, permitindo uma melhor ação do vapor, umidificando e permitindo um pelete mais compacto e de maior qualidade sem presença de finos. Abdollahi et al. (2011) encontraram que a dieta de peletes condicionada a 90°C e 75°C apresentavam a maior durabilidade e dureza do pelete que aquela condicionada em 60 °C, provavelmente devido à maior gelatinização e umidade. Com base nessas descobertas, parece que, embora a gelatinização do amido tenha uma grande influência na qualidade do pelete, o teor de umidade da dieta também é fundamental para a boa qualidade da ração. Segundo Zimonja e Svihus (2009) avaliaram uma melhoria significativa na digestibilidade do amido, ao nível duodenal observada nas dietas de aveia e trigo extrusadas com PDI acima de 92%, indicando que o efeito do aumento da gelatinização é mais vantajoso nos segmentos iniciais do trato gastrointestinal.

Para a análise de EM das dietas com relação ao índice de durabilidade do pelete, segundo os períodos de tempo analisados não se encontrou correlação. Isto pode explicar-se da seguinte maneira, o nutricionista ao momento de formular as dietas para frango de corte desconhece o impacto que tem a energia metabolizável com a qualidade ou dureza do pelete, ou seja oferece uma dieta para atender os requerimentos nutricionais, conhecendo as características físico químicas dos ingredientes. A qualidade do pelete é uma característica própria da fábrica, conduzida por parâmetros como tamanho da partícula, qualidade do vapor, umidade, processo de condicionamento, diâmetro e comprimento do pelete da ração atendendo dos parâmetros de qualidade estabelecidos pelo departamento de controle de qualidade. Por isto é importante considerar às pesquisas de Skoch et al. (1981), onde a adição de umidade por meio de vapor, melhora a qualidade da ração diminuindo a quantidade de finos e aumentando a durabilidade. Moritz et al. (2002) adicionaram 5% de água no misturador antes do processo de condicionamento encontrando melhor qualidade do pelete com um 87,29% de PDI e só um 70,10% de PDI nas dietas sem adição de água. Segundo Buchanan e Moritz (2009), o aumento da umidade pode interagir com outros componentes da ração, auxiliando reações termomecânicas nos peletes, então a medida que a temperatura aumenta, as moléculas de água atingem um estado energético mais alto, contribuindo para desestabilizar as proteínas e melhorar sua digestibilidade. Além disso, o impacto nos índices zootécnicos dos frangos de corte. Abdollahi et al. (2010b), avaliaram o efeito da temperatura

de condicionamento sobre qualidade dos peletes de dietas a base de milho e trigo para frangos de corte até os 21 dias de idade, testando três temperaturas de condicionamento (60°C, 75°C e 90°C), observando-se que o aumento da temperatura de 75 para 90°C resulta em melhora no índice de durabilidade do pelete (PDI) tanto em dietas a base de milho quanto de trigo. A adição da umidade por meio de vapor melhora a qualidade da ração em função da diminuição da proporção de finos e aumento da durabilidade (SKOCH et al., 1981).

Para Fahrenholz (2012), o tamanho de partícula é um dos parâmetros menos relacionados à qualidade dos peletes. Porém, 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. Por outro lado, em dietas para frangos de corte a base de milho e farelo de soja, o diâmetro geométrico médio (DGM) ideal para durabilidade de peletes deve ficar ao redor de 650-700µm (DOZIER, 2001).

De acordo com os resultados de Nir et al. (1994), a inclusão de grandes partículas de cereais nas dietas de pintainhos o mais cedo possível resulta em aumento do tamanho da moela e do nível de atividade, melhorando a digestibilidade dos nutrientes e inativando potenciais patógenos microbianos.

Lundblad et al. (2011) avaliaram o efeito de duas temperaturas de condicionamento e encontraram resultados de PDI de 98%, 96% e 93%, além disso Singh e Ravindran, (2014), avaliaram o efeito da moagem e o comprimento e diâmetro do pelete, onde eles acharam PDI de 93,9%. Abdollahi e Ravindran (2014) avaliaram a importância do diâmetro e comprimento do pelete e sua influência para obter um PDI de ótima qualidade.

Amerah et al. (2008) respeito o efeito da moagem partículas finas e grosseiras para milho e farelo de trigo encontraram índices de durabilidade acima de 91,5%. Xu et al. (2015) com três inclusões de milho grosseiro verificaram valores de PDI de 90%, 92% e 93%. Igualmente Corey et al. (2014) com inclusão de aglutinante encontraram valores do PDI de 95,5% e 96,1% e sem aglutinante 84,4% e 86,1%. Attar et al. (2019), também encontraram ótimos resultados com PDI altos acima de 90%.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

- Certamente o índice de durabilidade do pelete e a dureza da ração tem impacto positivo ou negativo no desempenho e em outros fatores de crescimento e desenvolvimento dos frangos de corte. Também essas medidas afetam a produtividade da fábrica.



- Ao mesmo tempo, é importante considerar os índices de produtividade dos frangos de corte aos índices de produtividade na fábrica de ração sendo as medidas de qualidade de peletes, associadas também a relação de custo-benefício no setor.
- Pode se desenvolver pesquisas para avaliar o desenvolvimento de estratégias para minimizar inclusão de aditivos, avaliar o impacto das propriedades biomecânicas das aves com o propósito de identificar uma verdadeira alternativa para oferecer ração de qualidade sem afetar à produtividade da fábrica, otimizando a relação horas/homem, horas/máquina, oferecendo mais tempo para na manutenção dos equipamentos e assim oferecer um produto ao consumidor final, de qualidade a baixo custo.
- Uma revisão do impacto do PDI e a dureza no desempenho dos frangos de corte, têm qualidades próprias inerentes e eficientes que podem orientar o planejamento de projetos, pesquisas e experimentos futuros, além de agregar conhecimento prévio sobre o tópico de pesquisa, contribuindo ao uso adequado de recursos humanos e econômicos.

## REFERÊNCIAS

ABADI, M.H.M.G.; MORAVEJ, H.; SHIVADAD, M.; TORSHIZI, M.; KIM, W.K. Effects of feed form and particle size, and pellet binder on performance, digestive tract parameters, intestinal morphology, and cecal microflora populations in broilers. **Poultry Science**, v. 98, n. 3, p.1432–1440, 2019.

ABDOLLAHI, M.R.; RAVINDRAN, V. Influence of pellet length on pellet quality and performance of broiler starters. **Journal of Applied Poultry Research**, v.22, p. 528–534, 2013.

ABDOLLAHI, M. R.; RAVINDRAN, V. Influence of pellet length changes at 4, 5 and 6 weeks of age and two pellet diameters on growth performance and carcass characteristics of broiler finishers. **Animal Production Science**, 54, n. 7, p., 950–955, 2014.

ABDOLLAHI, M.R.; ZAEFARIANA, F.; RAVINDRAN, V.; SELLEB, P.H. The interactive influence of dietary nutrient density and feed form on the performance of broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 239, n. 3, p. 33-43, 2018.

ABDOLLAHI, R.M.; VAN DALEN, A.B.J.; HENDRIKS, W. H.; RAVINDRAN, V. Influence of separate feeding of calcium on nutrient digestibility, energy utilisation and performance of young broilers fed pelleted wheat-based diets, **Animal Feed Science and Technology**, v. 205, p. 122-130, 2015.

ABDOLLAHI M.R.; RAVINDRAN V.; WESTER T.J.; RAVINDRAN G.; THOMAS. D.V. Influence of pellet diameter and length on the quality of pellets and performance, nutrient utilization and digestive tract development of broilers fed on wheat-based diets. **British Poultry Science**, v. 54, n. 3, p. 337- 345, 2013a.

ABDOLLAHI, M. R.; RAVINDRAN, V.; SVIHUS, B. Pelleting of broiler diets: An overview with emphasis on pellet quality and nutritional value. **Animal Feed Science and Technology**, v. 179, n. 1-3, p. 1–23, 2013b.

ABDOLLAHI, M.R., RAVINDRAN, V., WESTER, T.J., RAVINDRAN, G., THOMAS, D.V. Effect of improved pellet quality from the addition of a pellet binder and/or moisture to a wheat-based diet conditioned at two different temperatures on performance, apparent metabolisable energy and ileal digestibility of starch and nitrogen in broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.175, n. 3-4, p.150-157, 2012.

ABDOLLAHI, M.R.; RAVINDRAN, V.; WESTER, T.; 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, n. 1, p. 88– 99, 2011.

ABDOLLAHI, M. R.; RAVINDRAN, V.; WESTER, T. J.; RAVINDRAN, G.; THOMAS. D. V. Influence of conditioning temperature on the performance, nutrient utilization and

digestive tract development of broilers fed on maize- and wheat-based diets. **British Poultry Science**, v. 51, n. 5, p. 648–657, 2010a.

ABDOLLAHI, M.; RAVINDRAN, V.; WESTER, T.; RAVINDRAN, G.; THOMAS, D. Broiler performance is adversely affected by higher pelleting temperatures. **Proceedings of Nutrition Society of New Zealand**, v. 33, p. 153-158, 2008.

ALARCON, M.; SANTOS, C.; CEVALLOS, M.; EYZAGUIRRE, R.; PONCE, S. Study of the mechanical and energetic properties of pellets produce from agricultural biomass of quinoa, beans, oat, cattail and wheat. **Waste Biomass Valoriz.**, v. 8, n. 8, p.2881–2888, 2017.

ALP, E. Resource efficient feed production – impact of new technology on sustainable production processes. In XXVII Fefac congress 21-22 april. Antalya – TR. 2016.

AMORNTHEWAPHAT, N.; LERDSUWAN, S.; ATTAMANGKUNE, S. Effect of extrusion of corn and feed form on feed quality and growth performance of poultry in a tropical environment. **Poultry Science**, v. 84, n.10, p.1640-1647, 2005.

ANDRADE, E.C.; BAIÃO, N.C.; LARA, L.J.C.; ROCHA, J.S.R.; BRUMANO, G.; SALDANHA, M.M.; ABREU, A.R.C. Efeitos da granulometria e da forma física da ração sobre o desempenho de frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 68. n.2, p. 483-488, 2016.

ATTAR, A.; KERMANSHAHI, H. GOLIAN, A. Effects of conditioning time and sodium bentonite on pellet quality, growth performance, intestinal morphology and nutrients retention in finisher broiler. **British Poultry Science**, v. 59, n. 2, p. 190-197, 2018.

ATTAR, A.; KERMANSHAHI, H.; GOLIAN, A.; ABASSI POUR, A.; DANESHMAND, A. Conditioning time and sodium bentonite affect pellet quality, growth performance, nutrient retention and intestinal morphology of growing broiler chicken. **British Poultry Science**, v. 60, n. 6, p. 777-783, 2019.

AMERAH, A. M.; RAVINDRAN, V.; LENTLE, R. G; THOMAS, D. G. Influence of Feed Particle Size on the Performance, Energy Utilization, Digestive Tract Development, and Digesta Parameters of Broiler Starters Fed Wheat- and Corn-Based Diets. **Poultry Science**, v. 87, n. 11, p. 2320–2328, 2008.

BEHNKE, K.C.; BEYER, R.S. Effect of feed processing on broiler performance. In: VIII. International Seminar on Poultry Production and Pathology, Santiago, Chile. 2002.

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, n. 10, p. 1464–1471, 1999.

BUCHANAN, N.P.; LILLY, K.G.S.; GEHRING, C.K.; MORITZ, J. S. The effects of altering diet formulation and manufacturing technique on pellet quality. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 19, n. 2, p.112-120, 2010.

BUCHANAN, N.P.; MORITZ, J. S. Main effects and interactions of varying formulation protein, fiber, and moisture on feed manufacture and pellet quality. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 18, n. 2, p. 274-83, 2009.

CARDEAL, P.C.; ROCHA, J.S.R.; FERREIRA, H.C.; SANTOS, C.H.; POMPEU, M.A.; CUNHA, C.E.; BAIÃO, N.C.; LARA, L.J.C. Efeito do transporte de peletes sobre sua qualidade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 5, p.1618-1622, 2014.

COREY, A.M.; WAMSLEY, K.G.; WINOWISKI, T.S.; MORITZ, J. S. Effects of calcium lignosulfonate, mixer-added fat, and feed form on feed manufacture and broiler performance. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 23, n. 3, p.418-428, 2014.

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. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 17, n. 2, p. 249-261, 2008.

DOZIER, W.A. Pellet de calidad para obtener carne de ave más económica. **Alimentación Balance Animal**, v. 8, n. 1, p. 16-19, 2001.

DOZIER, W.A.; BEHNKE, K.C.; GEHRING, C.K.; BRANTON, S.L. Effects of feed form on growth performance and processing yields of broiler chickens during a 42-day production period. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 19, n.3, p.219-226, 2010.

DUKE, G.E. Recent studies on regulation of gastric motility in turkeys. **Poultry Science**, v. 71, p.1-8, 1992.

EVANS, A.M.; LOOP, S. A.; MORITZ, J. S. Effect of poultry litter biochar diet inclusion on feed manufacture and 4- to 21-d broiler performance. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.24, n. 3, p. 380-386, 2015.

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. (Dissertação de mestrado). 66p. Kansas State University, Kansas, 2012.

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

GARCIA, P., OLIVEIRA, L.M.S.; OLIVEIRA, N.R.; JÚNIOR, F.A.M.; SILVA, M.R.S.; CORDEIRO, D.A.; MINAFRA, C.; DOS SANTOS, R.F. Effects of processing, particle size and moisturizing of sorghum-based feeds on pellet quality and broiler production. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 31, n. 1, p. 98-105, 2018.

HETLAND, H.; SVIHUS, B.; OLAISEN, V. Effect of feeding whole cereals on performance, starch digestibility and duodenal particle size distribution in broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 43, n. 3, p. 3416-423, 2002.

KIM, J.S.; HOSSEINDOUST, A.R.; SHIM, Y.H.; LEE, S.H.; CHOI, Y.H.; KIM, M.J.; OH, S. M.; HAM, H.B.; KUMAR, A.; CHAE, B.J. Processing diets containing corn distillers' dried grains with solubles in growing broiler chickens: effects on performance, pellet quality, ileal amino acids digestibility, and intestinal microbiota. **Poultry Science**, v. 97, n. 7, p.2411–2418, 2018.

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

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.

LEITE, J.L.; RODRIGUES, P.; FIALHO, E.T.; DE FREITAS, R.T; NAGATA, A.K.; CANTARELLI, V. Efeito da peletização e adição de enzimas e vitaminas sobre o desempenho e aproveitamento da energia e nutrientes em frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1292-1298, 2008.

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

LUNDBLAD, K.K.; ISSA, S.; HANCOCK, J.D.; BEHNKE, K.C.; MCKINNEY, L.J.; ALAVI, S.; PRESTLØKKEN, E.; FLEDDERUS, J.; SØRENSEN, M. Effects of steam conditioning at low and high temperature, expander conditioning and extruder processing prior to pelleting on growth performance and nutrient digestibility in nursery pigs and broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 169, n. 3-4, p. 208–217, 2011.

MASSUQUETTO, A. Avaliação da forma física da dieta e do tempo de condicionamento no processo de peletização de dietas para frangos de corte. Dissertação de mestrado. 2014. Universidade Federal do Paraná programa de pós-graduação em zootecnia.

MASSUQUETTO, A.; DURAU, J.F.; SCHRAMM, V. G.; NETTO, M.V.T.; KRABBE, E.L; MAIORKA, A. Influence of feed form and conditioning time on pellet quality, performance and ileal nutrient digestibility in broilers. **The Journal of Applied Poultry Research**, vol. 27, n. 1, p. 51–58, 2018.

MEINERZ, C.; RIBEIRO, A.M.L.; PENZ JR., A.M. et al. 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, n. 6, p.2026-2032, 2001.

MORITZ, J. S., CRAMER, K.R., WILSON, K. J., BEYER, R. S. Feed manufacture and feeding of rations with graded levels of added moisture formulated to different energy densities. **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, WB.; MO, X. Effect of formulation density, moisture and surfactant on feed

manufacturing, pellet quality and broiler performance. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 11, n. 2, p. 155-163, 2002.

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

NADERINEJAD, S.; ZAEFARIAN, F.; ABDOLLAHI, A.M.R. Influence of feed form and particle size on performance, nutrient utilisation, and gastrointestinal tract development and morphometry in broiler starters fed maize-based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 215, p. 92-104, 2016.

NEVES, D. P; BANHAZI, T. M.; NÄÄS, I. A. Feeding behaviour of broiler chickens: a review on the biomechanical characteristics. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.16, n. 2, p. 1-16, 2014.

NIR, I.; HILLIEL, R.; SHEFET, G.; NITSAN, Z.: Effect of grain particle size on performance. 2. Grain texture interactions. **Poultry Science**, v. 73, n. 6, p.781–791, 1994.

PAPPAS, A.T.; ZOIDIS, E.V.; THEOPHILOU, N.; ZERVAS, G.; FEGEROS, K. Effects of palygorskite on broiler performance, feed technological characteristics and litter quality. **Applied Clay Science**, v. 49, n. 3, p. 276-280, 2010

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

SINGH, Y.; RAVINDRAN, V. Influence of method of wheat inclusion and pellet diameter on performance, nutrient utilization, digestive tract measurements and carcass characteristics of broilers. **Animal Production Science**, v. 55, n. 4, p. 474-483, 2014.

SINGH, Y.; RAVINDRAN, V.; WESTER, T.J.; MOLAN, A.L.; RAVINDRAN, G. Influence of prepelleting inclusion of whole corn on performance, nutrient utilization, digestive tract measurements, and cecal microbiota of young broilers. *Poultry science*, v. 93, n. 12, p. 3073-3082, 2014.

SKINNER-NOBLE, D.O.; MCKINNEY, L.J.; TEETER, R.G. Predicting effective caloric value of nonnutritive factors: III. Feed form affects broiler performance by modifying behavior patterns. **Poultry Science**, v.84, p.403-411, 2005.

SKOCH, E.R.; BINDER, S.F.; DEYOE, C.W.; ALLEE, G.L.; BEHNKE, K.C. Effects of pelleting conditions on performance of pigs fed a corn–soybean meal diet. **Journal Animal Science**, v. 57, p. 922–928, 1981.

SOUZA, R. M. Uso de complexo enzimático em rações fareladas e peletizadas para frangos de corte. Lavras. Universidade Federal de Lavras. 2005. 59 p. (Dissertação de mestrado).

SOUZA, I.M.G.P., POLYCARPO, G.V., SILVA, W.T., CASTELO, P.G., CARVALHO, F.B. Efeitos da forma física da ração sobre o desempenho e a metabolizabilidade de nutrientes em frangos de corte. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Unesp – Botucatu, São

Paulo/S. VI Simpósio de ciências da UNESP – Dracena VII encontro de zootecnia – UNESP Dracena. 2010.

SVIHUS, B. Starch digestion capacity of poultry. **Poultry Science**, v. 93, n. 9, p.2394–2399, 2014.

SVIHUS, B., JUVIK, E.; HETLAND, H.; KROGDAHL, Å. Causes for improvement in nutritive value of broiler chicken diets with whole wheat instead of ground wheat. **British Poultry Science**, v. 45, n.1, p. 55–60, 2004.

TEIXEIRA-NETTO, M.V.; MASSUQUETTO, A.; DURAU, J. F.; LIMA NETO, E. S.; KRABBE, E.; MAIORKA, A.; OLIVEIRA, S. G. Efeito da temperatura de condicionamento sobre a digestibilidade da proteína bruta e metabolizabilidade de dietas para frangos de corte. Embrapa Suínos e Aves. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2014.

TEXEIRA-NETTO, M.V.; MASSUQUETTO, A.; KRABBE, E.L.; SUREK, D.; OLIVEIRA, S.G.; MAIORKA, A. Effect of Conditioning Temperature on Pellet Quality, Diet Digestibility, and Broiler Performance. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 28, n. 4, p. 963-973, 2019.

THOMAS, M.; VAN DER POEL, A.F.B. Physical quality of pelleted animal feed. **Animal Feed Science and Technology**, v.61, n. 1-4, p.89-112, 1996.

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

XU, Y.; STARK, C. R.; FERKET, P. R.; WILLIAMS, C. M.; PACHECO, W.J.; BRAKE J. Effect of dietary coarsely ground corn on broiler live performance, gastrointestinal tract development, apparent ileal digestibility of energy and nitrogen, and digesta particle size distribution and retention time. **Poultry Science** v. 94, n. 1, p. 53–60, 2015.

ZAEFARIAN, F.; ABDOLLAHI, M. R.; V. RAVINDRAN. Starch digestion in broiler chickens fed cereal diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 209, p. 16–29, 2015.

ZIMONJA, O.; SVIHUS, B. Effects of processing of wheat or oats starch on physical pellet quality and nutritional value for broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v. 149, 3, p. 287-297, 2009.