

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**FORMA FÍSICA DA RAÇÃO, FOTOPERÍODO E
TEMPERATURA DE CRIAÇÃO NA INCIDÊNCIA DE PAPO
PENDULAR EM FRANGOS DE CORTE**

Eduardo Alves de Almeida

Engenheiro Agrícola

2018

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**FORMA FÍSICA DA RAÇÃO, FOTOPERÍODO E
TEMPERATURA DE CRIAÇÃO NA INCIDÊNCIA DE PAPO
PENDULAR EM FRANGOS DE CORTE**

EDUARDO ALVES DE ALMEIDA

Orientador: Prof. Dr. Renato Luis Furlan

Coorientador: Prof. Dr. Marcos Macari

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Zootecnia

2018

A447f Almeida, Eduardo Alves de
Forma física da ração, fotoperíodo e temperatura de criação na incidência de papo pendular em frangos de corte / Eduardo Alves de Almeida. -- Jaboticabal, 2018
iv, 97 p. : il. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2018

Orientador: Renato Luis Furlan

Coorientador: Marcos Macari

Banca examinadora: Lilian Francisco Arantes de Souza, Jorge de Lucas Junior, Roberta Passini, Silvana Martinez Beraldi Artoni.

Bibliografia

1. Disfunção metabólica. 2. Termoneutralidade. 3. Ração peletizada. 4. Temperatura fria. 5. Desenvolvimento da moela. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.084.5:636.5

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação - Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: FORMA FÍSICA DA RAÇÃO, FOTOPERÍODO E TEMPERATURA DE CRIAÇÃO NA
INCIDÊNCIA DE PAPO PENDULAR EM FRANGOS DE CORTE

AUTOR: EDUARDO ALVES DE ALMEIDA

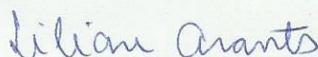
ORIENTADOR: RENATO LUÍS FURLAN

COORIENTADOR: MARCOS MACARI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em ZOOTECNIA, pela
Comissão Examinadora:



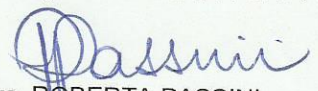
Prof. Dr. RENATO LUÍS FURLAN
Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal / FCAV / UNESP - Jaboticabal



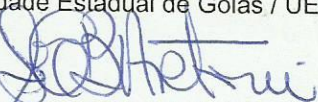
Profa. Dra. LILIAN FRANCISCO ARANTES DE SOUZA
Departamento de Zootecnia / UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista - Presidente Prudente/SP



Prof. Dr. JORGE DE LUCAS JUNIOR
Depto de Engenharia Rural / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Profa. Dra. ROBERTA PASSINI
Universidade Estadual de Goiás / UEG - Anápolis/GO



Profa. Dra. SILVANA MARTINEZ BARALDI ARTONI
Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 19 de fevereiro de 2018

DADOS CURRÍCULARES DO AUTOR

EDUARDO ALVES DE ALMEIDA nasceu na cidade de Anápolis no estado de Goiás em 21 de fevereiro de 1988. Ingressou no curso de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Goiás, em Anápolis-GO, no primeiro semestre de 2006, obtendo o título de bacharel em Engenharia Agrícola no ano de 2011. Durante a graduação, participou de diversos projetos de pesquisa tendo desenvolvido projetos nas áreas de bioclimatologia animal, construções rurais e ambiência, visando o conforto animal e sua máxima produtividade. Atuou como Bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e como voluntário em outros projetos de pesquisa, no Programa de Voluntários de Iniciação Científica (PVIC-UEG). Estagiou no Instituto Federal Goiano (IFG) – Campus Urutaí, trabalhando com Avicultura, Cunicultura e Piscicultura. Participou de projeto de pesquisa na área de bem-estar animal na Universidade de São Paulo (USP - Pirassununga), em 2011. No ano de 2011 ingressou no Mestrado pelo programa de Pós-Graduação em Zootecnia na FCAV – UNESP Jaboticabal, dedicando-se à área de Construções rurais e ambiência animal. Durante o Mestrado, estudou o efeito da substituição da cama convencional em aviário por piso plástico, observando o desempenho animal e parâmetros relacionados ao bem-estar animal. Foi bolsista FAPESP e publicou seu trabalho de mestrado no periódico Poultry Science, sendo este um dos periódicos mais conceituados na área de pesquisa em avicultura, mundialmente. Obteve o título de Mestre em Zootecnia no ano de 2014. Em março de 2014, ingressou no curso de doutorado em Zootecnia na Universidade Estadual Paulista (FCAV – Unesp/Jaboticabal), tendo desenvolvido pesquisas na área de construções rurais, ambiência e fisiologia animal. Participou de congressos renomados na área de estudo, entre eles a International Conference of Biometeorology realizada na cidade de Cleveland – Ohio (Estados Unidos) e o Congresso da Associação Latino Americana de Produção Animal (ALPA) em Puerto Varas – Chile. Foi selecionado para participar do Programa de Doutorado Sanduíche (PDSE-CAPES), permanecendo quatro meses na University of Saskatchewan (Saskatoon – Canadá), onde participou de projetos relacionados ao transporte de aves vivas, estresse por

calor e frio, parâmetros associados à incubação, entre outros. Durante o período em que permaneceu na University of Saskatchewan, Eduardo teve a oportunidade de trabalhar com pesquisadores renomados em sua área de pesquisa, resultando em colaboração nos projetos relacionados à sua tese e demais pesquisas em andamento.

“There is only one thing that makes a dream impossible to achieve: the fear of failure.”

Paulo Coelho, *The Alchemist*

AGRADECIMENTOS

Eu não poderia iniciar meus agradecimentos de outra forma que não fosse agradecendo a Deus, agradecendo pelo seu cuidado diário durante essa jornada, por nunca ter deixado me faltar nada, por ter me fortalecido em diversos momentos difíceis, nos quais eu pensei em desistir, agradecer por Ele me capacitar dia após dia, por cuidar não apenas de mim, mas de todos aqueles que eu amo.

Agradeço imensamente a minha mãe Loyd, por acreditar em mim, pelas orações e palavras de apoio, sempre me incentivando a seguir em frente. A senhora faz parte dessa vitória. Muito obrigado por ser essa mãe tão especial.

À minha avó Adelina, por acreditar em meu potencial e me apoiar durante essa longa jornada, a senhora é um grande exemplo de pessoa batalhadora e eu me orgulho muito em ser seu neto.

Às minhas irmãs Alinne e Ellen, pelo carinho e apoio, estando sempre ao meu lado (mesmo que distante).

À Universidade Estadual Paulista (Unesp) – Jaboticabal, por ter me proporcionado um ensino de extrema qualidade, e pelos melhores seis anos da minha vida.

Ao Professor Renato Luis Furlan, por ter acreditado em meu potencial lá em 2011, abrindo as portas para que eu pudesse cursar meu mestrado e doutorado em uma das melhores instituições de ensino do Brasil, pela orientação, amizade e apoio durante esses seis anos de convivência. Levo comigo o seu ensinamento de que o título de doutorado é a menor conquista dentro desse processo, o que vale mesmo é o crescimento pessoal, o conhecimento adquirido e a experiência vivida.

Ao professor Marcos Macari pela coorientação e por sempre se dispor a me ajudar na condução dos experimentos e escrita dos artigos. Tenho o senhor como o maior exemplo profissional na minha vida, e espero um dia ser pelo menos um pouco parecido com o senhor, contribuindo efetivamente para a formação das pessoas e desenvolvimento da ciência.

À empresa Cobb Vantress do Brasil, por apoiar financeiramente as pesquisas aqui apresentadas, em especial ao Flávio Henrique Araújo Silva pela atenção, colaboração e disponibilidade em ajudar sempre que necessário. Agradeço também a Lívia Espinha, por todo esforço e colaboração.

Aos professores da FCAV que fizeram parte do meu processo de formação: Euclides Malheiros, Alex Sandro, Isabel Boleli, Lizandra Amoroso, Mateus Paranhos, Silvana Artoni, Kênia Bícego, Jorge de Lucas Junior, Luciane Batalhão, Aline Sant'anna, e demais professores que compartilharam seus conhecimentos comigo durante todos esses anos. Meu muito obrigado a todos vocês.

À minha grande amiga Cintia Carol. Sua amizade foi um dos melhores presentes que já recebi na vida. Muito obrigado pelo ombro amigo quando a situação não estava legal, por compartilhar inúmeros momentos de extrema alegria e outros não tão legais, por me ouvir dezenas de vezes quando eu precisava desabafar, por sempre ter acreditado em mim, por me apoiar a realizar minha primeira viagem internacional, me fazendo acreditar que sonhos são possíveis de serem realizados. Você é a irmã que a vida me permitiu escolher, muito obrigado por ser exatamente quem você é.

Ao Lucas Vizentim por todo apoio durante minha trajetória nesse doutorado, por me encorajar a seguir em frente e acreditar em meu potencial, por ser exemplo de dedicação, competência e positividade, me inspirando a acreditar que Deus SEMPRE tem o melhor para cada um, por dividir sua família comigo, permitindo que por várias vezes eu tivesse um “almoço de mãe”, mesmo estando 700km distante da minha. Muito obrigado por tudo.

À Roberta Valença pela amizade e apoio durante todo o doutorado, juntos vivemos experiências incríveis, histórias inesquecíveis. Muito obrigado por ter sido tão presente em minha vida ao longo desses 4 anos. Seu otimismo, competência e amor fazem do mundo um lugar melhor de se viver.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de pesquisa que me permitiu cursar o doutorado. Agradeço também pela bolsa do Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE) que possibilitou minha ida e permanência na University of Saskatchewan (Saskatoon – Canadá), experiência essa que agregou conhecimentos e experiências a minha vida, permitindo me tornar um profissional ainda mais qualificado.

Ao Professor Trever Crowe, por ter aberto as portas da University of Saskatchewan, permitindo que eu tivesse a oportunidade de fazer parte da sua equipe de trabalho, pela orientação durante todo o período em que estive morando

no Canadá e pela imensa colaboração na escrita e correção de artigos. Thank you so much.

À Danuzia Marques e Carol Scarpellini pela motivação e apoio para que eu realizasse meu doutorado sanduíche no Canadá. Muito obrigado.

À Elaine Santos (Tocha) e Diana Castiblanco, pela amizade e por todo apoio durante a realização dos experimentos. Sou muito grato a vocês!

À Mariana Thimotheo pela amizade, atenção e carinho durante todos esses anos, e por ser exemplo de perseverança e dedicação.

Aos funcionários da fábrica de ração (Helinho e Lucas), setor de avicultura (Robson, Vicente e Izildo), Departamento de anatomia, fisiologia e morfologia animal (Euclides, Vagner e Marilda).

À Todos da Seção Técnica de Pós-Graduação da FCAV pela competência e dedicação com que trabalham, em especial a Márcia Natareli, Diego Mafra, e Branca Ronchidali por estarem sempre disponíveis a me auxiliar no que fosse necessário. Vocês são exemplos de competência e dedicação.

Aos amigos e amigas que fazem parte da minha vida, e que de alguma maneira colaboraram para que hoje eu conquistasse o título de doutor em Zootecnia, em especial Adriana Trinca, Sheila Tavares, Carol Nagib, Vitor Rosa, Tamiris Vicentini, Viviane Morita, Sarah Sgavioli, Lilian Arantes, Lara do Amaral, Alini Mari, Bruna Fernanda, Monique Valéria, Kássia Moreira, Franciely Costa, Karen Camille, Maria Camila, Ana Paula Dilbo, Daniel Watanabe, Fernanda Gomes, Isa Marcela, Marina Elizabeth, Raíza Silveira, e a todos os demais que fizeram parte dessa trajetória.

À Edilene Furlan por acreditar em meu potencial e investir recursos e tempo em minha formação, serei eternamente grato por todo apoio que você me deu durante esses anos.

À toda equipe da escola de idiomas English Field, em especial as professoras Flávia Monteiro, Luciana Oliveira, Danieli, Luciana Campos e Luana.

Muito Obrigado!

SUMÁRIO

1. Introdução.....	1
2. Revisão de Literatura.....	4
2.1. Papo Pendular	4
2.2. O mercado avícola	11
2.3. Disfunções metabólicas	12
2.4. Melhoramento genético.....	14
2.5. Fatores que interferem no desempenho de frangos de corte.....	15
2.6. Fatores que interferem no comportamento alimentar das aves	17
2.6.1. <i>Temperatura e umidade do ar</i>	18
2.6.2. <i>Fotoperíodo</i>	24
2.6.3. <i>Formato do alimento</i>	26
3. Referências.....	28
Capítulo 2 - Influence of rearing temperature, feed format and light program in the pendulous crop development in broilers.....	37
ABSTRACT	38
INTRODUCTION.....	39
MATERIAL AND METHODS.....	41
RESULTS.....	49
CONCLUSIONS	61
ACKNOWLEDGMENT	61
REFERENCES.....	62
Capítulo 3 – Crop situation and feed format in the carcass yield of chickens reared at two environmental conditions and Impact of the dysfunction in the gastrointestinal tract size and gut flow.....	65
ABSTRACT	66
INTRODUCTION.....	67
MATERIAL AND METHODS.....	68
Experiment 1	68
Facilities, Poultry and Management	68
Experimental Design	68
Yield of carcass and parts.....	68

Statistical Analysis	69
Experiment 2	69
Gastrointestinal tract size and gut flow.....	69
RESULTS.....	71
Experiment 1	71
Experiment 2	75
DISCUSSION.....	81
CONCLUSIONS	84
REFERENCES.....	84
Capítulo 4 – Bone mineral density, fat and lean mass in normal and pendulous crop chickens, and impact of late fasting in the development of pendulous crop	86
ABSTRACT	87
INTRODUCTION.....	87
Material and Methods.....	89
Experiment 1	89
Birds and management	89
Experimental Design	89
DXA Scanning.....	89
Statistical Analysis	90
Experiment 2	90
Birds and management	90
Experimental designing.....	91
Statistical Analysis	91
Results and Discussion	91
Experiment 1	91
Experiment 2.....	95
Conclusions.....	96
References.....	96

FORMA FÍSICA DA RAÇÃO, FOTOPERÍODO E TEMPERATURA DE CRIAÇÃO NA INCIDÊNCIA DE PAPO PENDULAR EM FRANGOS DE CORTE

RESUMO – Este trabalho foi realizado com o objetivo de estudar o efeito da forma física da ração, fotoperíodo e temperatura de criação no desenvolvimento de papo pendular em frangos de corte. O primeiro capítulo desta tese consiste na revisão bibliográfica sobre a disfunção do papo pendular, assim como de fatores ligados a criação que podem interferir na ingestão voluntária de alimentos da ave e conseqüentemente induzir o aparecimento de disfunções. No capítulo dois, conduziu-se dois experimentos, no experimento 1, estudou-se a influência de duas temperaturas de criação (termoneutra e fria) e duas formas de ração (farelo e pelete) no desenvolvimento de papo pendular em frangos de corte. No experimento 2, frangos de corte machos foram criados em duas diferentes faixas de temperatura (termoneutra e fria) e em dois fotoperíodos (24 horas contínuo e blocos de escuro). O formato da ração pode influenciar no aumento da incidência de papo pendular em frangos de corte, uma vez que houve uma maior incidência da disfunção em aves alimentadas com ração peletizada, sendo ainda a temperatura termoneutra um fator agravante no aumento da incidência de papo pendular. Não foi observada influência da temperatura e do fotoperíodo da incidência de papo pendular em frangos de corte machos. No terceiro capítulo, foram conduzidos dois experimentos, no experimento 1 avaliou-se o rendimento de carcaça e partes de aves com e sem papo pendular, criadas com diferentes formatos de ração (farelo ou pelete) e diferentes temperaturas (termoneutra ou fria). No segundo experimento avaliou-se o trânsito intestinal e peso de órgãos intestinais (papo, proventrículo e moela) de aves com e sem papo pendular. Aves com papo pendular apresentaram menor desenvolvimento de órgãos intestinais, em especial a moela (menor peso de moela cheia, vazia e conteúdo). Aves com papo pendular apresentaram trânsito intestinal mais lento, assim como menor peso corporal quando removido o conteúdo retido no papo. Aves com papo pendular apresentaram menor rendimento de carcaça e partes em relação a aves com papo normal. No quarto capítulo, foram conduzidos dois experimentos. No experimento 1 estudou-se a influência do papo pendular na composição corporal das aves (mineralização e densidade óssea, porcentagem de gordura corporal e massa magra). No experimento dois estudou-se o efeito do jejum prolongado (12 e 24h) em aves com 42 dias de idade, avaliando-se também o consumo de alimento 3, 12, 24 e 48h após a realimentação. Verificou-se que aves com papo pendular apresentaram menor deposição de gordura na carcaça em relação a aves com papo normal, assim como menor deposição de minerais nos ossos. O jejum de 24 e 48h, em aves de 42 dias, não foi capaz de induzir o surgimento de papo pendular nas aves. Mais estudos devem ser conduzidos a fim de entender melhor como se dá o desenvolvimento do papo pendular e como a disfunção afeta o desenvolvimento e bem-estar das aves.

Palavras-chave: disfunção metabólica, termoneutralidade, ração peletizada, temperatura fria, desenvolvimento da moela

PHYSICAL FORM OF THE FEED, PHOTOPERIOD, AND REARING TEMPERATURE IN THE INCIDENCE OF PENDULOUS CROP IN BROILER CHICKENS

ABSTRACT – This work was carried out with the objective of studying the effect of the physical form of the ration, photoperiod and rearing temperature on the development of pendulous crop in broiler chickens. The first chapter of this thesis consists of a bibliographical review about the pendulous crop, and the factors that can interfere with the feed voluntary intake of the bird, and consequently induce the development of the dysfunction. In Chapter 2, two experiments were carried out. In experiment 1, the influence of two breeding temperatures (thermoneutral and cold) and two feed forms (mash and pellet) on the development of pendulous crop in broiler chickens. In experiment 2, male broiler chickens were reared in two different temperature ranges (thermoneutral and cold) and two photoperiods (continuous 24 hours and dark blocks). The feed format may influence the increase in the incidence of the pendulous crop in broiler chickens since there was a higher incidence of the dysfunction in birds fed pelleted ration, being the thermoneutral temperature an aggravating factor in the increase in the incidence of the pendulous crop. It was not observed the influence of rearing temperature and photoperiod in the incidence of the pendulous crop in male broiler chickens. In the third chapter, two experiments were carried out. In experiment 1, the carcass and parts yield of chickens (normal and with pendulous crop) reared with different feed formats (mash or pellet) and different temperatures (thermoneutral or cold). In the second experiment, intestinal transit and weight of intestinal organs (gut, proventriculus and gizzard) were evaluated in broiler chickens with and without pendulous crop. Chickens with pendulous crop presented slower intestinal transit, as well as lower body weight when the crop content was removed. Broiler chickens with pendulous crop showed lower carcass yield and parts in relation to chickens with the normal crop. In the fourth chapter, two trials were conducted. In the trial 1, the influence of the pendulous crop on the body composition of the chickens (mineralization and bone density, percentage of body fat and lean mass) was studied. In experiment two, the effect of prolonged fasting (12 and 24h) on 42 days old chickens were evaluated, being measured the food consumption at 3, 12, 24 and 48h after the feedback. It was verified that birds with pendular crop presented lower deposition of the fat in the carcass in relation to birds with the normal crop, as well as lower deposition of minerals in the bones. The fasting of 24 and 48h in 42 days old chickens was not able to induce the appearance of the pendulous crop. Further studies should be conducted in order to better understand the development of pendulous crop and how dysfunction affects the development and well-being of the chickens.

Keywords: metabolic dysfunction, thermoneutrality, pelleted feed, cold temperature, gizzard development

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1. Introdução

Nos últimos anos a produção mundial de frangos de corte cresceu significativamente, sendo produzidas aves cada vez mais precoces e com elevado ganho de peso (Rodrigues et al., 2014). Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2015), a produção de aves no Brasil teve seu início a partir da década de 60, com a importação dos USA de matrizes de linhagens híbridas geneticamente melhoradas, sendo que a aquisição desse material genético de alto padrão, aliada ao árduo trabalho de pesquisadores, propiciaram significativo desenvolvimento na avicultura nacional. Entretanto, de acordo com Rosário et al. (2004), os programas de melhoramento genético que visam máxima velocidade de ganho de peso, alta eficiência alimentar, maior rendimento de carcaça e menor deposição de gordura, podem favorecer o desencadeamento de diversos problemas fisiológicos.

As aves de rápido crescimento apresentam voracidade superior às aves de crescimento lento, sendo o comportamento ingestivo dessas aves influenciado por diversos fatores, como fotoperíodo, intensidade luminosa, temperatura de criação, formato da ração, entre outros (Savory, 1976). Quando submetidas a programas de luz com período de claro/escuro, as aves utilizam o papo na estocagem de alimentos para o período de escuro, sendo a principal função do papo armazenar o alimento que o sistema digestório não irá processar no momento, tendo em vista que, por exemplo, a moela é capaz de armazenar apenas 5 gramas de alimento. Em frangos de corte alimentados com ração *ad libitum*, o papo é subutilizado, já que as aves comem menores quantidades de alimento por refeição e aumentam o número de refeições ao longo do dia.

O papo pendular é uma condição complexa que afeta frangos de corte (figura 1) e perus (figura 2). A disfunção caracteriza-se pela distensão do papo e aumento do seu volume. Com isso, o papo fica visivelmente aumentado, com conteúdo estagnado (água, alimento e cama). Neste sentido, a utilização do alimento fica prejudicada afetando o desempenho, saúde e bem-estar do animal, assim como a

produtividade do lote. As aves com papo pendular são condenadas durante o abate devido à possibilidade de contaminação pelo conteúdo do papo. A etiologia dessa disfunção não é conhecida, no entanto, acredita-se que fatores ligados ao manejo das aves podem proporcionar um aumento na incidência da disfunção. Até o presente momento, também não é conhecido nenhum tratamento eficaz contra o papo pendular, sendo necessárias pesquisas com o objetivo de identificar a etiologia da disfunção e estabelecer modificações no sistema de criação que diminuam a incidência da mesma.

Os estudos em relação ao desenvolvimento do papo pendular foram iniciados no ano de 2014, quando em parceria com a empresa Cobb Vantress, realizou-se uma série de experimentos com o objetivo de entender melhor a disfunção. A ideia inicial do trabalho era desenvolver um modelo de indução de papo pendular em frangos de corte, tentando associar os fatores ligados a criação dos frangos (fotoperíodo, temperatura de criação, formato da ração) ao desenvolvimento da disfunção. Durante a condução dos experimentos não foi verificada a possibilidade de estabelecer um modelo efetivo de indução do papo pendular em frangos de corte, uma vez que a incidência da disfunção pode estar associada a fatores mais difíceis de se controlar, como uma possível predisposição genética.

Estudos prévios realizados com aves provenientes de aviários comerciais demonstraram que frangos de corte acometidos com a disfunção do papo pendular apresentavam menor desenvolvimento corporal em relação a aves normais, com menor peso de peito e menor desenvolvimento de diversos órgãos, como moela, fígado, jejuno e bursa de Fabrício. Outro ponto preocupante em relação ao desenvolvimento do papo pendular é a questão do bem-estar, uma vez que aves acometidas pela disfunção apresentaram volume muito grande de alimento estocado no papo, sendo que esse excesso de peso tende a impactar negativamente a capacidade de locomoção das aves, representando também uma fonte de dor e sofrimento para a mesma.

Com base no exposto, este trabalho teve como objetivo estudar o efeito da temperatura de criação, formato da ração e fotoperíodo no desenvolvimento de papo pendular em frangos de corte. Estudou-se também o efeito da disfunção no fluxo

intestinal, desenvolvimento dos órgãos gástricos, quantidade de gordura, massa magra e densidade mineral óssea das aves, com e sem papo pendular.

2. Revisão de Literatura

2.1. Papo Pendular

O papo pendular é um problema complexo, que afeta perus e frangos de corte. Hinshaw e Asmundson (1936) definiram o papo pendular como anormalidade caracterizada por uma distensão temporária ou permanente da musculatura do papo, com conteúdo líquido ou semi líquido estagnado (Figuras 1 e 2). Existem poucos estudos relacionados ao desenvolvimento de papo pendular em aves, sendo a maior parte desses estudos concentrados em perus. A falta de estudos envolvendo a incidência de papo pendular em frangos de corte provavelmente deve-se ao fato de que, durante muito tempo, o número de aves afetadas pelo problema foi insignificante, sendo que somente nos últimos anos essa passou a ser uma preocupação para o setor produtivo.



Figura 1 – Ave apresentando papo pendular (esquerda) e ave com papo normal (direita). Fonte: Arquivo pessoal (2015)



Figura 2 – Peru com papo pendular. Fonte: Canadian Poultry (2016)

Entre os anos de 2014 e 2015 ocorreu um aumento na incidência de papo pendular em frangos de corte no Brasil (Ebling et al., 2015; Globo Rural, 2014; Santos, 2015). Ebling et al. (2015) reportaram incidência de 9,5% de papo pendular em uma granja experimental no estado do Rio Grande do Sul, sendo relatado ainda que esse problema representa uma grande preocupação para os produtores rurais, uma vez que aves que desenvolvem a disfunção apresentam diminuição no peso da carcaça e, conseqüentemente, impacto negativo na produtividade do lote. Os autores inferem que a disfunção do papo pendular pode estar ligada a alguma predisposição genética da ave, e que o jejum prolongado tende a provocar uma superalimentação quando o alimento é oferecido novamente, acarretando no desenvolvimento do papo pendular. Foi verificado também que, aves acometidas pela disfunção apresentaram quantidade de conteúdo no papo significativamente superior às aves saudáveis, observando-se uma média de 8 gramas de conteúdo no papo de aves saudáveis e 435 gramas em aves com papo pendular. Em um dos casos de papo pendular a ave continha 820 gramas de conteúdo no papo, valor este de mais de 100 vezes superior à quantidade observada em aves saudáveis.

Para Ebling et al. (2015) aves com papo pendular apresentam sintomas de desnutrição e desidratação, podendo esse fato estar ligado a dificuldade da ave em se alimentar e ingerir água, já que quando acometida pela disfunção a ave apresenta uma modificação no seu centro de equilíbrio, devido ao acúmulo de alimento no papo, dificultando a sua locomoção. Os autores verificaram que aves com papo pendular apresentavam peso vivo semelhante às aves com papo normal, porém, depois de eviscerada, as aves com papo normal apresentaram rendimento de carcaça 15% superior em relação às aves com papo pendular.

Em 2014 a disfunção do papo pendular foi apresentada em rede nacional (Globo Rural, 2014), com o título: “Papo dilatado gera vários problemas para os frangos” (Figura 3), onde um produtor de frangos de corte do Paraná relatou sua preocupação com alta incidência de aves com papo dilatado em sua granja. O entrevistado, médico veterinário, explicou que o desenvolvimento do papo pendular pode estar relacionado a um período de jejum prolongado (10 a 15 horas), fazendo com que a ave venha a ingerir maior quantidade de alimento após o período de restrição, sobrecarregando o papo, ocasionando a disfunção. Outro ponto levantado na reportagem foi que as aves podem ter predisposição genética ligada ao desenvolvimento do problema, que dependendo do manejo adotado, pode ou não se desenvolver. Foi relatado também que, a partir do momento em que a ave desenvolve papo pendular, não é possível reverter o quadro, sendo aconselhado nesse caso, que as aves sejam abatidas assim que o problema for identificado, já que a disfunção, além de causar perdas produtivas significantes, tende a causar grande desconforto as aves.



Figura 3 – Reportagem exibida em rede nacional sobre o problema do papo pendular. Fonte: Globo Rural (2014).

Tal fato apresenta-se como mais uma preocupação ao setor produtivo, tendo em vista que as normas de bem-estar animal estão cada vez mais rígidas, e a conscientização da população de que os animais devem ser criados sem sofrimento é algo crescente. De acordo com Costa et al. (2012), em maio de 2017 a Comissão Européia, pressionada pela demanda dos consumidores por produtos oriundos de animais criados sem sofrimento, estabeleceu novas diretrizes para o bem-estar de aves criadas em confinamento. Ainda de acordo com os autores, na União Européia existe uma preocupação crescente por parte dos consumidores sobre como as aves são criadas e abatidas, estando os europeus à frente quando o assunto é bem-estar animal.

A preocupação com o bem-estar animal durante o processo produtivo é algo crescente em nível mundial. De acordo com matéria publicada recentemente (Avicultura Industrial, 2017), para 91% dos consumidores brasileiros os produtos oriundos de animais mantidos em situação de bem-estar durante todo o processo produtivo (criação, transporte e abate) possuem qualidade superior, como características químicas e físicas mais agradáveis ao paladar. Sabendo da importância do bem-estar animal no processo produtivo, diversas empresas

sinalizaram apoio a causa e mudanças no processo de criação visando se adequar as novas exigências do mercado (Bayer, 2016; Brf, 2016; Nestlé, 2014; Marfrig, 2017). A World Animal Protection (WPA, 2016), organização que luta pelo bem-estar animal, criou um relatório que divulga um “ranking” das empresas mais e menos comprometidas com o bem-estar animal na cadeia produtiva (Business Benchmark on Farm Animal Welfare - BBAFW), pressionando ainda mais as empresas a adotarem políticas associadas ao bem-estar animal.

Santos (2015) relata que, o papo pendular apresenta-se como um risco constante de contaminação de carcaça no frigorífico, onde aves que apresentam a disfunção devem ser separadas antes do processo de evisceração. Para Santos (2015), a elevada incidência de papo pendular em frango de corte pode estar ligada a diversos fatores, como mudanças repentinas na dieta, disponibilidade irregular de água e alimento, superaquecimento na incubadora, entre outros.

Ao consultar a literatura de referência na área, é possível verificar que diversos fatores podem estar relacionados ao desenvolvimento de papo pendular em aves, incluindo genética (Asmundson e Hinshaw, 1938), fatores nutricionais (Cline et al., 1933; Wheeler et al., 1957; Wheeler et al., 1960; Harper e Arscott, 1962), temperatura de criação (Albuquerque, 1978), fotoperíodo (Vermette et al., 2016), forma física da ração (Santos, 2015), etc.

De acordo com Asmundson e Hinshaw (1938), o desenvolvimento de papo pendular em aves parece estar diretamente ligado à predisposição genética. Os autores verificaram que a predisposição genética associada ao ambiente em que a ave é criada pode resultar em menor ou maior incidência de papo pendular nas aves. Nos testes realizados por Asmundson e Hinshaw (1938) observou-se que aves provenientes de uma mesma genética apresentaram diferentes incidências de papo pendular de acordo com o ambiente em que foram criadas, uma vez que aves criadas em regiões mais quentes apresentaram maior incidência de papo pendular em relação às aves criadas em regiões mais frias. Para Cline et al. (1933), a quantidade de proteína presente na ração de perus pode ser um fator relacionado a incidência de papo pendular nas aves. Wheeler et al. (1957) verificaram incidência de papo pendular em 100% das aves quando a fonte de carboidrato da dieta foi substituída por glicose monoidratada, contra 18% de incidência quando utilizado

amido como fonte de carboidrato. Wheeler et al. (1960) também verificaram influência direta da dieta na incidência de papo pendular em perus.

Harper e Arscott (1962), ao estudarem o efeito da inclusão de sal na dieta de perus, verificaram que a adição de sal na dieta acarretou no aumento da incidência de papo pendular nas aves. No estudo, os autores não verificaram incidência de papo pendular em aves que receberam ração basal, porém, quando adicionado teor de sal igual a 4%, foi observada incidência de papo pendular em 57,6% das aves em um experimento e 27,1% em um segundo experimento. Segundo os autores, aves alimentadas com dieta rica em sal apresentam maior consumo de água, e esse maior consumo hídrico pode estar diretamente relacionado ao desenvolvimento da disfunção do papo pendular.

Albuquerque et al. (1978), ao estudarem a influência da temperatura no desempenho de perus, verificaram crescimento na incidência de papo pendular de acordo com o incremento da temperatura de criação, sendo verificada incidência desprezível da disfunção quando as aves foram mantidas a 10°C, e incidência de 2,4% em machos e 7,2% em fêmeas mantidas a 26°C. Os autores relatam ainda que quando adotada temperatura de criação de 35°C, 5,3% dos machos e 11,5% das fêmeas apresentaram papo pendular. Nesse estudo, os autores chamam atenção para o maior consumo de água por parte das aves mantidas em temperaturas quentes em relação às aves mantidas em temperaturas mais amenas, sendo essa uma possível explicação para a alta incidência de papo pendular quando as aves foram mantidas em temperatura mais quente.

Vermette et al. (2016), ao estudarem a influência do fotoperíodo na produtividade de perus, verificaram que quanto maior a duração do período de luz, maior a incidência de papo pendular. Os autores observaram incidência de papo pendular em 1,18% das aves mantidas sob 14 horas de luz e 3,49% em aves mantidas sob 23h de luz. Vermette et al. (2016) verificaram também maior incidência de papo pendular em fêmeas, assim como efeito do fotoperíodo apenas nas aves desse sexo, não observando influência do fotoperíodo no desenvolvimento de papo pendular em perus machos. Para os autores, a maior incidência de papo pendular em aves mantidas sob fotoperíodo longo está relacionada à menor utilização do papo da ave, uma vez que quando criadas com 23h de luz, as aves utilizam menos o

papo para estocar alimento, e essa subutilização pode estar relacionada a uma menor saúde do papo e ao desenvolvimento da disfunção.

Santos (2015), ao estudar a importância do manejo e inclusão de dieta peletizada para frangos de corte, verificou incidência da disfunção em 8000 aves no ano de 2014 e em 3000 aves no ano de 2015 em uma mesma granja. No trabalho foi relatado que, em certo momento, houve a substituição da ração farelada por ração peletizada, e que após essa substituição houve aumento significativo na incidência da disfunção no lote.

Além das perdas diretas relacionadas ao papo pendular como redução no ganho de peso, o prejuízo pode ser ainda maior devido à condenação de carcaças no momento do abate. De acordo com Herenda e Franco (1996) a contaminação da carcaça por conteúdo do papo pode ser pior que a contaminação por fezes. Nery (2017) enfatiza a importância de um jejum de no mínimo 4 horas antes do abate para evitar a contaminação por conteúdo intestinal no momento da evisceração. Para Santos (2015), a disfunção do papo pendular é algo visto com preocupação nos abatedouros, tendo em vista que aves acometidas pela disfunção apresentam maior quantidade de conteúdo no papo no momento da evisceração, exigindo maior cuidado a fim de evitar contaminação (Figura 4). Em estudos prévios ainda não publicados, foi observado que mesmo após um período de 12 horas de jejum, aves afetadas com papo pendular apresentaram grande quantidade de alimento no papo, representando alto risco de contaminação da carcaça no momento da evisceração.

O fato é que há uma carência de pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de papo pendular em frangos de corte, assim como estudos que possam elucidar algum tratamento eficiente para tal disfunção. As informações encontradas na literatura são insuficientes para um bom entendimento da disfunção, sendo de extrema importância a continuidade de estudos envolvendo o tema, a fim de identificar a etiologia e possíveis meios de controle da disfunção. Nos tópicos a seguir serão abordados temas relevantes para este trabalho, como o panorama mundial do mercado avícola, melhoramento genético, disfunções metabólicas, e fatores que influenciam no desempenho e no comportamento alimentar das aves.



Figura 4 – (A) ave com papo pendular, (B) retirada do papo pendular no frigorífico pelo serviço de inspeção federal. Fonte: Santos (2015)

2.2. O mercado avícola

Existem indícios de que a domesticação de frangos de corte teve início há cerca de 8000 anos, no sudeste da Ásia, onde os primeiros exemplares de aves da linhagem Red Jungle Fowl foram domesticados. De acordo com relatos históricos os romanos foram os primeiros povos que se atentaram para o potencial de exploração agrícola do frango, passando a investir no controle de doenças, alimentação e custos de produção, sendo essas aves a base das linhagens de produção atuais (Appleby et al., 2004). Entre 1961 e 2001 ocorreu um aumento de quase oito vezes na produção mundial de carne de frango, considerado esse o período onde a avicultura tomou forças para se tornar a potência atual (REGMI, 2001). Segundo o departamento de agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2017), a produção mundial de frangos de corte prevista para 2017 é de 89,5 milhões de toneladas, com

aumento de 4% nas exportações mundiais. Apesar da recente paralisação nas exportações de carne de frango por preocupações sanitárias, a exportação brasileira de carne de frango deverá crescer cerca de 10%, impulsionada pela demanda asiática (em especial pela China), atingindo 4,3 milhões de toneladas.

Farrel (2013) ressalta que a avicultura tem papel importante nos países em desenvolvimento, destacando-se como fonte de proteína de excelente qualidade, produzida com custo e tempo relativamente inferiores aos outros tipos de carne, com melhor relação produção/área e menor utilização de água, reduzindo o impacto ambiental e gerando crescimento da economia. O autor destaca que a desnutrição é um problema mundial, com aproximadamente 34% da população do sul da Ásia e 59% da população da África Subsaariana em situação de desnutrição, obtendo mais de 67% dos nutrientes da sua dieta basicamente de grãos, legumes, raízes e tubérculos. É importante frisar que as projeções de crescimento populacional mundial apontam para 8,5 bilhões de habitantes em 2030 e 9,7 bilhões em 2050 (UN, 2015), isso equivale ao crescimento de 1,2 e 2,4 bilhões de pessoas, respectivamente, em comparação com os 7,3 bilhões de habitantes atuais. Tal crescimento tende a acarretar aumento significativo na demanda global por alimentos de origem avícola nos próximos anos (FAO, 2015), sendo que atualmente a carne de frango é responsável por cerca de 30% de toda proteína consumida pela população mundial (Belova et al., 2012).

2.3. Disfunções metabólicas

Durante o processo de evolução da avicultura, os programas de melhoramento genético se atentaram principalmente para o aumento na deposição de carne e aumento da eficiência alimentar (melhora na conversão alimentar), sendo deixado de lado características funcionais, relacionadas ao desenvolvimento dos sistemas cardiorespiratório, digestivo, e esquelético. Diversas são as disfunções metabólicas que foram agravadas com o aumento do potencial produtivo das aves. Gonzales et al. (1999) ao estudarem o efeito da linhagem na incidência de desordens metabólicas em frangos de corte, verificaram que aves selecionadas para

rápido crescimento apresentaram maior suscetibilidade ao desenvolvimento de desordens metabólicas como ascite e morte súbita quando comparados com aves de linhagem de crescimento lento.

Para Buzata et al. (2015), o aumento na produtividade de carne devido à intensiva seleção genética resultou em aves mais suscetíveis a desordens metabólicas, refletindo em problemas relacionados ao crescimento, desenvolvimento, metabolismo, trocas gasosas, termorregulação, etc. Ainda de acordo com o autor, devido ao grande crescimento muscular e a alta demanda de energia por esse tecido, as aves possuem maior predisposição para desenvolver hipertensão arterial pulmonar, já que a capacidade do sistema cardiorespiratório da ave de fornecer quantidade adequada de oxigênio para os tecidos geralmente não é suficiente. De acordo com Hafez e Hauck (2005), outro efeito indireto indesejável da seleção para crescimento rápido é que o desenvolvimento de ossos e órgãos do trato gastrointestinal muitas vezes não acompanha o desenvolvimento da musculatura da ave, sobrecarregando-a.

A alta voracidade das aves de rápido crescimento pode resultar no desenvolvimento de diversas desordens metabólicas, sendo possível encontrar estudos disponíveis na literatura que abordam métodos de inibir o apetite exacerbado dessas aves. Acar et al. (1999) estudaram o efeito da suplementação de aminoácidos na dieta de frangos de corte com o objetivo de induzir a saciedade da ave e atuar como regulador de ingestão, sendo verificado que a inclusão de histidina e metionina em níveis acima do basal é capaz de causar depressão no apetite da ave, sendo esse um método efetivo no controle do crescimento rápido nas primeiras semanas de vida, possibilitando que os sistemas das aves (cardíaco, locomotor, digestório, etc.) se desenvolvam melhor em relação àquelas que se alimentam *ad libitum*. Para Van Der Klein et al. (2017), a restrição alimentar pode ser uma boa maneira de evitar o desenvolvimento de desordens metabólicas intestinais, o que dependendo da sua intensidade pode impactar na qualidade do produto final.

O bom funcionamento do trato gastrointestinal nas aves é o ponto chave para se obter o máximo desempenho do animal, sendo que fatores como a composição da dieta, forma da dieta, e sistema de alimentação podem exercer grande influência nas funções digestivas (Svihus, 2014). Wijteen et al. (2010), ao estudarem o efeito

da restrição alimentar em aves jovens, verificaram que tal manejo tende a diminuir a incidência de problemas locomotores nas aves, pois propicia ganho de peso inicial mais lento, permitindo o sistema locomotor se desenvolver proporcionalmente ao ganho de peso da ave. É possível com isso verificar que o comportamento alimentar de frangos de corte impacta, não apenas o desenvolvimento do trato gastrointestinal mais saudável, mas o bom desenvolvimento do corpo do animal como um todo. Aumentar a ingestão de alimentos pode impactar negativamente no desenvolvimento do animal, aumentando a incidência de doenças e desordens metabólicas.

2.4. Melhoramento genético

O frango moderno é resultado de milhares de anos de evolução por meios de seleção natural e artificial (Tallentire et al., 2016), sendo que para que se chegasse ao nível comercial atual, foi necessário que ocorresse forte pressão de melhoramento genético, em especial nos últimos 50 anos (Pym, 2013), com melhor conversão alimentar, menor deposição de gordura corporal e aumento do tamanho de peito (Gous, 2015). De acordo com Farrel (2016) a carne de frango se destaca como fonte de proteína de excelente qualidade, produzida a um custo significativamente inferior ao das demais fontes de proteínas (carnes bovina, ovina, suína, etc.), necessitando apenas 1,7 kg de ração para a produção de 1 kg de carne.

Em pesquisa realizada por Roberson e Schaible em 1960, verificou-se peso médio de 485 gramas para frangos de corte com 28 dias de idade, valor que representa menos de um terço do esperado na mesma idade nos dias atuais para as linhagens melhoradas (1585 gramas) (Cobb, 2015). Cherry e Barwick, ao estudarem o desempenho de frangos de corte em 1962 verificaram peso médio aos 42 dias de idade de aproximadamente 1100 gramas, cinco décadas mais tarde, em 2015 o peso médio do frango passou a ser de 3044 gramas (Cobb, 2015), um salto de mais de 360% em relação ao peso vivo do animal na mesma idade. Gous (2015) relata que em 1950 uma ave demorava aproximadamente 84 dias para atingir um peso de 1,800kg, com conversão alimentar média de 3,25, após 60 anos, em 2010,

o tempo para a ave atingir peso semelhante foi de 32 dias, com conversão alimentar média de 1,50.

Em um estudo realizado por Newell (1954) verificou-se rendimento de peito para frangos de corte abatidos com oito semanas de idade de 22,1% para machos e 23,4% para fêmeas. Jull et al. (1943) observaram rendimento de peito de 24,3% para frangos de corte machos e 24,8% para fêmeas, também abatidos com oito semanas de idade. Orr et al. (1984) obtiveram rendimento de peito de 23,6% para frangos de corte machos, e 24,0% para fêmeas. Algumas décadas mais tarde, Almeida et al. (2017) obtiveram um rendimento médio de peito de 40,4% para frangos de corte machos, e 41,2% para fêmeas abatidas com seis semanas de idade. Tais dados comprovam o quanto o frango de corte mudou nos últimos anos, apresentando uma conformação corporal diferente, com maior deposição de carne no peito em relação às aves antes ou no início dos programas de melhoramento genético, atingindo também o peso de abate em um menor período de criação.

2.5. Fatores que interferem no desempenho de frangos de corte

Juntamente com o melhoramento genético, outros fatores se desenvolveram na avicultura de corte, contribuindo para o crescimento e fortalecimento da cadeia, destacando-se a nutrição e o controle de doenças (Ravindran, 2013). Para Rizzo et al. (2010), a alimentação das aves merece papel de destaque, já que representa a maior fatia em relação a custo produtivo (cerca de 70%), sendo que aves de rápido crescimento são mais sensíveis a deficiência nutricional, tornando-se esse um fator limitante ao seu crescimento. De acordo com a tabela de desempenho (Cobb, 2015), o consumo médio de ração de machos ao longo do ciclo de produção é de aproximadamente 5,03 gramas por hora, com ganho de peso médio de aproximadamente 3,71 gramas por hora ao longo das seis semanas de criação. Sendo assim, qualquer deficiência nutricional, seja em quantidade ou qualidade, trará decréscimo à produção.

Fatores ambientais interferem diretamente no desempenho de frangos de corte (Baêta e Souza, 2010; Passini et al., 2012; Almeida e Passini, 2013). Sabe-se que

para que a ave seja capaz de expressar seu máximo potencial genético é necessário que seja fornecido um ambiente adequado, com controle rigoroso de temperatura, umidade, ventilação, luminosidade, etc. (Souza et al., 2014; Cândido et al., 2016). Aves submetidas ao estresse térmico por calor ou frio têm seu desempenho prejudicado, necessitando utilizar parte da energia que seria voltada para crescimento no processo de termorregulação (Baêta e Souza, 2010; Cândido et al., 2016). Sohail et al. (2012) observaram influência direta da temperatura de criação no desempenho de frangos de corte, sendo que aves submetidas ao estresse crônico apresentaram redução significativa no consumo de alimento (-16,4%), ganho de peso (-32,6%), e piora na conversão alimentar (+25,6%) aos 42 dias de idade. Para Hassanzadeh (2014), linhagens de aves de rápido crescimento são mais sensíveis às condições ambientais em que são criadas, já que seus parâmetros fisiológicos foram alterados ao longo do processo de seleção genética, resultando em aves de metabolismo mais acelerado, quando comparadas às aves de crescimento lento.

Deve-se também ter uma atenção especial para a sanidade na avicultura, sendo que qualquer condição adversa que venha prejudicar a saúde das aves irá resultar em perdas produtivas significativas. Um exemplo clássico de interferência das condições sanitárias do ambiente na avicultura é em relação à cama sobre a qual as aves são criadas, onde o tipo e a qualidade do material utilizado possuem forte relação com a incidência de pododermatites (Wu e Hocking, 2011; Hocking e Wu, 2013), comprometendo a saúde do animal e resultando em efeitos negativos na produtividade (Wu and Hocking, 2011; Collet, 2012). A manutenção da saúde e integridade do sistema digestório é outro fator importante que merece destaque, já que é responsável por maximizar a saúde da ave, bem-estar e o desempenho produtivo (Roberts et al., 2015), sendo essa diretamente afetada por condições adversas no ambiente, como contaminação da cama, alimento de baixa qualidade, entre outros.

Em suma, é importante ter em mente que a genética da ave associada aos fatores nutricionais e ambientais, assim como à sanidade, foram de grande importância no processo de evolução da avicultura de corte, e continuam sendo primordiais para que essa continue a se desenvolver. Controlar fatores isolados jamais teria possibilitado que a avicultura alcançasse o patamar de desenvolvimento

adquirido atualmente, com crescimento de mercado contínuo, garantindo o fornecimento de uma proteína de qualidade, com baixo custo de produção, impactando positivamente o mercado.

2.6. Fatores que interferem no comportamento alimentar das aves

As aves de rápido crescimento ingerem uma quantidade de alimento significativamente superior às aves de crescimento lento, devido à maior voracidade adquirida durante o processo de melhoramento genético (Fanatico et al., 2008). De acordo com Svihus (2014), aos 30 dias de idade, um frango de corte de uma linhagem de rápido crescimento pode consumir uma quantidade diária de ração equivalente a 10% do seu peso vivo. Nesse sentido, o trato gastrointestinal processa cerca de 7,4 gramas de ração por hora, em perspectiva, é como se uma pessoa de 75 kg tivesse uma ingestão alimentar de 450 g/hora, durante 16 horas consecutivas. Comparando-se dados presentes na literatura é possível entender o quanto o consumo alimentar das aves se modificou nos últimos anos. Cherry e Barwick (1962) observaram consumo acumulado de alimento aos 42 dias de idade de 1.911 gramas para frangos de corte machos, com ingestão aproximada de 45 gramas diária, ao passo que Almeida et al. (2017) verificaram consumo de alimento acumulado de 5.180 gramas para frangos de corte machos com a mesma idade, representando média de consumo diário de 123 gramas, valor aproximadamente 275% superior ao observado no estudo em 1962.

De acordo com Savory (1979), os mecanismos de fome e saciedade controlam os momentos em que a ave inicia e cessa a sua alimentação, sendo que a fome exerce maior controle fisiológico sobre a ave, fazendo com que ela comece a se alimentar. A saciedade não é tão eficiente em fazer com que a ave cesse a alimentação. Ainda, segundo o mesmo autor, existem indícios de que o controle da alimentação da ave seja exercido pela moela ao longo do dia e pelo papo ao final do dia. Os hormônios intestinais também desempenham importante papel como regulador de apetite nas aves, sendo que de acordo com Honda et al. (2017) esses hormônios podem ser fisiologicamente mais importantes para as aves do que para os mamíferos. Para Bokkers e Koene (2003) os frangos de corte possuem

deficiência no mecanismo de saciedade, existindo indícios de que as aves de linhagens de rápido crescimento se alimentem até que atinjam sua máxima capacidade física.

As aves, assim como os demais animais, possuem padrões comportamentais, sendo que esses caracterizam a forma com que a ave se comporta em seu estado normal. Para Kashiha et al. (2014), um dos principais sinais que serve de indicador de problemas no sistema produtivo, é o comportamento anormal dos animais, sendo que essas alterações devem ser detectadas logo no início, a fim de se evitar prejuízos ao bem-estar e à produtividade. De acordo com Saltorato et al. (2013), a avaliação do comportamento das aves durante um determinado período de tempo, ajuda na verificação dos efeitos do ambiente sobre os animais, sendo ainda importante que se tenha precisão nas técnicas utilizadas para essa finalidade, afim de verificar com eficácia as modificações nos padrões comportamentais.

Diversos fatores contribuem para alterações no padrão de comportamento alimentar das aves. Para Savory (1979) variações no comportamento alimentar estão associadas a fatores como linhagem, idade, estado reprodutivo, dieta, tamanho de partícula do alimento, ambiente e iluminação. Vermette et al. (2016) ao encontrar maior suscetibilidade ao desenvolvimento de papo pendular em perus fêmeas, justificaram seus achados como uma possível interferência do sexo no comportamento alimentar das aves, sendo que pode haver diferença comportamental entre machos e fêmeas, como frequência de idas ao comedouro e quantidade ingerida por refeição. Para Furlan e Macari (2002), outros fatores como disponibilidade de água e qualidade do alimento podem ocasionar mudanças no comportamento ingestivo das aves. Nos tópicos a seguir serão discutidos a influência dos fatores ambientais (temperatura do ar, umidade relativa, fotoperíodo), assim como o processamento de ração, sobre os padrões comportamentais ingestivo das aves.

2.6.1. Temperatura e umidade do ar

Os fatores ambientais exercem influência direta sobre o comportamento e desempenho de frangos de corte de linhagens de rápido crescimento. De acordo

com Fontana et al. (2015), o desempenho das aves está fortemente condicionado aos parâmetros ambientais, como temperatura do ar, umidade relativa, qualidade da cama e velocidade do ar. Para Passini et al. (2012), os fatores ambientais atuam em conjunto na criação de um ambiente produtivo adequado para as aves, sendo que o controle isolado de um determinado fator não é capaz de proporcionar resultados satisfatórios do ponto de vista de desempenho produtivo. O fato é que a concepção de um ambiente adequado é de grande importância para que aves mantidas em confinamento não tenham gasto excessivo de energia na dissipação do excesso de calor (estresse por calor) ou na produção de calor (estresse por frio), mantendo-se a condição ambiental dentro da faixa de conforto para o animal, garantindo uma melhor produção.

A temperatura de criação exerce influência direta sobre o bem-estar e comportamento das aves, sendo que, de acordo com Dias et al. (2016), a temperatura é uma das variáveis mais importantes que interfere no ambiente de criação para as aves. Cada espécie animal possui uma zona de conforto térmico diferente, variando ainda dentro da espécie em função da idade, nível nutricional, fase de produção, genética, etc. Para aves recém-nascidas, a zona de termoneutralidade ou zona termoneutra encontra-se em torno de 32°C à 35°C, enquanto que para aves adultas a zona de conforto térmico encontra-se entre 18°C e 28°C (Baêta e Souza, 2010). Ainda de acordo com Baêta e Souza (2010), a temperatura e a umidade do ar estão correlacionadas com conforto térmico da ave, tendo em vista que em situações cujas temperaturas estejam muito elevadas, o principal meio de dissipação do calor pelas aves é a evaporação, sendo a eficiência da dissipação de calor diretamente ligada à umidade relativa do ar.

Quando o animal encontra-se fora da sua zona de conforto térmico há comprometimento da produção, podendo ocorrer problemas com altas taxas de mortalidade, saúde do animal, redução no ganho de peso e qualidade do produto final (Rodrigues, 2010). De acordo com Baêta e Souza (2010), as respostas dos animais em relação ao estresse térmico se dividem em duas classes: reações fisiológicas e comportamentais. As reações frente ao estresse variam de espécie para espécie, e dentro da espécie, de acordo com estágio de desenvolvimento, nutrição, saúde, etc. Para Medeiros et al. (2005), frangos criados em ambientes

térmicos considerados confortáveis tendem a se manter tranquilos, normalmente dispersos, se alimentando de forma satisfatória e apresentando bons índices de produtividade.

Prince et al. (1965) ao estudarem o efeito da temperatura de criação e umidade relativa do ar, verificaram que em situação onde a temperatura do ar é baixa, a umidade relativa do ar não exerce tanto efeito no bem-estar da ave quanto em situações de elevadas temperaturas. Os autores verificaram que valores de umidade relativa do ar muito altos podem ocasionar diminuição do ganho de peso das aves, sendo esse fato associado ao dispêndio de energia na termorregulação corporal. William d. Weaver e Meijerhof (1991) também verificaram influência negativa de altos valores de umidade relativa no desempenho de frangos de corte, quando criados em temperaturas mais altas.

Winn e Godfrey (1967) classificaram umidade relativa acima de 80% como “muito úmido”, sendo que em situações onde a temperatura do ar supere 26,7°C, valores altos de umidade relativa do ar podem ser prejudiciais as aves.

Para Schiassi et al. (2015) é importante ressaltar que, embora os frangos de corte tenham capacidade de adaptar o comportamento às variações do ambiente térmico, não é recomendado que ocorra grande variação na temperatura do ambiente nas instalações de produção. Para os autores, mesmo que o animal consiga dissipar o excesso de calor, os mecanismos de dissipação consomem energia que deveria ser voltada para a produção (carne ou ovos), além do fato de que animais em situação de estresse térmico (calor) reduzem a ingestão de alimento, o que impacta diretamente na produção. Quando submetidas ao estresse por calor, as aves tendem a diminuir o consumo alimentar na tentativa de reduzir a produção de calor metabólico mantendo a homeostase (Lara e Rostagno, 2013), ao passo que aves em estresse pelo frio tendem a consumir maior quantidade de alimento, utilizando parte da energia consumida no processo de termorregulação.

Cada animal tende a expressar mudanças de comportamento quando são submetidos ao estresse calórico. Em aves, as principais modificações comportamentais associadas ao estresse calórico são: aumento do consumo de água, abertura do bico e elevação na taxa de respiração (ofego), abertura das asas com o objetivo de aumentar a superfície de dissipação de calor por convecção e, em

situação de estresse severo, tendem a ficar prostradas na tentativa de aumentar as trocas térmicas por condução com o solo e diminuir a produção de calor por atividade muscular (Ferreira, 2005).

Mack et al. (2013), ao estudarem os efeitos do estresse térmico sobre o comportamento de poedeiras, verificaram que aves submetidas à temperatura de criação acima da temperatura de conforto térmico (estresse por calor) apresentaram modificações no padrão comportamental, com redução da atividade locomotora e passando mais tempo deitadas, assim como menor ingestão de alimento e menor consumo de água. Resultados semelhantes foram encontrados por Schiassi et al. (2015) que, ao estudarem o efeito do estresse por calor em aves durante a primeira e segunda semana de vida, verificaram que as aves tendem a aumentar o tempo em que permanecem no bebedouro e diminuir o tempo de permanência no comedouro, evidenciando uma queda no consumo de alimentos e aumento no consumo de água.

Syatman et al. (2012) observaram que, aves criadas em situação de conforto térmico despendem 3,3% a mais de tempo se alimentando em relação a aves mantidas em situação de estresse por calor, observando-se também que aves mantidas sob situação de estresse térmico apresentaram tempo de ofegação 42% maior em relação às aves mantidas em situação de conforto térmico. Foi observado também um decréscimo no consumo de alimento, consumo de proteína e energia, e menor ganho de peso para as aves mantidas em estresse térmico. Mutivbu et al. (2017), ao estudarem o comportamento de três linhagens de frangos caipiras em condição de estresse térmico verificaram que as aves criadas em regiões cuja as médias de temperatura do ar são superiores à temperatura de conforto térmico gastam mais tempo se alimentando e ingerindo água nas primeiras horas do dia (07:00h) e ao final do dia (17:00h). Esse comportamento associado à diminuição do estresse térmico devido aos valores menos elevados de temperatura ambiente neste horário, sendo que nos horários mais quentes as aves tendem a permanecer prostradas e ofegando, comportamento esse atribuído a dissipação de calor por condução (maior contato do corpo da ave com a superfície mais fria) e por evaporação respiratória (ofegação), respectivamente.

Souza et al. (2016) ao estudarem os efeitos do estresse calórico contínuo e cíclico em frangos de corte, verificaram que o estresse contínuo tende a causar

efeitos mais severos na fisiologia e no desempenho de frangos de corte machos, onde frangos submetidos ao estresse térmico contínuo dos 21 aos 42 dias de idade apresentaram uma queda no ganho de peso de 36% e uma redução na digestibilidade de proteínas de 9,7% e de 32,4% no metabolismo energético. O fato dos machos serem mais sensíveis ao estresse térmico está ligado à maior massa muscular da ave e conseqüentemente maior metabolismo energético. Quinteiro-Filho et al. (2010) ao estudarem os efeitos do estresse calórico em aves na última semana de criação (35 a 42 dias) verificaram aumento significativo na mortalidade das aves, além de queda no desempenho, com diminuição do ganho de peso e consumo alimentar, sendo verificado também que quando as aves são submetidas a uma situação de estresse mais agudo ($36^{\circ}\text{C} \pm 1$) ocorre prejuízo significativo na conversão alimentar. Soleimani et al. (2011) observaram que aves geneticamente selecionadas para crescimento rápido apresentam maior sensibilidade ao estresse térmico em relação a aves de crescimento lento, fato esse ocasionado pelas alterações fisiológicas ocorridas durante o processo de seleção.

Vale ressaltar que não é apenas o estresse por calor que causa modificações no comportamento alimentar da ave e em seu desempenho, o estresse por frio também provoca modificações nos padrões comportamentais das aves prejudicando seu desempenho. Ide et al. (2017) (1) relataram que o estresse por frio provoca mudanças fisiológicas nas aves mesmo antes da eclosão, verificando-se que o frio próximo à eclosão diminui a taxa de respiração do embrião, sendo que quando a taxa metabólica encontra-se entre 20 e 30% da normotermia a respiração do embrião cessa, devido ao hipometabolismo. Ide et al. (2017) (2), relataram que existe uma correlação entre o decréscimo do consumo de oxigênio de embriões de aves submetidos à hipotermia com a diminuição dos batimentos cardíacos, sendo que quando submetidos ao estresse pelo frio o metabolismo do embrião diminui (hipometabolismo), com redução dos batimentos cardíacos, levando a uma diminuição no volume de oxigênio consumido.

Para Mujahid (2010), até a primeira semana de idade o metabolismo da ave se comporta com um pecilotermo, ou seja, a temperatura do corpo varia de acordo com a temperatura do ambiente. Após a primeira semana o sistema termorregulatório da ave encontra-se mais desenvolvido e essa passa a se comportar como homeotermo,

mantendo a temperatura corporal estável através de mecanismos fisiológicos e comportamentais. O nível de sensibilidade ao estresse pelo frio tende a ser maior quanto mais jovem é a ave, sendo que de acordo com Baêta e Souza (2010) o pintinho possui grande relação entre área/volume corporal, o que dificulta a retenção do calor corporal, assim essa relação vai diminuindo ao longo do crescimento da ave, e essa vai ser tornando mais resistente ao frio.

De acordo com o manual de manejo (Cobb, 2012), a manutenção da temperatura correta durante os primeiros 14 dias da ave é de suma importância para o bom desenvolvimento da mesma, sendo que a melhor forma de observar o conforto térmico é avaliando seu comportamento, onde pintinhos em situação de conforto térmico tendem a se manterem espalhados uniformemente na instalação. Schiassi et al. (2015), ao estudarem o comportamento de frangos de corte submetidos ao estresse por frio, durante a primeira semana de criação, verificaram mudança nos padrões comportamentais, observando que essas permaneceram maior parte do tempo agrupadas, sendo esse um mecanismo comportamental que visa diminuir a perda de calor para o ambiente, promovendo uma piora no desempenho.

A manutenção do bem-estar da ave na primeira semana está diretamente ligada ao desempenho da ave durante todo o ciclo produtivo. De acordo com Teixeira et al. (2009), a ocorrência de desconforto térmico, na primeira semana de vida das aves promove redução do peso corporal e piora na conversão alimentar até ao final do ciclo produtivo. Para os autores, a ave utiliza parte da energia que deveria ser utilizada no seu desenvolvimento inicial para se termorregular, resultando num desenvolvimento inicial aquém do necessário, impactando de maneira significativa a produtividade durante todo ciclo.

Ipek e Sahan (2006) estudaram o desempenho de frangos de corte mantidos em situação de estresse por frio, até a terceira semana de criação. Os autores verificaram que aves mantidas em temperaturas inferiores às de termoneutralidade apresentaram ganho de peso significativamente inferior em relação às aves mantidas em conforto térmico, sendo observado também um maior consumo de ração acompanhado de uma piora na conversão alimentar. Foi evidente o efeito negativo do estresse pelo frio no desempenho produtivo das aves, onde essas

tiveram que ingerir uma maior quantidade de alimento, contudo, esse alimento não foi convertido em carne, e sim em energia térmica para manter a homeotermia.

De acordo com Miyumo (2016), além do aumento do consumo de ração em situação de estresse por frio, ocorre decréscimo na ingestão de água, sendo que, dependendo do nível de estresse, a ave pode ter o seu sistema imunológico prejudicado, causando aumento na morbidade e mortalidade. Ainda de acordo com Miyumo (2016), o aumento na ingestão de alimentos com o objetivo de produzir calor e manter a temperatura do corpo provoca um desperdício de nutrientes, que não são necessários na produção de calor. Assim, em casos de estresse por frio recomenda-se aumentar o nível energético da ração, com a utilização de óleos ou gorduras, com o objetivo de aumentar a produção de calor da ave sem que haja um desperdício demasiado de ração.

Fica evidenciado que a manutenção da temperatura dentro da faixa de conforto térmico durante a vida da ave é de extrema importância, tanto em relação ao bem-estar animal, quanto em relação aos aspectos produtivos, sendo que valores de temperatura muito acima ou muito abaixo da temperatura tida como de conforto térmico, tendem a ocasionar mudanças nos padrões comportamentais e fisiológicos, comprometendo o desempenho produtivo.

2.6.2. Fotoperíodo

O fotoperíodo exerce grande influência sobre o comportamento alimentar das aves. Aves mantidas sob um sistema de iluminação contínua tendem a manter um ritmo de alimentação constante, se alimentando praticamente de hora em hora, ingerindo uma menor quantidade de alimento por refeição quando comparadas com aves mantidas em sistema de iluminação intermitente, onde as aves tendem a consumir uma quantidade maior de alimento em determinados períodos do dia (Savory, 1979). Ainda de acordo com Savory, aves submetidas a programas de luz tendem a aumentar o consumo de ração nos momentos que antecedem o período de escuro, utilizando o papo para estocar alimento para o período em que ficarão sem se alimentar.

Irving et al. (1967) verificaram que aves silvestres abatidas no Alasca ao final do dia (começo da noite) apresentaram maior quantidade de alimento estocado no papo em relação às aves abatidas em outros horários do dia, sendo verificado também que no inverno, quando as noites são mais longas, as aves tendem a estocar mais alimento no papo ao final do dia em relação às outras estações do ano. Tais achados evidenciam o papel do fotoperíodo no comportamento alimentar das aves, onde essas passam a estocar maiores quantidades de alimento no papo ao final do dia, objetivando manter um estoque energético durante o período de privação de alimentos (período escuro). De acordo com Savory (1979) quanto maior a quantidade de alimento ingerido pela ave ao final do dia, maior será o tempo em que a ave irá processar esse alimento e, conseqüentemente, menor será a quantidade de alimento que essa ave irá ingerir no início do dia, já que ela terá maior sensação de saciedade. Inversamente a isso, aves que não estocam muita quantidade de alimento no papo antes do final do dia possuem falta de alimento no seu trato digestório durante o período de escuro, ficando muito tempo sem alimento e, conseqüentemente, ingerindo uma maior quantidade de alimento pela manhã, em função da maior sensação de fome.

Savory (1976) verificou que galos mantidos em regime de luz constante e que tiveram o regime de luz mudado para 12:12 (L/D) modificaram seu comportamento alimentar, sendo que na primeira semana passaram a comer mais nas primeiras horas do dia, e com o tempo foram mudando o padrão de comportamento alimentar, comendo maior quantidade de alimento ao final do dia, utilizando o papo para estocar esse alimento. Isto possivelmente ocorreu por que as aves associaram o crepúsculo ao início do escuro, e desenvolveram o comportamento de estocar alimento para o período de privação. Ainda segundo o autor, o comportamento alimentar da ave influencia na quantidade de alimento que ela irá processar. A maior ingestão de alimentos pelas aves no período da manhã está relacionada à maior duração do período de escuro, fato esse explicado porque as aves que consomem mais alimento de manhã ficam um bom tempo sem a passagem de alimento pelo intestino, enquanto que aves que possuem pico de alimentação ao final do dia possuem um tempo significativamente inferior de falta de alimento no intestino em relação às outras aves, ou até mesmo não apresentam essa falta.

2.6.3. *Formato do alimento*

O formato ou o tamanho da partícula do alimento exerce influência direta no consumo alimentar das aves. Davis et al. (1951) verificaram que a substituição do milho farelado por milho grosseiramente moído na ração de frangos de corte resultou em uma menor homogeneidade do lote, assim como em menor desempenho produtivo. Segundo os autores, o padrão alimentar observado nas aves foi o de selecionar e ingerir as partículas maiores, evitando partículas menores presentes no alimento. Davis et al. (1952) verificaram que a idade da ave influencia na seleção do alimento, verificando-se que aves mais novas selecionam menos o tamanho de partícula do alimento em relação a aves mais velhas. De acordo com Portella et al. (1988), aves mais novas tendem a preferir ração com partículas superiores a 1,18mm e, aves mais velhas, superiores a 2,36mm.

Blamberg et al. (1964) observaram que aves alimentadas com ração peletizada apresentaram consumo alimentar 7% superior as aves alimentadas com a mesma dieta de forma farelada. Para Lópes e Baião (2004), a peletização da ração provoca aumento de consumo e evita que o frango selecione as partículas, o que melhora a eficiência alimentar. Dahlke et al. (2001) verificaram menor ingestão de alimentos em aves alimentadas com ração finamente moída em relação as aves alimentadas com ração moída mais grosseiramente. Freitas et al. (2008) observaram maior consumo de ração para aves alimentadas com ração peletizada em relação a aves alimentadas com ração farelada, sendo que o maior consumo influenciou em um melhor ganho de peso e conversão alimentar.

Diversos outros trabalhos apontam para a influência do tamanho da partícula do alimento ou do formato da ração no comportamento ingestivo das aves, e como isso pode influenciar no desenvolvimento da mesma. O fato é que o sistema gastrointestinal das aves trabalha de forma intensa na quebra dos alimentos e absorção dos nutrientes, e esse aumento na ingestão de alimentos pode ser positivo ou negativo. O aumento do consumo de alimentos pode acarretar no aumento da produção de carne e melhora da eficiência alimentar, mas ao mesmo tempo pode

sobrecarregar o organismo do animal, acarretando no aumento da incidência de desordens metabólicas nos mesmos.

3. Considerações Finais

O papo pendular é um problema sério, que compromete a saúde, bem-estar e desenvolvimento das aves. Diversos fatores parecem estar diretamente ligados à incidência e desenvolvimento da disfunção, como fatores genéticos, nutricionais e ambientais. A literatura consultada indica que o melhoramento genético em aves priorizou maior produção de carne em menor tempo de criação, assim como melhora na conversão alimentar e menor deposição de gordura na carcaça, ficando de lado o desenvolvimento de sistemas importantes, como o locomotor, circulatório e gastrointestinal. Tais modificações deixaram as aves mais suscetíveis a desordens metabólicas, como problemas locomotores, ascite e papo pendular.

Os dados apresentados nessa revisão permitem uma melhor compreensão da disfunção do papo pendular e dos fatores que podem estar associados ao aumento na incidência da disfunção. Estudos envolvendo o tema são necessários a fim de elucidar a etiologia do problema, assim como entender como os fatores externos podem contribuir no desenvolvimento da disfunção. Ao longo desta tese serão apresentados dados de pesquisas que objetivaram uma maior compreensão do papo pendular, como a temperatura de criação, fotoperíodo e forma física da ração impactam na incidência da disfunção, assim como entender como a disfunção impacta o desempenho e bem-estar das aves.

3. REFERÊNCIAS

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **História da Avicultura no Brasil**. Disponível em: < <http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/a-avicultura-brasileira>>. Acesso em: 18 set. 2015.

ACAR, N.; PATTERSON, P. H.; BARBATO, G. F. Appetite suppressant activity of supplemental dietary amino acids and subsequent compensatory growth of broilers. **Poultry Science**, Oxford, v. 80, p. 1215–1222, 2001.

AGRONEWS. **Consumidor se importa e valoriza empresas que se preocupam com bem-estar animal**. Disponível em: <<https://agronews.tv.br/consumidor-se-importa-e-valoriza-empresas-que-se-preocupam-com-bem-estar-animal/>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

ALBUQUERQUE, K., A. T. LEIGHTON, JR., J. P. MASON, JR., L. M. POTTER. The effects of environmental temperature, sex and dietary energy levels on growth performance of large White turkeys. **Poultry Science**, Oxford, v.57, p.353–362, 1978.

ALMEIDA, E. A.; PASSINI, R. Thermal comfort in reduced models of broilers' houses, under different types of roofing materials. **Engenharia Agrícola**, v. 33, p. 19-27, 2013.

ALMEIDA, E. A.; SOUZA, L. F. A.; SANT'ANNA, A. C.; BAHIENSE, R. N.; MACARI, M.; FURLAN, R. Poultry rearing on perforated plastic floors and the effect on air quality, growth performance, and carcass injuries - Experiment 1: Thermal Comfort, **Poultry Science**, v.96, p. 3155–3162, 2017.

APPLEBY, M. C.; MENCH, J. A.; HUGHES, B. O. **Poultry Behaviour and Welfare**. Wallingford, Oxfordshire, UK ; Cambridge, MA, USA. 256 p. 2004.

ASMUNDSON, V. S.; HINSHAW, W. R. On the Inheritance of Pendulous Crop in Turkeys (Meleagris Gallopavo), **Poultry Science**, v.17, p. 276–285, 1938.

AVICULTURA INDUSTRIAL. **Consumidor se importa e valoriza empresas que se preocupam com bem-estar animal**. Disponível em: <<https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/consumidor-se-importa-e-valoriza-empresas-que-se-preocupam-com-bem-estar-animal/20170831-162521-g645>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: Conforto animal**. 2.ed. Lavras: Editora UFV, 2010, 269 p.

BAYER. **O que é bem-estar para a Bayer?** Disponível em: <http://www.tratarbem.com.br/>. Acesso em: 12 nov. 2017.

BELOVA, A. V.; SMUTKA, L.; ROSOCHATECKÁ, E. World chicken meat market - Its development and current status. **Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis**. v.4, p.15–30, 2012.

BLAMBERG, D. L.; BOSSARD, E. H.; COMBS, G. F. Influence of energy intake on egg weight with diets varying in fat content and physical form. **Poultry Science**, v. 43, p. 1304- 1310, 1964.

BOKKERS, E. A. M.; KOENE, P. Eating behaviour, and preprandial and postprandial correlations in male broiler and layer chickens, **British Poultry Science**, v.44, p. 538-544, 2003.

BRF. **Bem-estar animal é compromisso da BRF**. Disponível em: < <https://www.brf-global.com/portasabertas/bem-estar-animal-compromisso-da-brf.html>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

BUZAŁA, M., JANICKI, B.; CZARNECKI, R. Consequences of different growth rates in broiler breeder and layer hens on embryogenesis, metabolism and metabolic rate: A review. **Poultry Science**, v. 94, p. 728–733, 2015.

CANADIAN POULTRY. **Feed Efficiency in Turkeys**. Disponível em: <<https://www.canadianpoultrymag.com/production/new-technology/feed-efficiency-in-turkeys-18402>>. Acesso em: 13/11/2017.

CÂNDIDO, M.G.L.; TINÔCO, I.F.F.; PINTO, F.A.C.; SANTOS, N.T.; AND ROBERTI, R.P. Determination of thermal comfort zone for early-stage broilers. **Engenharia Agrícola**, v. 36, p. 760-767, 2016.

CHERRY, P.; BARWICK, M.W. The effect of light on Broiler growth. **British Poultry Science**, v.3, p.41-50, 1962.

CLINE, L. E. **Turkey Production**. New York: Orange Judd. 1933. 436 p.

COOB. **Broiler management guide**. 2012. Disponível em: <<http://www.cobb-vantress.com/docs/default-source/management-guides/broiler-management-guide.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2017.

COBB. **Broiler Performance and Nutritional Supplement** (2015). Disponível em: <http://www.cobb-vantress.com/docs/default-source/cobb-500-guides/Cobb500_Broiler_Performance_And_Nutrition_Supplement.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2016.

COLLET, S. R. Nutrition and wet litter problems in poultry. **Animal Feed Science and Technology**, v.173, p.65 - 75, 2012.

COSTA, L.S.; PEREIRA, D.F.; BUENO, L.G.F.; PANDORFI, H. Some aspects of chicken behavior and welfare. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.14, p. 159-164, 2012.

DAHLKE, F.; RIBEIRO, A.M.L.; KESSLER, A.M.; LIMA, A.R. Tamanho da partícula do milho e forma física da ração e seus efeitos sobre o desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 3, p. 241-248, 2001.

DAVIS, R. L.; HILL, E.G.; SLOAN, H. J.; BRIGGS, G. M. Detrimental effect of corn of coarse particle size in rations for chicks. **Poultry Science**, v.30, p. 325-328, 1951.

DAVIS, R. L.; BRIGGS, G. M.; SLOAN, H. J. The Modulus of Ground Corn in a Corn-Soybean Oilmeal Chick Starting Ration. **Poultry Science**, v. 31, p. 745–746, 1952.

DIAS, A. N.; MACIEL, M. P.; AIURA, A. L. O.; AROUCA, C. L. C.; SILVA, D. B.; MOURA, V. H. S. Linhagens de frangos caipiras criadas em sistema semi-intensivo em região de clima quente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, p.2010-2017, 2016.

EBLING, P.D.I.; PONTALTI, G.C.I.; VILLANUEVA, A.P.I.; RIBEIRO, A.M.L.I. Pendulous Crop in Broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.17, p.395-398, 2015.

FANATICO, A. C.; PILLAI, P. B.; HESTER, P. Y.; FALCONE, C.; MENCH, J. A.; OWENS, C. M.; EMMERT, J. L. Performance, Livability, and Carcass Yield of Slow and Fast-Growing Chicken Genotypes Fed Low-Nutrient or Standard Diets and Raised Indoors or with Outdoor Access. **Poultry Science**, v. 87, p. 1012-1021, 2008.

FAO - **Food and Agriculture Organization of the United Nations 2015**. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/005/y4252e/y4252e07.htm>>. Acesso em: 21 jul. 2015.

FARREL, D. **The role of poultry in human nutrition**. (2013) Disponível em: <<http://www.fao.org/3/86dd3cfa-0096-52d3-a9c0-762921dc2a9/i3531e.pdf#page=8>>. Acesso em: 01 mai. 2017.

FERREIRA, R.A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005. 371p.

FONTANA, I.; TULLO, E.; BUTTERWORTH, A.; GUARINO, M. An innovative approach to predict the growth in intensive poultry farming. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 119, p. 178–183, 2015.

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

FURLAN, R.; MACARI, M. **Motilidade Gastrintestinal**. In: Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte. FUNEP/UNESP (Jaboticabal), 2002. 375p.

GLOBO RURAL. 2014. **Papo dilatado gera vários problemas para os frangos.** Disponível em: < <https://globoplay.globo.com/v/3385066/>>. Acesso em: 21 Jun. 2017.

GONZALES, E.; BUYSE, J.; SARTORI, J. R.; LODDI, M. M.; DECUYPERE, E. Metabolic disturbances in male broilers of different strains. 2. Relationship between the thyroid and somatotropic axes with growth rate and mortality. **Poultry Science**, v. 78, p. 516–521, 1999.

GOUS, R.M. **A Model to Optimize Broiler Productivity.** In: Nutritional Modelling for Pigs and Poultry. CABI International. 2015. 319 p.

HAFEZ, H. M., HAUCK, R. **Genetic selection in turkeys and broilers and their impact on health conditions.** In World Poultry Science Association, 4th European Poultry Genetics Symposium, Dubrownik, Croatia. 2005.

HARPER, J. A.; ARSCOTT, G. H. Salt as a Stress Factor in Relation to Pendulous Crop and Aortic Rupture in Turkeys. **Poultry Science**, v.41, p.497–499, 1962.

HASSANZADEH, M.; BUYSE, J.; TOLOEI, T.; EDDY, D. Ascites Syndrome in Broiler Chickens: A Review on the Aspect of Endogenous and Exogenous Factors Interactions. **The Journal of Poultry Science**, v. 51, p.229-241, 2014.

HERENDA, D. C., FRANCO, D. **Poultry diseases and meat hygiene: a color atlas.** Ames: Iowa State University Press. 1996. p.337.

HINSHAW, W. R., ASMUNDSON, V. S. Observations on pendulous crop in turkeys. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v.41, p.154-165, 1936.

HOCKING, P.M.; WU, K. Traditional and commercial turkeys show similar susceptibility to foot pad dermatitis and behavioural evidence of pain. **British Poultry Science**, v.54, p.281-288, 2013.

HONDA, K.; SANEYASU, T.; KAMISOYAMA, H. Gut Hormones and Regulation of Food Intake in Birds. **The Journal of Poultry Science**, v.54, p. 103-110, 2017.

IDE, R.; IDE, S.T.; MORTOLA, J.P. (1) The cessation of breathing in the chicken embryo during cold-hypometabolism. **Respiratory Physiology & Neurobiology**, v.242, p. 19–29, 2017.

IDE, S.T.; IDE, R.; MORTOLA, J.P. (2) The contribution of heart rate to the oxygen consumption of the chicken embryo during cold- or hypoxia-hypometabolism. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 203, p. 49 - 58, 2017.

IPEK, A.; SAHAN, U. Effects of Cold Stress on Broiler Performance and Ascites Susceptibility. **Journal of Animal Science**, v.19, n.5, p.734-738, 2006.

IRVING, L.; WEST, G. C.; PEYTON, L. J. Winter feeding program of Alaska willow ptarmigan show by crop contents. **Condor**, v.69, p.69-77, 1967.

JULL, M. A.; R. E. PHILLIPS; C. S. WILLIAMS. 1943. Relation between cut-up chicken proportions and prices. U.S. **Egg Poultry Mag.** v.49, p. 122-124,139-144.

KASHIHA, M. A.; BAHR, C.; VRAKEN, E.; HONG, S.; BERCKMANS, D. **Monitoring system to detect problems in broiler houses based on images processing.** In: International Conference of Agricultural Engineering, Zurich. 2014.

LARA, L.J.; ROSTAGNO, M.H. Impact of heat stress on poultry production. **Animals**, v.3, p. 356-369., 2013.

LÓPEZ, C. A. A.; BAIÃO, N. C. Effects of particle size and physical form of ration on performance, carcass yield and weight of digestive organs of broiler chickens. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, p. 214–221, 2004.

MACK, L.A.; FELVER-GANT, J.N.; DENNIS, R.L.; CHENG, H.W. Genetic variation alter production and behavioral responses following heat stress in 2 strains of laying hens. **Poultry Science**, v.92, p.285-294, 2013.

MEDEIROS, C. M.; BAÊTA, F. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; TINÔCO, I. F.F.; ALBINO, L. F. T.; CECON, P. R. Índice térmico ambiental de produtividade para frangos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.660-665, 2005.

MIYUMO, S. **Common cold weather poultry diseases and how to beat them.** (2016) Disponível em: <<http://www.nation.co.ke/business/seedsforgold/Major-common-cold-season-poultry-diseases-and-how-to-beat-them/2301238-3211578-11xqeswz/index.html>>. Acesso em: 24 mai. de 2017.

MUJAHID, A. Acute cold-induced thermogenesis in neonatal chicks (*Gallus gallus*). Comparative Biochemistry and Physiology Part A: **Molecular and Integrative Physiology**, v.156, p.34-41, 2010.

MUTIBVU, T.; CHIMONYO, M.; HALIMANI, T.E. Effects of strain and sex on the behaviour of free-range slow-growing chickens raised in a hot environment. **Journal of Applied Animal Research**, v. 01, p.1 - 8, 2017.

NERY, L. 2016. **Condenação de carcaças no frigorífico.** Disponível em: <<http://www.agroceresmultimix.com.br/blog/carcacas-no-frigorifico/>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

NESTLÉ. **Nestlé anuncia compromisso com bem-estar animal.** Disponível em: <<https://www.worldanimalprotection.org.br/not%C3%ADcia/nestle-anuncia-compromisso-com-bem-estar-animal>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

NEWELL, G. S. Percentage yield of parts of cut-up broilers. **Poultry Science**, v.33, p. 1704, p. 1954.

ORR, H.L.; HUNT, E.C.; RANDALL, C.J. Yield of carcass, parts, meat, skin, and bone of eight strains of broilers. **Poultry Science**, v. 63, p. 2197-2200, 1984.

PASSINI, R.; ARAUJO, M. A. G.; ALMEIDA, E. A.; YASUDA, V. M. Evaluation of reflective painting of the roof and artificial ventilation on performance and carcass yield of broilers. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.1769-1774, 2012.

PORTELLA, F.J.; CASTON, L.J.; LEESON, S. Apparent feed particle size preference by broilers. **Canadian Journal of Animal Science**, v.68, p.923-930, 1988.

PRINCE, R. P.; WHITAKER, J.H.; MATTERSON, L. D.; LUGINBUHL, R. E. Response of Chickens to Temperature and Relative Humidity Environments, **Poultry Science**, v.44, p.73-77, 1965.

PYM, R. **Poultry genetics and breeding in developing countries**. Poultry Development Review (2015). FAO. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i3531e.pdf#page=86>>. Acesso em: 17 out. 2016.

QUINTEIRO-FILHO, W. M.; RIBEIRO, A.; FERRAZ-DE-PAULA, V.; PINHEIRO, SAKAI, M. L. M.; SÁ, L. R. M.; FERREIRA, A. J. P.; PALERMO-NETO, J. Heat stress impairs performance parameters, induces intestinal injury, and decreases macrophage activity in broiler chickens. **Poultry Science**, v.89, p.1905–1914, 2010.

RAVINDRAN, V. Poultry feed availability and nutrition in developing countries. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i3531e.pdf#page=66>>. Acesso em: 19 out. 2016.

REGMI, A. (Ed). (2001) **Changing Structure of Global Food Consumption and Trade** [Online]. Washington DC [USA]. Economic Research Service/USDA. p. 103-107. <<http://www.ers.usda.gov/publications/wrs011/>> Acesso em: 10 ago. 2016.

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

RODRIGUES, W. O. P.; GARCIA, R.G.; NÄÄS, I. A.; ROSA, C. O.; CALDARELLI, C. E. Evolução da avicultura de corte no Brasil. **Centro Científico Conhecer**, v.10, p. 1666 - 1695, 2014.

ROBERSON, R.H.; SCHAIBLE, P.J. The tolerance of growing chicks for high levels of different forms of zinc. **Poultry Science**, v.39, p. 893-896, 1960.

ROBERTS, T.; WILSON, J.; GUTHRIE, A.; COOKSON, K.; VANCRAEYNEST, D.; SCHAEFFER, J.; MOODY, R.; CLARK, S. New issues and science in broiler chicken

intestinal health: Emerging technology and alternative interventions. **Journal Applied to Poultry Research**, v.24, p. 257-266, 2015.

RODRIGUES, A.L.; SOUZA, B.B.; PEREIRA FILHO, J.M. Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.6, n.2, 2010 p.14–22.

ROSÁRIO, M.F.; SILVA, M.A.N.; COELHO, A.A.D.; SAVINO, V.J.M. Síndrome ascítica em frangos de corte: uma revisão sobre a fisiologia, avaliação e perspectivas. **Ciência Rural**, v.34, n.6, p.1987-1996, 2004.

SALTORATTO, A. Y. K.; SILVA, F. A da.; CAMARGO, A. C. A. C.; SILVA, P. C. G da.; SOUZA, L. F. A de. Monitoramento da avicultura a partir de técnicas de visão computacional. **Colloquium Exactarum**, v.5, n.2, p. 47–66, 2013.

SANTOS, M. M. **A importância do manejo e inclusão de dieta peletizada para frangos de corte**. Monograph, UTP. Paraná. 2015.

SAVORY, C. J. Broiler growth and feeding behaviour in three different lighting regimes. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.17, p. 557–560, 1976.

SAVORY, C.J. **Food intake regulation in poultry**. p.277 – 323, British Poultry Science Ltd, Edimburgh. 1979.

SCHIASSI, L.; YANAGI JUNIOR, T.; FERRAZ, P. F. P.; A. T. CAMPOS, A. T.; SILVA, G.R.E.; ABREU, L. H. P. Comportamento de frangos de corte submetidos a diferentes ambientes térmicos. **Engenharia Agrícola**, v.35, p.390-396, 2015.

SOHAIL, M.U.; HUME, M.E.; BYRD, J.A.; NISBET, D.J.; IJAZ, A.; SOHAIL, A.; SHABBIR, M.Z.; REHMAN, H. Effect of supplementation of prebiotic mannan-oligosaccharides and probiotic mixture on growth performance of broilers subjected to chronic heat stress. **Poultry Science**, v.91, p. 2235-2240, 2012.

SOLEIMANI, A. F.; ZULKIFLI, I.; OMAR, A. R.; RAHA, A. R. Physiological responses of 3 chicken breeds to acute heat stress. **Poultry Science**, v.90, p.1435–1440, 2011.

SOUZA, M.S.; TINÔCO, I.F.F.; AMARAL, A.G.; INOUE, K.R.A.; BARRETO, S.L.; SAVASTANO JR, H.; SOUZA, C.F.; AND PAULA, M.O. Thermal comfort zones for starter meat-type quails. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.16, p.265-272, 2014.

SOUZA, L. F. A.; ESPINHA, L. P.; ALMEIDA, E. A.; LUNEDO, R.; FURLAN, R. L.; MACARI, M. How heat stress (continuous or cyclical) interferes with nutrient digestibility, energy and nitrogen balances and performance in broilers. **Livestock Science**, v. 192, p. 39-43, 2016.

SVIHUS, B. Function of the digestive system. **Journal Applied to Poultry Research**. v. 23, p. 306–314, 2014.

SYAFWAN, S.; WERMINK, G. J. D.; KWAKKEL, R. P.; VERSTEGEN, M. W. A. Dietary self-selection by broilers at normal and high temperature changes feed intake behavior, nutrient intake, and performance. **Poultry Science**, v.91, p.537–549, 2012.

TALLENTIRE, C.W.; LEILONEN, I.; KYRIAZAKIS, I. Breeding for efficiency in the broiler chicken: A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v.01, p. 36-66, 2016.

TEIXEIRA, E.N.M.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; MARTINS, T.D.D.; GIVISIEZ, P.E.N.; FURTADO, D. A. Efeito do tempo de jejum pós-eclosão, valores energéticos e inclusão do ovo desidratado em dietas pré-iniciais e iniciais de pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p. 314-322, 2009.

UN. **UN projects world population to reach 8.5 billion by 2030, driven by growth in developing countries.** Disponível em: <<http://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2015/07/un-projects-world-population-to-reach-8-5-billion-by-2030-driven-by-growth-in-developing-countries/>>. Acesso em: 01 jul. 2016.

USDA. **Livestock and Poultry: World Market and Trade.** Disponível em: <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf>. Acesso em: 01 mai. 2017.

VAN DER KLEIN, S.A.S.; SILVA, F.A.; KWAKKEL, R.P.; ZUIDHOF, M. J. The effect of quantitative feed restriction on allometric growth in broilers. **Poultry Science**, v.96, p.118–126. 2017.

VERMETTE, C.; SCHWEAN-LARDNER, K.; GOMIS, S.; CROWE, T. G.; CLASSEN, H. L. The impact of graded levels of daylength on turkey productivity to eighteen weeks of age. **Poultry Science**, v.95, p.985–996, 2016.

WHEELER, H. O., B. L. REID, T. M. FERGUSON, J. R. COUCH, R. H. RIGDON. Differences in Susceptibility of Broad Breasted Bronze and Beltsville Small White Turkeys to Dietary-Induced Pendulous Crop. **Poultry Science**, v.39, p.263-267, 1960.

WIJTEN, P.J.A., HANGOOR, E; SPARLA, J.K.W.M.; VERSTEGEN, M.W.A. Dietary amino acid levels and feed restriction affect small intestinal development, mortality, and weight gain of male broilers. **Poultry Science**, v.89, p.1424–1439, 2010.

WILLIAM D. WEAVER, JR., R. MEIJERHOF. The effect of different levels of relative humidity and air movement on litter conditions, ammonia levels, growth, and carcass quality for broiler chickens, **Poultry Science**, v.70, p.746-755, 1991.

WINN, P. N., GODFREY, E. F. **The effect of temperature and moisture on broiler performance.** Maryland Ag. Exp. Sta. Bulletin A-153. 1967.

WU, K.; HOCKING, P.M. Turkeys are equally susceptible to foot pad dermatitis from 1 to 10 weeks of age and foot pad scores were minimized when litter moisture was less than 30%. **Poultry Science**,v.90, p.1170–1178, 2011.

WPA. **Relatório aponta empresas que mais se preocupam com o bem-estar de animais de fazenda.** Disponível em: <<https://www.worldanimalprotection.org.br/not%C3%ADcia/relatorio-aponta-empresas-que-mais-se-preocupam-com-o-bem-estar-de-animais-de-fazenda>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

Capítulo 2 - Influence of rearing temperature, feed format and light program in the pendulous crop development in broilers

(According to Poultry Science Journal)

Authors: Eduardo Alves de Almeida*¹, Flávio Henrique Araújo Silva[†], Trever Gordon Crowe[‡], Marcos Macari*, Renato Luis Furlan*

Affiliations: **Department of Morphology and Animal Physiology, São Paulo State University (UNESP), 14884-900 – Jaboticabal - SP – Brazil, [†]Cobb-Vantress - Siloam Springs, Arkansas, United States, [‡]College of Engineering – University of Saskatchewan, Saskatoon – Canada.*

Section: Management and Production

¹Corresponding author: E. A. Almeida (Email:eng.eduardoalves@hotmail.com)

Corresponding address: São Paulo State University (Unesp), School of Agricultural and Veterinarian Sciences, Jaboticabal - Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n CEP: 14884-900. Jaboticabal-SP, Brazil.

Telephone and fax: +55 16 3209-2654/3202-4275

ABSTRACT: The pendulous crop is characterized by excessive distension of the crop musculature, compromising the bird's productivity and welfare. The etiology is still unknown, but it is believed that factors related to the birds' handling might be related to its incidence. There were conducted two experiments. The experiment one was conducted in 2 environmental chambers. One was maintained at a comfortable temperature, while the other was set at a lower temperature. In each chamber, animals were divided into 16 experimental pens (8 received mash feed and the others received pelletized feed) with a density of 12 birds.m⁻² (an expected stocking density of 32-36 kg.m⁻² after 42 days). The effects of rearing temperatures and feed formats were evaluated in terms of broiler performance, specifically weight gain (kg), feed intake (kg), weekly feed intake (kg/week) and feed conversion (kg_{feed}/kg_{growth}). The experiment two was conducted in 4 environmental chambers. Two was maintained at thermoneutral temperature according age, while the others 2 were set at a temperature below thermoneutrality (cold). For each rearing temperature one chamber was kept with 24 hours of continuous light and the other received a light/dark program (24h/light + 0h/dark from day 1 to 7; 18h/light + 6h/dark from day 8 to 28; 20h/light + 4h/dark from day 29 to 35, and 23h/light + 1h/dark from day 36 to 42). In each chamber, animals were divided into 10 experimental pens, with a density of 12 birds.m⁻² (an expected stocking density of 32-36 kg.m⁻² at 42 days). The effects of rearing temperatures and light programs were evaluated in terms of broiler performance, specifically weight gain (kg), feed intake (kg), feed conversion (kg_{feed}/kg_{growth}) and pendulous crop incidence. The occurrences of pendulous crop were quantified every two days after the 15th day of rearing in the first experiment and after the 16th day in the second experiment. In the first experiment, there were observed influence of the treatments in the development of pendulous crop (p<0.05), where birds grown in thermal comfort and fed a pelletized ration were most susceptible (12%) to pendulous crop, followed by birds fed pelletized feed and reared in cold conditions (6.8%), and birds given mashed feed and reared at either temperature (about 3%). In the second experiment, there were no observed influence of the treatments (p>0.05) in the incidence of pendulous crop in chickens. We concluded that feeding pelleted ration combined with thermoneutral rearing temperatures may have caused some alteration of the gastrointestinal system of

birds, which caused pendulous crop to be more prevalent, and the association with light programs with rearing temperature was not able to induce pendulous crop more prevalent.

Key words: digestive system, performance, thermal comfort, cold stress, photoperiod.

INTRODUCTION

In recent years, the global chicken production has grown significantly. According the United States Department of Agriculture (USDA, 2017), the projected world chicken production in 2017 is 89.5 million tonnes. Pym (2013) emphasized that the growth of poultry production has only been possible due to the advances in science that have enabled the production of birds with greater genetic growth potential coupled with better feed conversion. On the contrary, Rosario (2004) noted that these high growth rates make the birds more prone to physiological dysfunctions, possibly compromising animal welfare, health and productivity.

The pendulous crop is a complex condition which affects turkeys and chickens, appearing as a musculature distension of the crop. Hinshaw and Asmundson (1936) defined the pendulous crop as an abnormality characterized by temporary or permanent distension of the crop, with liquid or semi-liquid stagnant content. There are very few studies of pendulous crop, with a majority of these studies directed to the production of turkeys. The published research indicates that several factors can be linked to the development of pendulous crop in turkeys, including genetics (Hinshaw e Asmundson, 1936), nutritional factors (Wheeler et al., 1960), breeding temperature (Albuquerque, 1978), and lighting program (Vermette et al., 2016).

During the years 2014 and 2015 occurred an increase in the pendulous crop incidence within Brazilian broiler flocks (Santos, 2015; Ebling et al., 2015). Ebling et al. (2015) reported an incidence of 9.5% of pendulous crop in broilers at an experimental farm in the state of Rio Grande do Sul (Southern Brazil) which triggered significant concern among producers, since birds affected for this dysfunction presented lower carcass development than normal crop chickens. In addition to the

direct losses due to reduced performance, pendulous crop may result in carcass condemnation at slaughter (Santos, 2015). According Herenda and Franco (1996), carcass contamination by contents of a pendulous crop can be worse than contamination by feces. The etiology of the problem is not well understood, however, it is believed that its prevalence may be linked to production practices. There is no known treatment, highlighting the need for additional research into the etiology and practices that can reduce occurrence of pendulous crop.

Several studies have shown that feed processing has a direct effect on the development of the bird's gastrointestinal system (Svihus, 2014; Engberg et al., 2002; Truong et al., 2015; Svihus et al., 2010). Specifically, Svihus (2014) showed that birds consuming pelleted feed had better production traits (feed intake, weight gain and feed conversion), but tended to have under-developed gastrointestinal systems, which can affect feed passage. Abdollahi et al. (2014) have showed that chickens fed with pelleted feed have an increase in the feed intake when compared with birds fed with mash diet.

Rearing temperature is another important factor that affect the feed intake and chicken performance. According Ipek and Sahan (2006), chickens reared with lower temperatures tend to present higher feed intake than birds reared with thermal comfort temperature, due the necessity to obtain energy to maintain the body temperature. Given our current understanding, it's not clear whether the feed format and rearing temperature can contribute to the development of pendulous crop in broilers.

For many years, broiler chickens have usually been reared under continuous or near continuous light/dark (23L:1D) photoperiods to maximize feed consumption and growth rate (Abbas et al., 2008). This scenery was changed due to animal welfare regulations, and the researches are showing that the light program can influence the poultry performance and improve welfare. Light programs have received considerable attention as a management tool to improve broiler productivity and health (Mosleh, 2014). Regarding pendulous crop incidence and light programs, recently Vermette et al (2016) reported that light/dark photoperiods had positive influence in the reduction of pendulous crop incidence in turkeys.

In response to this need, two experiments were conducted, the first experiment was designed to study the effect of rearing temperature (cold and thermoneutral) and feed format (pelleted and mashed) on the development of pendulous crop in broilers. The hypothesis is that pelleted feed associated with cold rearing temperature may result in a higher pendulous crop incidence, due to the increase in the feed intake. The second experiment was designed to study the effect of light program (24h continuous and light/dark program) and rearing temperature (thermoneutral and cold) on the development of pendulous crop. The hypothesis for the second experiment is that 24 hours of continuous light associated with cold temperature may result in a higher incidence of pendulous crop, due to the higher feed intake.

MATERIAL AND METHODS

Experiment 1

Facilities, Poultry and Management

The present study was conducted at São Paulo State University (UNESP) Jaboticabal, Brazil, using 384 male broiler chickens, from the commercial line, Cobb500[®] (JBS, Nuporanga, São Paulo, Brazil). The birds were randomly assigned to two climatic chambers.

During the experimental period, the birds received water and feed ad libitum. The diet of the birds consisted of 2 types of feed (initial: 1-21 days and growth: 22-42 days), formulated following the nutritional requirements established for broilers by Rostagno et al. (2012) (table 1). The birds were raised under 24 hours of constant light (in order to increase feed intake), provided by fluorescent bulbs and vaccinated against Marek's disease, avian pox, infectious bursal disease, and Newcastle disease, according to the Cobb[®] vaccination program.

Table 1 - Nutritional composition of rations fed during the different phases: initial (1-21 days of age) and growth (22-42 days of age)

Ingredients(%)	Initial Phase*	Growth Phase**
Corn	59.52	63.74
Soy chaff 45%	35.15	29.79
Soy oil	1.29	3.12
Dicalcic phosphate	1.63	1.16
Limestone	0.84	0.76
Salt	0.42	0.44
L-Lysine HCL (78%)	0.25	0.21
DL-Methionine(99%)	0.29	0.23
L-Threonine	0.08	0.04
BHT	0.01	0.01
Vitamin and mineral supplement*	0.5	0.5
Total	100	100
Calculated nutritional composition		
Crude protein (%)	21.27	18.86
Metabolizable energy (kcal/kg)	3,000	3,200
Ca (%)	0.85	0.69
Na (%)	0.19	0.20
Available phosphorus (%)	0.42	0.32
Methionine+ cysteine (%)	0.88	0.77
Methionine (%)	0.56	0.49
Lysine (%)	1.22	1.05
Threonine (%)	0.79	0.68
Tryptophan (%)	0.24	0.21
Arginine (%)	1.32	1.16

Nutrients per kilogram of diet: * From 1 to 21 days of age—Vit. A 7.000 U.I., Vit. D3 3.000 U.I., Vit.E 25 U.I., Vit. K 0.98 mg, Vit. B1 1.78 mg, Vit. B2 9.6 mg, Vit. B6 3.5 mg, Vit. B12 10 µg, Folic acid 0.57 mg, Biotin 0.16 mg, Niacin 34.5 mg, Calcium pantothenate 9.8 mg, Copper 0.12 g, Cobalt 0.02 mg, Iodo 1.3 mg, Iron 0.05 g, Manganese 0.07 g, Zinc 0.09 mg, Zinc oxide 6.75 mg, Selenium 0.27 mg, Choline 0.4 g, Growth promoter (Zinc bacitracin) 30 mg, narasin + nicarbazin.1g, Methionine 1.68g. **From 22 to 42 days of age—Vit. A 7.000 U.I., Vit. D3 3.000 U.I., Vit. E 25 U.I., Vit. K 0.98 mg, Vit. B1 1.78 mg, Vit. B2 9.6 mg, Vit. B6 3.5 mg, Vit. B12 10 µg, Folic acid 0.57 mg, Biotin 0.16 mg, Niacin 34.5 mg, Calcium pantothenate9.8 mg, Copper0.12 g, Cobalt 0.02 mg, Iodo 1.3 mg, Iron0.05 g, Manganese0.07 g, Zinc 0.09 mg, Zinc oxide 6.75 mg, Selenium 0.27 mg, Colina 0,6 g, Growth Promoter (avilamycin) 7.5 mg, Monensin sodium 0.1g, Methionine 1.4g.

Rearing temperature

There were used two climate chambers, being one kept in thermal comfort condition, and the second one in cold condition. The conditions in thermal comfort chamber were consistent with those recommended for the lineage of chicks (Cobb, 2012), being adapted according the recommendations contained in the manual. Conditions in the second chamber were cooler than the recommended conditions and identified as the “cold temperature” treatment. Temperatures in the cold treatment were always below those in the thermal comfort treatment. Temperatures throughout both treatments are presented in table 2.

Table 2 – Mean values \pm standard error of mean, of Temperature ($^{\circ}\text{C}$) and relative humidity (%) within the respective chambers for each experimental treatment.

Period (days)	Thermal Comfort		Cold Temperature	
	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	RH(%)	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	RH(%)
1 – 4	33.1 \pm 0.87	69.8 \pm 3.22	32.8 \pm 0.73	68.6 \pm 2.80
5 – 7	30.8 \pm 1.23	62.7 \pm 4.03	27.4 \pm 0.42	60.3 \pm 2.42
8 – 14	27.1 \pm 0.84	46.0 \pm 2.43	23.5 \pm 0,63	42.6 \pm 1.40
14 – 16	25.3 \pm 1.42	42.1 \pm 0.98	20.4 \pm 0.72	40.1 \pm 2.35
16 – 21	23.9 \pm 1.33	43.4 \pm 3.90	18.5 \pm 1.12	40.4 \pm 2.54
21 – 42	21.8 \pm 0.57	62.5 \pm 3.89	17.3 \pm 0.44	59.4 \pm 2.33

Experimental Design

The experimental design was completely randomized, with two breeding temperatures (cold and thermoneutral) and two feed formats (pelleted and mashed), being analyzed the effect of feed format in each breeding temperature. Three hundred and eighty-four chicks were randomly assigned to two climatic chambers (cold and thermoneutral). Birds within each chamber were further separated into 16 pens, with half the pens receiving mashed feed and the other half receiving pelletized feed. Each pen measured 0.9x1.2m, having a floor area of 1m², with 12 birds per pen.

Feed Processing

Feed ingredients were crushed and mixed in equipment suitable for this purpose. Feed was mixed in large batches. Half of each batch was fed as a mashed ration, while the other half was steam-pelletized. The feed was pelletized following the recommendations of Portella et al. (1988), that recommended pellet diameter higher than 1.18mm for the first week, and higher than 2.36mm for chickens after the first week until the slaughter. Pelleted feed during the first 7 days had a pellet diameter of 2mm and 1.5mm of length. The pellet diameter was increased to 4mm of diameter and 3 mm of length on day 8, and to 4mm of diameter and 5 mm of length on day 21.

Performance

The birds and feed were weighed weekly, with weight gain (**WG**) (kg), total feed intake (**FI**) (kg), weekly feed intake (**WFI**) (kg) and, subsequently, feed conversion (**FC**) ($\text{kg}_{\text{feed}}/\text{kg}_{\text{gain}}$) determined.

Quantification of birds with pendulous crop

The quantification of birds with a pendulous crop was performed every two days, after day 15, because the dilated crop becomes more apparent at this stage of a broiler's life. The pendulous crop identification protocol was established after evaluation of several lots of broilers in the 2-year period leading up to this trial. The birds were evaluated individually, through observation of the volume of the crop and palpation of the same, in order to verify the consistency of the musculature (figure 1). Birds that presented greater-than-normal muscular distension and a more flaccid crop were identified with a mark on the back or the head. After two days, all birds were examined again, and if a previously marked bird still presented the same crop morphology, it received another mark. A bird was determined to have a pendulous crop if its crop was distended and flaccid during three consecutive inspections (methodology developed by the author). The requirement of an initial plus 2 confirming inspections was intended to avoid any false positives, where the

distended crop may have been caused in one day by overeating. Thus, if the bird's crop was distended in one inspection and normal in another, the birds were not considered to have a pendulous crop. If a bird presented a distended and flaccid crop during 3 consecutive inspections, the date of the dysfunction start was set as the first date of detection (the day of the first marking). Observing the figure 1 it is possible to understand better the difference between a chicken that have a dilated crop due an overeating and dilated crop due pendulous crop dysfunction. The changing in the crop due the dysfunction caused a modification in the chickens' shape, where the crop acquires a saccular form, which helps in the identification of the dysfunction.

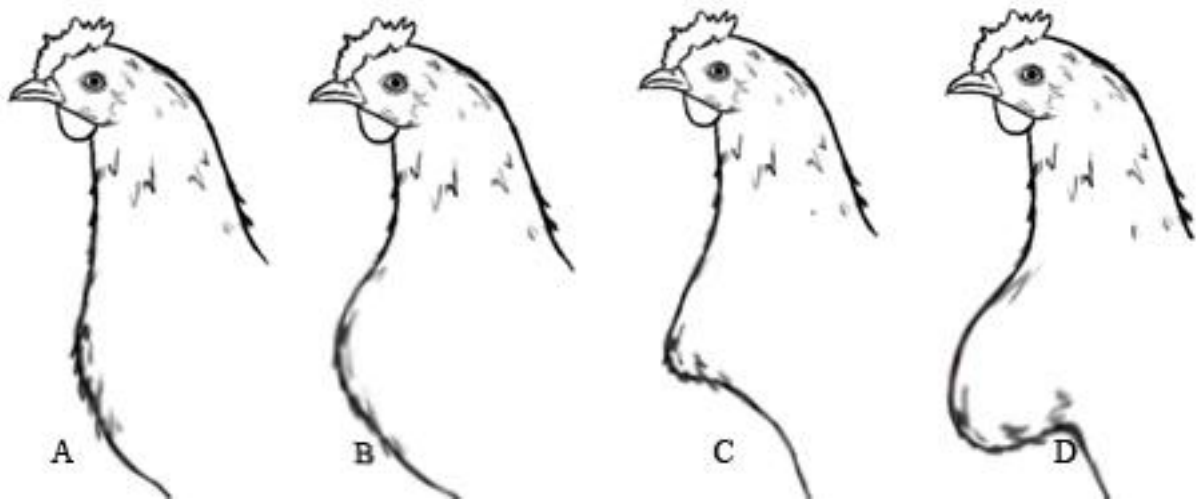


Figure 1 - (A) Normal crop chicken, (B) Crop with normal dilatation due feed overconsumption (can return to normal situation), (C) Pendulous crop in the beginning of the development (flaccid musculature, little consistency musculature, saccular appearance), (D) Pendulous crop dysfunction (serious situation, cannot return to normal situation).

Statistical Analysis

The growth data (weight gain, total feed intake, weekly feed intake and feed conversion), were submitted to variance analysis, considering the effect of feed format for each rearing temperature, using the Tukey test at 5% of significance in the SAS (Version 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC). To verify if the frequency of pendulous crop is related to the rearing temperature and feed format, the chi-squared test was used. A graph was drawn showing the incidence (in % of birds) of

pendulous crop over the production cycle, according to the rearing temperature and feed format. The statistical model was as follows:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + F_{j(i)} + e_{ijk}$$

Which Y_{ijk} is a K^{th} observation of the variables; μ = overall mean; T is the random effect of i^{th} temperature (1,2); F is the effect of j^{th} feed format (1,2) inside i^{th} rearing temperature (1,2); e_{ijk} = residual effect.

Experiment 2

Facilities, Birds and Management

The present study was conducted using four climate chambers in the Animal Science Department, poultry sector, at São Paulo State University (UNESP), Jaboticabal, Brazil. For this study 480 males broiler chickens were used, from the commercial line, Cobb500® (JBS, Nuporanga, São Paulo, Brazil).

During the experimental period, the birds received water and feed ad libitum. The diet of the birds consisted of 2 types of pelleted feed (initial: 1-21 days and growth: 22-42 days), formulated according the nutritional requirements established for broilers in tropical conditions by Rostagno et. al. (2012) (table 1). There was chosen pelleted feed due the higher incidence of pendulous crop in the treatments where was used this type of ration in the experiment one. The temperature inside the chambers was controlled by a digital thermostat, and the values of rearing temperature and relative humidity are presented at table 3. For the chambers with light program a digital timer was used for control the time that the lights were on and off. Two chambers were kept with thermoneutral temperature and two chambers with a lower temperature, being called cold temperature (table 3). The birds were vaccinated against Marek's disease, avian pox, infectious bursal disease, and Newcastle disease, according to the Cobb® vaccination program (Cobb, 2008).

Table 3 – Mean values \pm standard error of mean, of Temperature ($^{\circ}\text{C}$) and relative humidity (%) within the respective chambers for each experimental treatment.

Period (days)	Thermal Comfort		Cold Temperature	
	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	RH(%)	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	RH(%)
1 – 4	32.7 \pm 1.03	78.5 \pm 2.2	32.4 \pm 1.38	76.6 \pm 2.8
5 – 7	30.4 \pm 1.12	77.3 \pm 2.8	26.7 \pm 0.76	72.4 \pm 2.1
8 – 14	26.4 \pm 0.56	68.2 \pm 2.1	22.8 \pm 0.53	54.3 \pm 1.2
14 – 16	25.0 \pm 1.05	64.2 \pm 1.3	19.8 \pm 0.43	61.2 \pm 3.4
16 – 21	23.4 \pm 0.53	59.4 \pm 2.4	18.2 \pm 0.82	56.3 \pm 2.6
21 – 42	21.1 \pm 0.65	60.1 \pm 3.3	17.3 \pm 1.2	58.2 \pm 1.7

Experimental Design

The experimental design was completely randomized, being studied the effect of light program (24 hours continuous and light/dark), for each rearing temperatures (cold and thermoneutral). Four hundred and eighty chicks were randomly assigned to four climatic chambers. The conditions in two chambers were consistent with those recommended for the lineage of chicks (Cobb, 2012) and identified as the “thermoneutral temperature” treatment. Conditions in the others two chambers were lower than the recommended conditions and identified as the “cold temperature” treatment (table 3). For each thermal condition, one chamber was kept with 24 hours of light and the other with a light/dark program. Birds within each chamber were further separated into 10 pens. Each pen measured 0.9 x 1.2m, having a floor area of 1m², 12 birds for each pen (an expected stocking density of 32-36 kg/m² after 42 days) kg/m² after day 42.

In the light/dark program, birds were kept with 24 hours of light in the first week (1 to 7 days), 18h/light + 6h/dark from the day 8 to 28, 20h/light + 4h/dark from the day 29 to 35, and 23h/light + 1h/dark from the day 36 to 42. There were used continuous light until day 7 in the light/dark program due the necessity to use heating lamp for maintain the temperature in the appropriate range for the chicks. From day 8 to 28 (six hours of darkness), and from day 29 to 35 (4 hours of darkness), was established based in Classen et al. (2016), where were related for the authors that a minimum of 4 hours of darkness is required to develop anticipatory feed behavior. In the last week the dark period was reduced to one hour for stimulating the feed intake.

Feed Processing

Feed ingredients were crushed, mixed and steam-pelletized. The feed was pelletized following the recommendations of Portella et al. (1988), that recommended pellet diameter higher than 1.18mm for the first week, and higher than 2.36mm for chickens after the first week until the slaughter. Pelleted feed during the first 7 days had a pellet diameter of 1.5mm. The pellet diameter was increased to 3 mm on day 8 and to 4 mm on day 21.

Performance

The birds and feed were weighed at two rearing phases (Initial phase: 0 to 21 days, and Growth phase: 21 to 42 days), with weight gain (WG) (kg), total feed intake (FI) (kg), and, subsequently, feed conversion (FC) ($\text{kg}_{\text{feed}}/\text{kg}_{\text{gain}}$) determined.

Quantification of birds with pendulous crop

The incidence of pendulous crop was performed every two days, after day 16, used the same methodology for pendulous crop quantification described in the experiment one.

Statistical Analysis

The growth data (weight gain, total feed intake, and feed conversion) were submitted to variance analysis, using the Tukey test at 5% of significance in the SAS (Version 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC). To verify if the frequency of pendulous crop is related to the rearing temperature and light program, the chi-squared test was used. A graph was drawn showing the incidence (in % of birds) of pendulous crop over the production cycle, according to the rearing temperature and light program. The statistical model was as follows:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + L_{j(i)} + e_{ijk}$$

Which Y_{ijk} is a K^{th} observation of the variables; μ = overall mean; T is the random effect of i^{th} temperature (1,2); L is the effect of j^{th} light program (1,2) inside i^{th} rearing temperature (1,2); e_{ijk} = residual effect.

RESULTS

Experiment 1

The chi-square test shows that from day 19 to day 41, the pendulous crop incidence was not independent of the treatments studied ($P < 0.05$). The incidence of a pendulous crop was greater when birds were fed pelleted ration under both rearing conditions (figure 2), with 12% and 6% of the birds affected under thermoneutral and cold conditions, respectively. In comparison, 2.6% of the birds fed mashed feed presented a pendulous crop in both rearing treatments.

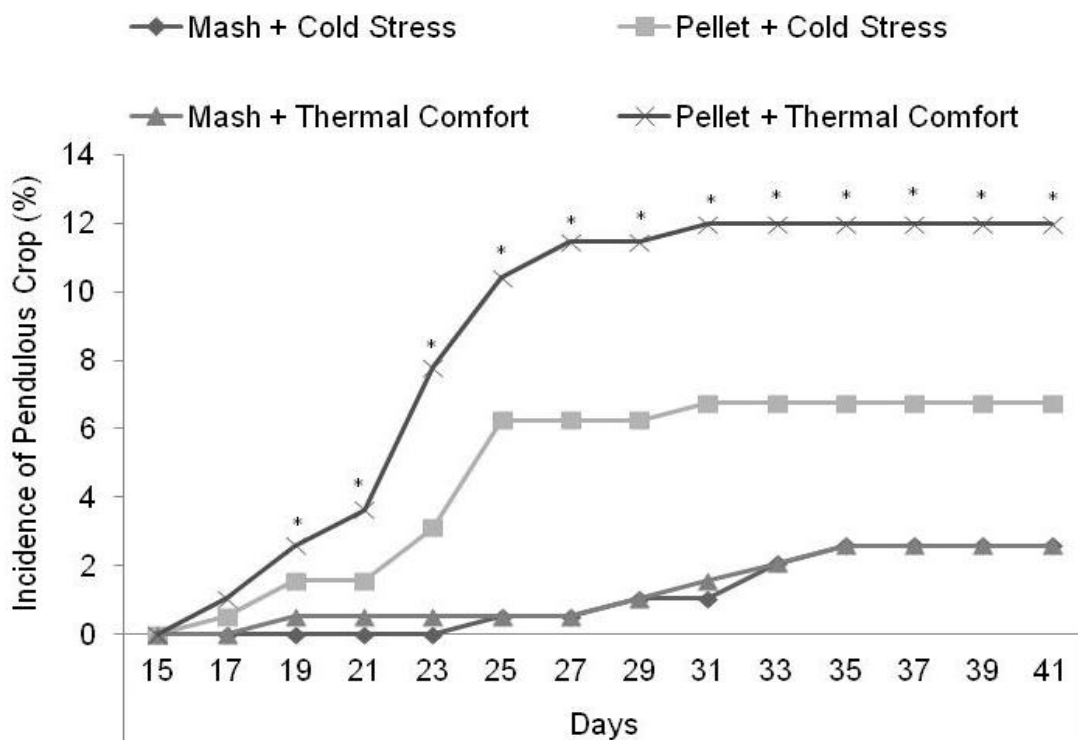


Figure 2 - Incidence of a pendulous crop (%) in the different treatments. An asterisk indicates that chi-square tests indicated that percentage of pendulous crop was not independent of treatments for days 19 to 41 ($P < 0.05$).

Weekly weight gain (WG) was significantly different ($P < 0.05$, Table 4) within the cold chamber between birds fed mashed and pelleted feed after 21, 35 and 42 days. At 21 days, birds fed the mashed ration presented a higher WG ($P < 0.05$) (0.934 kg) than birds fed the pelleted ration (0.891 kg). However, at 35 and 42 days, birds fed the pelleted ration presented higher WG ($P < 0.05$) than birds fed with mashed feed, with WG of 2,440 g (pelleted) and 2,299 g (mashed) at 35 days and

3,113 g (pelleted) and 2,971 g (mashed) at 42 days. In the thermoneutral conditions, pelleted feed also produced greater weekly gains at 7, 14 and 35 days. Specifically, birds fed pelleted feed had weekly gains of 0.132, 0.461 and 2.380 kg and those fed mashed feed had weekly gains of 0.124, 0.437 and 2.301 kg on days 7, 14 and 35, respectively.

Table 5 shows that feed format caused the accumulated feed intake to be significantly different over times within the cold temperature and thermoneutral conditions. Under cold temperature conditions, birds had consumed more mashed feed than pelleted feed at day 14 and day 21, but the trend was reversed at day 35 and day 42, with pelleted feed consumption being greater. Under thermoneutral conditions, birds fed the mashed ration had greater FI on day 21 (1.299 kg vs. 1.222 kg) and day 42 (5.077 kg vs. 4.821 kg), compared to the pelleted ration.

The weekly feed intake (WFI) (table 6) was also affected by the feed format within the cold conditions, with WFI for mashed feed being greater than for pelleted feed during week 2 (0.472 kg vs. 0.440 kg, respectively) and week 3 (0.719 kg vs. 0.634 kg, respectively). The trend was reversed during the next 2 weeks with WFI for pelleted feed being greater than for mashed feed during week 4 (1.297 kg vs. 1.170 kg, respectively) and week 5 (1.310 kg vs. 1.216 kg, respectively). Weekly feed intake under thermoneutral conditions was different only during the third week, with consumption of mashed feed (0.685 kg) being greater than pelleted feed (0.629 kg).

Feed conversion (FC, Table 7) was greater under cold conditions when mashed feed was fed, compared to pelleted feed, after 21 (1.444 kg_{feed}/kg_{gain} vs. 1.380 kg_{feed}/kg_{gain}, respectively), 28 (1.619 kg_{feed}/kg_{gain} vs. 1.554 kg_{feed}/kg_{gain}, respectively), and 42 days (1.809 kg_{feed}/kg_{gain} vs. 1.755 kg_{feed}/kg_{gain}, respectively). Under thermoneutral conditions, birds fed the pelleted ration also had better FC, compared to those fed the mashed ration, after 21 (1.309kg_{feed}/kg_{gain} vs. 1.398kg_{feed}/kg_{gain}, respectively) and 28 days (1.496kg_{feed}/kg_{gain} vs. 1.585kg_{feed}/kg_{gain}, respectively).

Table 4 - Weight gain (kg) of poultry reared with mashed and pelleted feed under thermal comfort and cold temperature conditions.

	Cold Temperature			Thermal Comfort		
	Mash	Pellet	P value	Mash	Pellet	P value
WG7	0.126 ± 0.0017	0.127 ± 0.0018	0.6684	0.124 ± 0.0016 b	0.132 ± 0.0017 a	0.0308
WG14	0.463 ± 0.0035	0.457 ± 0.0041	0.1468	0.437 ± 0.0066 b	0.461 ± 0.0036 a	0.0182
WG21	0.934 ± 0.0087 a	0.891 ± 0.0083 b	0.0079	0.930 ± 0.0151	0.933 ± 0.0092	0.8637
WG28	1.569 ± 0.0313	1.646 ± 0.0171	0.0744	1.591 ± 0.0255	1.638 ± 0.0198	0.1539
WG35	2.299 ± 0.0369 b	2.440 ± 0.0289 a	0.0371	2.301 ± 0.0228 b	2.380 ± 0.0292 a	0.0271
WG42	2.971 ± 0.0243 b	3.113 ± 0.0209 a	0.0026	2.944 ± 0.0423	2.886 ± 0.0445	0.1189

*Different lower case letters indicate significant differences in the row, within each temperature treatment, using Tukey's test at 5% significance.

Table 5 - Accumulated feed intake (FI) (kg) of poultry reared with mashed and pelleted feed in a thermal comfort situation and cold stress.

	Cold Temperature			Thermal Comfort		
	Mash	Pellet	P value	Mash	Pellet	P value
FI7	0.158 ± 0.0038	0.157 ± 0.0031	0.8913	0.151 ± 0.0059	0.161 ± 0.0052	0.2136
FI14	0.631 ± 0.0113 a	0.596 ± 0.0103 b	0.0470	0.602 ± 0.0205	0.593 ± 0.0073	0.6956
FI21	1.350 ± 0.0195 a	1.230 ± 0.0164 b	0.0024	1.299 ± 0.0189 a	1.222 ± 0.0127 b	0.0046
FI28	2.533 ± 0.0218	2.527 ± 0.0299	0.8159	2.521 ± 0.0419	2.453 ± 0.0252	0.2048
FI35	3.827 ± 0.0643 b	3.999 ± 0.0575 a	0.0395	3.709 ± 0.0242	3.697 ± 0.0295	0.7635
FI42	5.370 ± 0.0620 b	5.440 ± 0.0710 a	0.0497	5.077 ± 0.0898 a	4.821 ± 0.0247 b	0.0247

*Different lower case letters indicate significant differences in the row, within each temperature treatment, using Tukey's test at 5% significance.

Table 6 - Weekly feed intake (WFI) (kg) of poultry reared with mashed and pelleted feed in a thermal comfort situation and cold temperature.

	Cold Temperature			Thermal Comfort		
	Mash	Pellet	P value	Mash	Pellet	P value
WFI 1-7	0.158 ± 0.0038	0.157 ± 0.0031	0.8913	0.151 ± 0.0059	0.161 ± 0.0052	0.2136
WFI 7-14	0.472 ± 0.0117 a	0.440 ± 0.0084 b	0.0498	0.449 ± 0.0148	0.432 ± 0.0052	0.3488
WFI 14-21	0.719 ± 0.0124 a	0.634 ± 0.0087 b	0.0018	0.685 ± 0.0112 a	0.629 ± 0.0087 b	0.0068
WFI 21-28	1.170 ± 0.0153 b	1.297 ± 0.0162 a	0.0006	1.190 ± 0.0195	1.204 ± 0.0147	0.5901
WFI 28-35	1.216 ± 0.0200 b	1.310 ± 0.0178 a	0.0032	1.161 ± 0.0108	1.190 ± 0.0361	0.5209
WFI 35-42	1.410 ± 0.0407	1.370 ± 0.0256	0.3670	1.326 ± 0.0579	1.162 ± 0.0704	0.0992

*Different lower case letters indicate significant differences in the row, within each temperature treatment, using Tukey's test at 5% significance.

Table 7 - Feed conversion (FC) ($\text{kg}_{\text{feed}}/\text{kg}_{\text{gain}}$) of poultry reared with mashed and pelleted feed in a thermal comfort situation and cold temperature.

	Cold Temperature			Thermal Comfort		
	Mash	Pellet	P value	Mash	Pellet	P value
FC7	1.245 ± 0.0259	1.233 ± 0.0354	0.8295	1.217 ± 0.0387	1.222 ± 0.0283	0.8846
FC14	1.364 ± 0.0235	1.303 ± 0.0196	0.0768	1.378 ± 0.0386	1.288 ± 0.0163	0.0530
FC21	1.444 ± 0.0118 b	1.380 ± 0.0098 a	0.0028	1.398 ± 0.0225 b	1.309 ± 0.0081 a	0.0065
FC28	1.619 ± 0.0250 b	1.554 ± 0.0070 a	0.0223	1.585 ± 0.0206 b	1.496 ± 0.0137 a	0.0157
FC35	1.665 ± 0.0247	1.640 ± 0.0191	0.4356	1.612 ± 0.0126	1.555 ± 0.0256	0.0656
FC42	1.809 ± 0.0246 b	1.755 ± 0.0212 a	0.0126	1.724 ± 0.0113	1.673 ± 0.0247	0.1296

*Different lower case letters indicate significant differences in the row, within each temperature treatment, using Tukey's test at 5% significance.

Experiment 2

The Chi-square test shows that the incidence of pendulous crop was not dependent of the treatments (rearing temperature and light program) ($P>0.05$) (Figure 3).

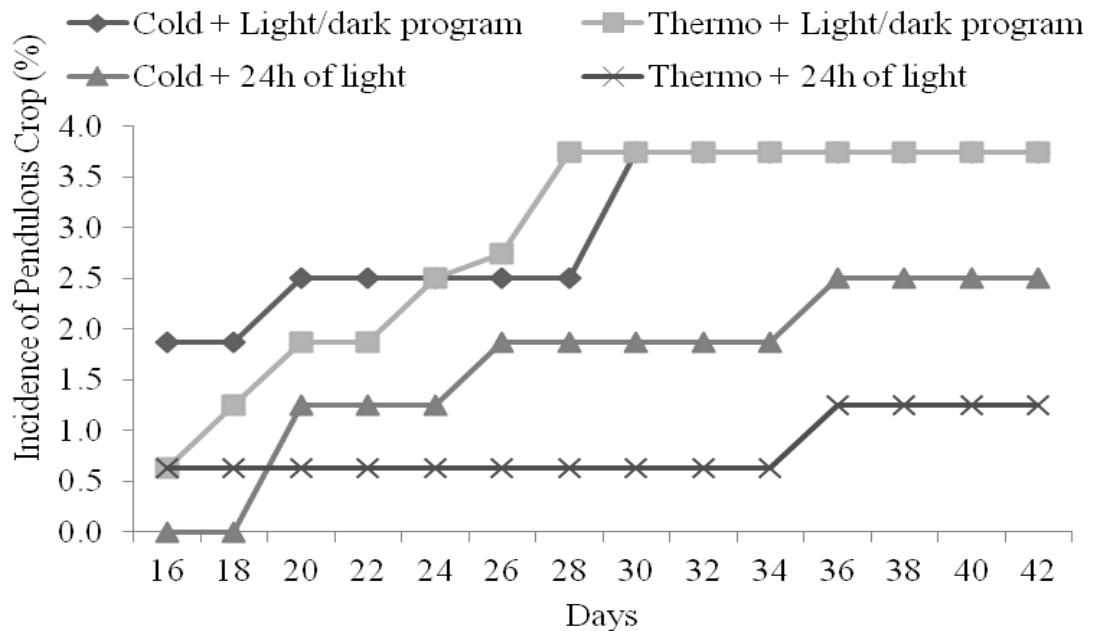


Figure 3- Incidence of a pendulous crop (%) in the different treatments (rearing temperature / light program). Chi-square tests indicated that percentage of pendulous crop was not dependent of treatments for days 16 to 42 ($P>0.05$).

Weight gain (WG) was significantly different ($P<0.01$, Table 8) within the cold chamber between birds reared in a light/dark and 24h continuous light program, at growth phase (21 to 42 days) and the whole rearing period (0 to 42 days). At growth phase, birds reared with light/dark showed higher WG (2.795 kg) than birds reared in the 24h continuous light (2.627 kg). At the whole experimental period, birds reared in the light/dark showed higher WG (3.744 kg) than birds reared at 24 hours continuous light (3.568 kg). For the thermoneutral temperature was not observed significant difference in any phase for WG ($P>0.05$) between birds reared with dark blocks and birds reared on 24h continuous light.

In a cold temperature, dark blocks improves the FI at initial phase (0 to 21 days, table 8) with higher FI in birds reared with light/dark program (1.825 kg) than birds reared with 24h continuous light (1.753 kg). No significantly difference was observed at growth phase and whole experimental period. In a thermoneutral temperature, was observed a significant difference for FI ($P < 0.01$) in the tree analyzed periods (Initial phase, growth phase and whole period) between birds reared at continuous light or dark blocks, where in the initial phase, chickens reared with dark blocks showed higher FI (1.701 kg) than birds reared with 24h continuous of light (1.652 kg) as well in the growth phase, where birds reared in a dark blocks showed higher FI (3.990 kg) than birds reared with 24 hours continuous of light (3.702 kg). For the whole rearing period, birds reared in a dark blocks showed higher FI (5.690 kg) than birds reared in a 24h continuous treatment (5.355 kg).

In the cold temperature, was observed a significantly difference for FC in the initial phase, where chickens kept in the dark blocks treatment showed better FC ($P < 0.05$, Table 8; FC = 1.926) than birds kept in a 24h continuous (1.864). It was not observed significant difference ($P > 0.05$) in the other periods. In a thermoneutral temperature, was not observed a significant difference for FC between birds kept in the different treatments in any stage.

Table 8 - Weight gain (kg), Feed Intake (kg), and Feed Conversion ($Kg_{\text{feed}}/Kg_{\text{gain}}$) of poultry reared with light program and 24 hours continuous of light under thermoneutral and cold temperature conditions.

	Cold Temperature			Thermoneutral		
	Light/dark	24h continuous	P value	Light/dark	24h continuous	P value
Weight Gain, kg						
Days 0 to 21	0.949 ± 0.015	0.941 ± 0.009	0.7067	0.933 ± 0.007	0.915 ± 0.008	0.1122
Days 21 to 42	2.795 ± 0.041 a	2.627 ± 0.044 b	0.0063	2.668 ± 0.044	2.581 ± 0.034	0.1498
Days 0 to 42	3.744 ± 0.049 a	3.568 ± 0.044 b	0.0063	3.602 ± 0.044	3.496 ± 0.039	0.1025
Feed Intake, kg						
Days 0 to 21	1.825 ± 0.021 a	1.753 ± 0.013 b	0.0257	1.701 ± 0.011 a	1.652 ± 0.012 b	0.0098
Days 21 to 42	4.106 ± 0.067	4.176 ± 0.162	0.7143	3.990 ± 0.069 a	3.702 ± 0.023 b	0.0072
Days 0 to 42	5.932 ± 0.076	5.929 ± 0.152	0.9883	5.690 ± 0.075 a	5.355 ± 0.021 b	0.0044
Feed Conversion, kg/kg						
Days 0 to 21	1.926 ± 0.021 b	1.864 ± 0.010 a	0.0213	1.823 ± 0.011	1.806 ± 0.013	0.3589
Days 21 to 42	1.469 ± 0.015	1.589 ± 0.055	0.0867	1.497 ± 0.030	1.437 ± 0.023	0.1801
Days 0 to 42	1.585 ± 0.011	1.663 ± 0.042	0.1216	1.581 ± 0.023	1.533 ± 0.018	0.1597

*Different lower case letters indicate significant differences in the row, within each temperature treatment, using Tukey's test at 5% significance.

DISCUSSION

Development of a pendulous crop may be associated with a number of factors, including those associated with feed format and the mechanisms of control and motility of the gastrointestinal tract. Given that the filling and / or emptying of the crop depends on the activity of the gizzard, the role of this segment (crop, proventriculus and gizzard) must to be considered.

Pelleted feed caused a higher incidence of pendulous crop in birds raised at both temperatures. Figure 2 shows that the detection of pendulous crop increased rapidly in birds fed pelleted ration after 21-28 days of growth, while feed consumption by birds during the same period in the cold treatment (Table 5), was significantly higher when they were fed pelleted ration (1.297 kg) compared to mashed feed (1.170 kg). Feed consumed by birds raised in the thermoneutral conditions did not differ between the feed types during this period, but the consumption of mashed feed (0.685 kg) was higher than that of pelleted feed (0.629 kg) during the previous week.

When considering FI (Table 4) and FC (Table 6) in both temperature treatments at 28 days FI did not differ between feed types, but birds fed the pelleted ration presented better FC. This result can be most easily explained by the better digestibility of the pelleted feed (Calet, 1965; Abdollahi and Ravindran, 2013). According to Goodband (2002), the more a grain is processed, the greater the number of particles produced, increasing the area of contact with digestive enzymes and facilitating digestion. In the gizzard, the food is crushed and reduced into smaller particles and is forwarded to the gut (Svihus, 2014). In this sense, because it is a further-processed food, the pelleted feed dissolves into smaller particles in a shorter period of time in the gizzard, resulting in a change in the intestinal flow. Selle et al. (2013) verified that mashed diets require more time for the digestion of starch in relation to pelleted diets, and according to Truong et al. (2015) the less processed the food, the slower the intestinal transit in the bird.

We believe that the pelletized ration may induce some modification in the chicken gut that increases the incidence of pendulous crop. It is very difficult to know exactly how it was happened, but the researches available in the literature suggests that pelletized feed can decrease the gizzard size, and this may be directly linked to this finds. According to Svihus (2014) and Ferket (2000), the gizzard plays an

important role in regulating the food flow, and its proper development is directly linked to an improvement in food motility in the bird's gastrointestinal tract. The authors emphasized that the use of feeds that do not promote development of the gizzard tends to cause problems in the regulation of the gastrointestinal flow.

Svihus et al. (2010) studied the use of different types of feed and observed that 40% of the birds fed pelleted ration presented deregulated food consumption, eating an excessive amount of food. However, the increase in consumption was not accompanied by a commensurate weight gain. According to the authors, the addition of structural components in the diet (peels, fibers, etc.) improved the development of the gizzard and consequently reduced problems related to deregulated food consumption. Truong et al. (2017) found that birds fed a pelleted ration had the smallest gizzard in relation to birds whose diet consisted of whole grains, and the increase in the concentration of whole grains in the diet lead to an increase in gizzard size and internal volume. According to the authors, the action of the gizzard, breaking down the structural components of the diet, makes the muscles grow. It is complicated to understand how the gizzard development may be linked to the development of pendulous crop, but we believe that the modification in the gut flow due the poor gizzard development can be linked to this.

Studies have shown that the consumption of pelleted feed causes changes in the development of the birds' gastrointestinal tract. Engberg et al. (2002), Svihus et al. (2004) and Svihus and Hetland (2001) observed a higher relative weight of the gizzard in birds fed a mashed ration in relation to birds fed a pelleted ration, demonstrating that pelleted feed results in a poorly developed gizzard. Svihus et al. (2004) also observed a greater volume of feed within the gizzard of broilers fed a mashed ration, compared to those fed pelleted rations.

Savory (1979) indicated that the mechanisms of hunger and satiety control the moments in which the bird initiates and stops its feeding. Hunger exerts a greater physiological control, causing the bird to begin and continue eating, while satiety has less influence in being able to cause the bird to stop feeding. Also, according to the same author, there are indications that control of a bird's feeding is exercised by the gizzard throughout the day and by the crop at the end of the day. For Bokkers and Koene (2003), broiler chickens have a deficiency in the satiety mechanism, and there

are indications that birds of fast-growing strains feed until they reach their maximum physical capacity. In previous unpublished studies, birds affected by the pendulous crop presented heavier crops (full and empty), more feed stored in the crop, lighter empty gizzards, less gizzard content, and shorter and lighter gastrointestinal tracts as a whole.

According to Svihus (2014), the use of the crop can be influenced by the lighting program, because the birds tend to store feed at the end of the light period, and the food is digested gradually during the time in which the bird remains in the dark. Svihus (2014) explained that birds raised under continuous light tend to eat smaller meals more often during the day, and filling the gizzard seems to be responsible for the feeling of satiety. Nielsen (2004) showed that birds with ad libitum feeding will not use the total capacity of food storage in the crop. Given that the lighting program adopted in the experiment 1 was continuous light (24h) and feed was available ad libitum, the feed consumption of the birds was likely related to the filling of the gizzard. There was not observed influence of the light program in the incidence of pendulous crop in chickens in the experiment 2 (figure 3), since in accordance with chi-square test, the incidence of pendulous crop verified at this experiment was not dependent of the treatments (light program and rearing temperature).

By placing the data in this research into the context of published literature, it is clear that the pelleted ration influenced the development of the pendulous crops. Scientific literature in this field is limited, and it is difficult to know for sure how this influence took place. However, there is evidence to suggest that an under-developed gizzard combined with food overload in the intestine may have contributed to the development of the pendulous crop. Owings (1982) found that birds that received more fat in the diet had a higher incidence of the pendulous crop than the birds that received a standard diet. Svihus and Hetland (2001) found that pelleted feed passes easily through the gizzard and may cause an overload of starch in the intestines of poultry when compared to the mashed feed.

Wheeler et al. (1960) studied the effects of replacing starch in the turkeys' diet by glucose monohydrate and showed that all birds were afflicted by the pendulous crop, while none of the birds fed a conventional diet were affected. The

authors highlighted the importance of nutritional factors in the development of the pendulous crop, because glucose monohydrate requires less digestion time in relation to the use of common sources of starch, which can cause an energetic overload to the organism. In this case, due the better utilization of the pelleted feed, the excess of energy in the chickens may influence in the pendulous crop incidence.

According to Hinshaw and Asmundson (1936), birds that develop the pendulous crop have some genetic predisposition, which may or may not develop. Asmundson and Hinshaw (1938), when studying the effect of crossing birds with and without pendulous crop, found an incidence of 25% of the pendulous crop in chicks whose parents did not present the problem and 100% incidence for birds whose parents had the problem. The finds of these researches showed that the pendulous crop dysfunction are highly difficult to understand, since there are any established pattern for develop.

In the first experiment, the rearing temperature also influenced the development of the pendulous crop in birds fed a pelleted ration, where thermoneutral conditions lead to a higher incidence compared to those raised in colder conditions. Hinshaw and Asmundson (1936), when studying the effects of rearing temperature on the development of pendulous crop in turkeys, found that turkeys reared in warmer conditions had a higher incidence of the pendulous crop than turkeys reared in colder conditions. The authors also showed that birds raised in warmer environments consumed more water, which aggravated the development of the pendulous crop. Albuquerque (1978) found a low incidence of the pendulous crop (2.4% of males and 7.2% of females) in turkeys raised at low temperatures (mean of 26.7°C), but when the mean temperature rose to 35°C, the incidence of the pendulous crop increased to 5.3% for males and 11.5% for females.

Information available in the published literature and in this study suggest that a pelleted diet results in an under-developed gastrointestinal system and an energetic overload due to the more easily digested feed. Management practices have lead to a poorly developed and overloaded gastrointestinal system. Because the satiety of the bird is linked to the filling of the gizzard (Savory, 1979), and the pelleted feed has a low retention time, the bird starts to ingest a greater amount of feed and cause an even greater burden on the gastrointestinal system.

A bird raised entirely on pelleted feed will have an under-developed gastrointestinal system, and when it starts to ingest larger volumes of feed (growth phase, 21 to 42 days of age), the bird is unable to cope with the greater amounts of nutritional energy. The energy overload seems to deregulate the organism, causing food to be constantly stored in the crop. The crop expands, stretching the muscles, losing the capacity to contract and empty, until it reaches a point where the damage is irreversible.

According Classen et al. (2016), there is necessary a long dark period for stimulating the anticipatory feeding prior the scotophase, being related for the authors that a minimum of 4 hours of darkness is required to develop anticipatory feeding behavior. In the experiment 2 the chickens are been submitted to 6 hours of darkness from day 8 to 28, 4 hours of darkness from day 29 to 35, but although was verified higher incidence of pendulous crop in chickens reared with light/dark program compared with the continuous light program, the chi-square tests show that the incidence of pendulous crop in this experiment was not dependent of the studied factors (rearing temperature and light program).

The finds of the experiment 2 showed some difference by the results found in the experiment 1, where in the first research was verified a higher incidence of pendulous crop in chickens reared at thermoneutrality, and in the experiment 2 was not observed influence of rearing temperature in the pendulous crop development. This fact can be justified by the individual predisposition to developed pendulous crop, where animals from different batches may respond to external factor in a different way. Based in the finds, we can assume that the birds maybe have some predisposition for develop the pendulous crop, but these may or may not happen based in some factors, including management (light program, feed format, environmental temperature, etc.).

Asmundson and Hinshaw (1937) when investigated the inheritance of pendulous crop in turkeys, verified different incidences of pendulous crop according the matings (parents) and the year that are recorded the incidence, where the pendulous crop incidence was higher or lower according the family. The chickens used in the experiment one were from different batch to the chickens used in the

experiment 2, so the difference in the response of the treatments may be linked to the differences of family.

During the experiment 1, one bird died due to the rupture of its overly distended crop. The bird in question had an extremely dilated crop that became increasingly distended with time. However, even with such a large amount of feed stored in the crop, the bird continued to eat until the crop burst. This seems to support Savory's (1979) statement that the satiety of the bird is more related to the filling of the gizzard than to the filling of the crop. In the case of a pendulous crop, feed is not easily transferred from the crop to the gizzard, and the bird is unable to regulate food intake, causing further dysfunction within the gastrointestinal tract of the bird.

CONCLUSIONS

Feeding a pelleted ration increased the incidence of pendulous crop in broilers, and this feed may have caused some alteration of the gastrointestinal system of birds, which caused pendulous crop to be more prevalent. Higher temperature increase the incidence of the pendulous. Light program did not influence the development of pendulous crop in chickens. Further studies are needed to clarify the causes and effects of the pendulous crop in chickens.

ACKNOWLEDGMENT

The authors are thankful to Cobb-Vantress for all support given for this research.

REFERENCES

- Abdollahi, M. R., and V. Ravindran. 2013. Influence of pellet length on pellet quality and performance of broiler starters. *J. Appl. Poult. Res.* 22 :516–522.
- Abdollahi, M. R., V. Ravindran, and B. Svihus. Influence of feed form on growth performance, ileal nutrient digestibility, and energy utilization in broiler starters fed a sorghum-based diet. *Livestock Science*, v.165, p. 80-86, 2014.
- Albuquerque, K., A. T. Leighton, Jr., J. P. Mason, Jr., and L. M. Potter. 1978. The effects of environmental temperature, sex and dietary energy levels on growth performance of large White turkeys. *Poult. Sci.* 57:353–362.
- Asmundson, V. S., and W. R. Hinshaw. 1938. On the Inheritance of Pendulous Crop in Turkeys (*Meleagris Gallopavo*). *Poult. Sci.* 17: 276-285.
- Bokkers, E. A. M., and P. Koene. 2003. Behaviour of fast- and slow growing broilers to 12 weeks of age and the physical consequences. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 81: 59-72.
- Calet, C. 1965. The relative value of pellets versus mash and grain in poultry. *Worlds Poult. Sci. J.* 21: 23–52.
- COBB. 2012. Broiler Management Guide. <https://cobb-guides.s3.amazonaws.com/07fc99a0-bbd2-11e6-bd5d-55bb08833e29.pdf> Accessed Mar. 2016.
- Ebling, P. D. I., G. C. I. Pontalti, A. P. I. Villanueva, and A. M. L. I. Ribeiro. 2015. Pendulous Crop in Broilers. *Braz. J. Poultry. Sci.* 17: 395-398.
- Engberg, R. M., M.S. Hedemann, and B.B. Jensen. 2002. The influence of grinding and pelleting of feed on the microbial composition and activity in the digestive tract of broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 43: 569-579.
- Ferket, P. 2000. Feeding whole grains to poultry improves gut health. *Feedstuffs* 72: 12–14.
- Gentle, M. J. 1979. Sensory control of feed intake. Pages: 259-273 In K.N. Boorman and B.M. Freeman eds: *Food Intake Regulation in Poultry*. British Poultry Science Ltd, Edinburg.
- Goodband, R. D., M. D. Tokach, and J. L. Nelssen. 2002. The effects of diet particle size on animal performance. Accessed June 2017. <https://www.bookstore.ksre.ksu.edu/pubs/MF2050.pdf>

- Herenda, D. C., and D. Franco. 1996. Poultry diseases and meat hygiene: a color atlas. Ames: Iowa State University Press. p.337.
- Hetland, H., and B. Svihus. 2007. Inclusion of dust bathing materials affects nutrient digestion and gut physiology of layers. *J. Appl. Poult. Res.* 16:22–26.
- Hinshaw, W. R., and V. S. Asmundson, 1936. Observations on pendulous crop in turkeys. *J. Amer. Vet. Med. Assoc. N.S.* 41:154-165.
- Nielsen, B. L. 2004. Behavioural aspects of feeding constraints: Do broilers follow their gut feelings?. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 86:251–260.
- Owings, W. J., and J. L. Sell. 1982. Performance of Growing Turkey Hens as Influenced by Supplemental Dietary Fat and Different ME: Nutrient Ratios. *Poult. Sci.* 61: 1897-1904.
- PORTELLA, F.J.; CASTON, L.J.; LEESON, S. Apparent feed particle size preference by broilers. *Can. J. Anim. Sci.*, v.68, p.923-930, 1988.
- Pym, R. 2013. Poultry genetics and breeding in developing countries. *Poultry Development Review*. Accessed Oct. 2016. <http://www.fao.org/3/a-i3531e.pdf#page=86>.
- Rosário, M. F., M. A. N. Silva, A. A. D. Coelho, and V. J. M. Savino. 2004. Síndrome ascítica em frangos de corte: uma revisão sobre a fisiologia, avaliação e perspectivas. *Cienc. Rural.* 34: 1987-1996.
- Rostagno, H. S., L. F. T. Albino, J. L. Donzele, P. C. Gomes, R.F. M. Oliveira, D. C. Lopes, A. S. Ferreira, and S. L. T. Barreto. 2012. Brazilian tables for poultry and swine—Composition of feed stuffs and nutritional requirements. 3rd ed. Viçosa, MG, Brazil.
- Santos, M. M. 2015. A importância do manejo e inclusão de dieta peletizada para frangos de corte. Monograph, UTP. Paraná.
- Savory, C. J. 1979. Food intake regulation in poultry. p.277 – 323, British Poultry Science Ltd. Edinburgh, UK
- Selle, P. H., S. Y. Liu, A. J. Cowieson. 2013. Steam-pelleting temperatures, grain variety, feed form and protease supplementation of mediumly ground sorghum-based broiler diets: influences on growth performance relative gizzard weights, nutrient utilisation, starch and nitrogen digestibility. *Anim. Prod. Sci.* 53, 378–387.
- Svihus, B. 2014. Function of the digestive system. *J. Appl. Poult. Res.* 23 :306–314.

- Svihus, B., A. Sacranie, V. Denstadli, and M. Choct. 2010. Nutrient utilization and functionality of the anterior digestive tract caused by intermittent feeding and inclusion of whole wheat in diets for broiler chickens. *Poult. Sci.* 89:2617–2625.
- Svihus, B., and H. Hetland. 2001. Ileal starch digestibility in growing broiler chickens fed on a wheat-based diet is improved by mash feeding, dilution with cellulose or whole wheat inclusion. *Br. Poult. Sci.* 42:633–637.
- Svihus, B., K. H. Kiovstad, V. Perez, O. Zimonja, S. Sahlstrom, and R. B. Schuller. 2004. Physical and nutritional effects of pelleting of broiler chicken diets made from wheat ground to different coarsenesses by the use of roller mill and hammermill. *Anim. Feed Sci. Tech.* 117:281–293.
- Truong, H. H., A. F. Moss, S. Y. Liu, and P. H. Sellea. 2017. Pre- and post-pellet whole grain inclusions enhance feed conversion efficiency, energy utilization and gut integrity in broiler chickens offered wheat-based diets. *Anim. Feed. Sci. Tech.* 224: 115–123.
- Truong, H. H., S. Y. Liu, and P. H. Selle. 2016. Starch utilization in chicken-meat production: the foremost influential factors. *Anim. Prod. Sci.* 56: 797-814.
- USDA. 2017. *Livestock and Poultry: World Market and Trade*. Accessed May. 2017. http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf
- Vermette, C., K. Schwean-Lardner, S. Gomis, T. G. Crowe, and H. L. Classen. 2016. The impact of graded levels of daylength on turkey productivity to eighteen weeks of age. *Poult. Sci.* 95: 985–996.
- Wheeler, H. O., B. L. Reid, T. M. Ferguson, J. R. Couch, and R. H. Rigdon. 1960. Differences in Susceptibility of Broad Breasted Bronze and Beltsville Small White Turkeys to Dietary-Induced Pendulous Crop. *Poult. Sci.* 39: 263-267.
- Zohair, G. A.M., G. A. Al-Maktari, and M. M. Amer. 2012. A Comparative Effect of Mash and Pellet Feed on Broiler Performance and Ascites at High Altitude (Field Study). *Glob. Vet.* 9: 154-159.

Capítulo 3 – Crop situation and feed format in the carcass yield of chickens reared at two environmental conditions and Impact of the dysfunction in the gastrointestinal tract size and gut flow

(According to Poultry Science Journal)

Authors: Eduardo Alves de Almeida*¹, Flávio Henrique Araújo Silva[†], Trever Gordon Crowe[‡], Marcos Macari*, Renato Luis Furlan*

Affiliations: **Department of Morphology and Animal Physiology, Universidade Estadual Paulista, 14884-900 – Jaboticabal - SP – Brazil, †Cobb-Vantress - Siloam Springs, Arkansas, United States, ‡College of Engineering – University of Saskatchewan, Saskatoon – Canada.*

Section: Management and Production

¹Corresponding author: E.A. Almeida (Email:eng.eduardoalves@hotmail.com)

Corresponding address: Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias FCAV/UNESP- Campus de Jaboticabal - Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n CEP: 14884-900 Jaboticabal-SP, Brazil.

Telephone and fax: +55 16 3209-2654/3202-4275

ABSTRACT: Pendulous crop is a complex situation that affects turkeys and chickens. There is a lack of studies about how the dysfunction can impact carcass and parts yield, as well the differences of gut flow and intestinal organs size. In this sense, there were conducted two experiments for understand better these points. At experiment one, there was studied the weight of carcass, back, wing, legs and breast, of chickens from the experiment one (chapter 2), being analyzing separated the effect of feed format and crop situation for each environmental situation (thermoneutral and low temperature). The number of repetitions was defined according to the quantify of chickens affected with pendulous crop in each situation. The second experiment was conducted using chickens from the treatment that was observed higher incidence of pendulous crop (Pellet feed + Thermoneutral temperature), chosen 6 normal crop and 6 pendulous crop chickens. In this trial, there were studied the differences in the gut flow, intestine length (m) and weight of intestine, crop, proventriculus and gizzard (full and empty). Pendulous crop chickens reared at thermoneutral condition presented lower weight of carcass and parts (back, wing, leg and breast), as well lower relative weight of carcass (73.4% - pendulous crop vs. 77.4% normal crop) and breast (37.2% pendulous crop vs. 39.5% normal crop). At cold condition there was observed lower weight of carcass, wing, legs, and lower relative weight of carcass (77.4% normal crop vs. 74.2 pendulous crop) and breast (40.5% normal crop and 38.0% pendulous crop). Pendulous crop chickens presented lower intestine length (1.44m) than normal crop chickens (1.66m), lower gizzard weight (31% full and 34% empty), and heavier crop content (0.627 kg – pendulous crop / 0.014 kg – normal crop). We conclude that pendulous crop impacted negatively in the yield of carcass and parts, as well in the development of intestinal organs (full intestine, gizzard and crop), being a big concern from a production point of view and chickens welfare.

Key words: crop size, welfare, production, dilated crop.

INTRODUCTION

During the last decades the poultry industry has been developed a lot, being produced significantly heavier chickens in a short time span. According Gous (2015), chickens genetic improvement works towards improving the feed conversion, decreasing the fat deposition and increasing the breast size. It is possible to verify developing changes in the new strains of chickens when we compare older studies with new studies, Cherry and Barwick (1962) reported an accumulated feed intake of 1,911g for chicken males at 42 days old, with a daily ingestion of about 45 g and Almeida et al. (2017), 55 years later, that observed accumulate feed intake of 5,180g in broiler chickens with the same age, representing an average daily feed intake about 123g (275% higher).

According Gonzales et al. (1999), new chicken strains are more susceptible to develop metabolic dysfunctions, due the higher feed intake and growth rate, as ascites and sudden death. Pendulous crop is a complex condition that affects turkeys and chickens, promoting a distention of the crop musculature. Hinshaw and Asmundson (1936) defined the pendulous crop as an abnormality characterized by temporary or permanent distension of the crop, with liquid or semi-liquid stagnant content. There is a great lack of studies related to pendulous crop in broilers, being more common in turkeys.

Ebling et al. (2015) reported that chickens affected by pendulous crop showed lower carcass weight, as well significantly higher crop content. There are no studies about the impact of pendulous crop in the yield of carcass and parts, crop-proventriculus-gizzard size, as well the impact of the pendulous crop in the intestinal length, transit, carcass yield. In response to this need, two experiments were designed. The first were performed to study the yield of carcass and parts in chickens with and without pendulous crop, reared in two thermal conditions (thermoneutral and cold temperature) and two feed format (mash and pellet). The second experiment studied the differences between normal crop chickens and pendulous crop chickens in the intestine transit and length, crop weight (full, empty and content), proventriculus weight (full, empty and content) and gizzard weight (full, empty and content).

MATERIAL AND METHODS

Experiment 1

Facilities, Poultry and Management

The broiler chickens used in this experiment were from the experiment 1 (chapter 2), being selected chickens with normal and pendulous crop, in each treatment at day 42 of rearing, for the study of carcass and parts yield.

Experimental Design

There were analyze the yield of carcass and parts in two different environmental temperatures, being analyzed separated the yield of carcass and parts for each environmental situation. The experimental design was completely randomized. For each environmental situation (thermoneutral and cold temperature) we had a 2x2 factorial, being studied the carcass and part yield of chickens with two crop situations (normal and Pendulous), and fed with two different feed formats (mash and pelletized).

Yield of carcass and parts

For each environmental situation (Thermoneutral and cold situation), eight chickens with normal crop were randomly chosen for each feed format treatment (8 chickens fed mash ration and 8 chickens fed pellet ration). For chickens with pendulous crop, there were selected the total of live birds with the dysfunction in the treatment where the birds fed mash ration (2 chickens for each environmental situation), and for chickens feed pelleted ration, there were used the total of live birds with the dysfunction at cold environment (5 chickens), and randomly chosen 5 chickens at thermoneutral condition. The difference of repetitions is due the lower incidence of the dysfunction when chickens were fed mash ration than chickens fed pelleted ration.

The birds were identified by enumerated plastic rings and subjected to eight hours of fasting in preparation for slaughter. The birds were desensitized with CO₂, followed by the procedures of bleeding, scalding, plucking, gutting, and cutting. The heavy parts measured were the breast, back, thigh + drumstick, and wing, in addition to the entire carcass. The carcass yield was based on the animal's weight after

fasting and the weight of the clean carcass before cooling, whereas the yield of parts was based on the weight of the particular cut region by the weight of the clean carcass.

Statistical Analysis

Carcass and parts yield were subjected to analysis of variance, using Tukey's test at 5% of probability using the SAS (Statistical Analysis System) program.

Experiment 2

Gastrointestinal tract size and gut flow

The objective of this study was to understand better how the pendulous crop impacted some parameters in the chickens' physiology, as feed intake, gut flow and viscera size. At day 42, there were selected 12 chickens for studying the gastrointestinal tract size and gut flow, being six birds with normal crop and six with pendulous crop. The chickens were selected in the treatment where was observed the higher incidence of pendulous crop (Thermal comfort + Pelletized feed), due to the amount of birds necessary for this study (experiment one – chapter 2). The mean body weight observed was 3.550 kg for chickens with normal crop and 3.070 kg for pendulous crop.

The birds were reared with feed *ad libitum* until day 42 and then submitted to 3 hours of fasting, for induce hungry. After the fasting period, all chickens were weighted and recorded the body weight (**BW**) (kg). After the BW recording, the birds received feed *ad libitum* again for 12 hours, with the objective to quantify the amount of food ingested during this time, and so was recorded the feed intake during the 12 hours (**FI12**) (kg), and the body weight after the 12 hours of feeding (**BWA12**) (kg) (Figure 2).

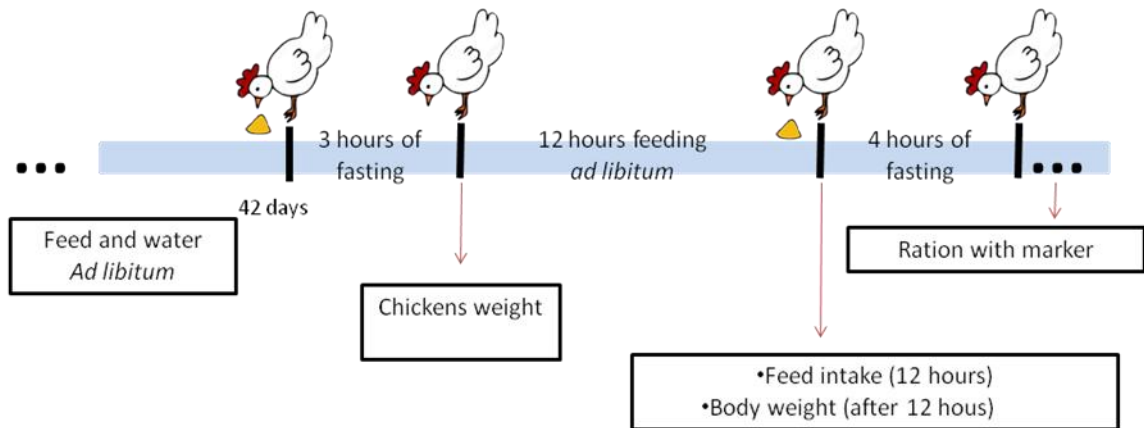


Figure 2 – Scheme adopted for determining feed intake during 12 hours and body weight after this time

After the 12 hours feeding, all chickens were submitted to 4 hours of fasting, for emptying the intestine and inducing hungry, and after the fasting period, the chickens received feed with iron oxide (0.5%) as an indigestible marker. After one hour of feeding, four birds were slaughtered and opened (two with normal crop and two with pendulous crop). There were removed the whole intestine (esophagus to cloaca) and weighted, being recorded the weight of full intestine (**WFI**) (intestine plus content) (kg). After this, the whole intestine was opened, and recorded the exact point that was possible to see the feed with marker, for study the gut flow. The whole intestine was emptying with the aid of a wash bottle, and all the content was removed, being recorded the weight of empty intestine (**WEI**) (kg) and intestine length (**IL**) (m). The same process was made with two and three hours after starting feed (Figure 3).

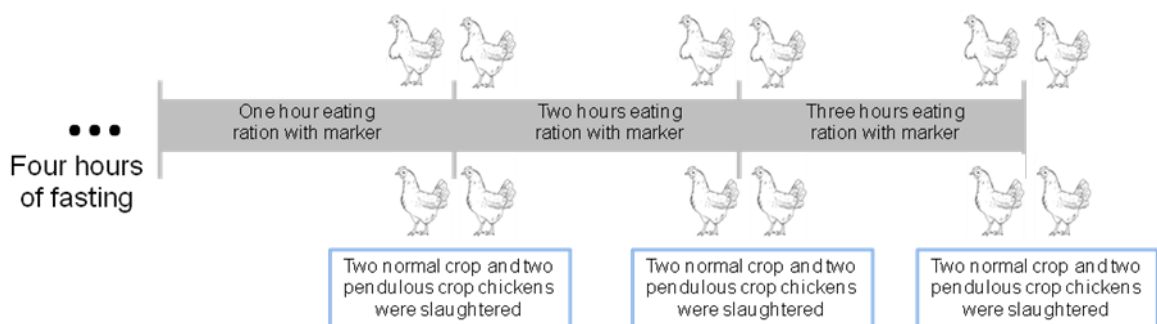


Figure 3 – Scheme adopted for the gut flow study

After this were calculated the relation between the BWA12 and weight of full intestine (**RWFI**) (%) and empty intestine (**RWEI**) (%). There were recorded the weight of crop, proventriculus and gizzard, at two situations (Full and empty) (kg), as well the content weight for each one. There were calculated too the relation between the weight of crop, proventriculus and gizzard with BWA12, WFI and WEI.

RESULTS

Experiment 1

There were not observed a significant difference with feed format in any factor studied ($P>0.05$, Table 1), for any environmental situation studied (thermoneutral and cold situation). On thermoneutral condition, there was observed a significant difference with crop situation ($P<0.05$) for the follow factors: weight of live chicken, carcass, back, wing, leg, breast, and RW of carcass and breast. On cold temperature, there were observed significantly difference for crop situation ($P<0.05$) for the following factors: weight of live chicken, carcass, wing, leg, breast, and RW of carcass and breast. In cold condition, there was observed a significant effect of the interaction between feed format and crop situation (FF*CS) ($P<0.05$), for the weight of live chicken, leg and RW of the wing.

Table 1 – P value of feed format, crop situation and the interaction between feed format (FF) and Crop Situation (CS)

	Thermoneutral			Cold Temperature		
	Feed Format	Crop Situation	FF * CS	Feed Format	Crop Situation	FF * CS
Live weight (kg)	0.4328	0.0018	0.2744	0.4896	0.0279	0.0020
Carcass weight (kg)	0.2938	0.0001	0.1645	0.3546	0.0159	0.0622
RW of Carcass (%)	0.3447	0.0042	0.2808	0.3271	0.0389	0.4789
Back weight (kg)	0.8565	0.0210	0.0991	0.9369	0.1407	0.0967
RW of Back (%)	0.2231	0.1173	0.8097	0.1781	0.4687	0.5959
Wing weight (kg)	0.4794	0.0010	0.4349	0.4339	0.0254	0.7696
RW of Wing (%)	0.4327	0.1406	0.1612	0.7463	0.6222	0.0031
Leg (kg)	0.2230	0.0005	0.2070	0.4724	0.0316	0.0363
RW of Leg*(%)	0.7264	0.2639	0.7891	0.7729	0.5922	0.5547
Breast weight (kg)	0.2324	0.0001	0.1345	0.0598	0.0003	0.1629
RW Breast (%)	0.3148	0.0087	0.2498	0.1215	0.0125	0.4912

*Leg = thigh + drumstick; RW of Carcass = based on the animal's weight after fasting and the weight of the clean carcass before cooling; RW of parts = based on the weight of the particular cut region by the weight of the clean carcass

At thermoneutral condition (table 2), chickens with normal crop presented higher live weight (3.060 kg) than pendulous crop chickens (2.730 kg), as well heavier carcass, back, wing, leg and breast. Pendulous crop chickens showed lower relative weight of carcass, as well lower relative weight of breast than normal crop chickens.

Table 2 – Means \pm standard error of weight (kg) and RW (%) for carcass and parts from chickens with normal and pendulous crop according feed type (mash and pellet) – thermal comfort situation

	Feed Format		Crop Situation	
	Mash	Pellet	Normal	Pendulous
	Weight (kg)			
Live bird	2.962 \pm 0.055	2.886 \pm 0.101	3.06 \pm 0.036 a	2.73 \pm 0.101 b
Carcass	2.258 \pm 0.047	2.175 \pm 0.094	2.372 \pm 0.022 a	2.001 \pm 0.089 b
Back	0.554 \pm 0.011	0.551 \pm 0.022	0.582 \pm 0.009 a	0.513 \pm 0.021 b
Wing	0.219 \pm 0.004	0.213 \pm 0.009	0.229 \pm 0.003 a	0.198 \pm 0.008 b
Leg*	0.614 \pm 0.013	0.587 \pm 0.024	0.639 \pm 0.01 a	0.550 \pm 0.023 b
Breast	0.878 \pm 0.026	0.833 \pm 0.045	0.934 \pm 0.016 a	0.751 \pm 0.040 b
	Relative Weight (%)			
Carcass	76.2 \pm 1.01	75.1 \pm 1.03	77.4 \pm 0.67 a	73.4 \pm 1.15 b
Back	24.6 \pm 0.49	25.4 \pm 0.39	24.6 \pm 0.40	25.6 \pm 0.48
Wing	9.69 \pm 0.09	9.80 \pm 0.12	9.66 \pm 0.10	9.87 \pm 0.10
Leg*	27.2 \pm 0.32	27.1 \pm 0.30	26.9 \pm 0.35	27.5 \pm 0.18
Breast	38.8 \pm 0.54	38.1 \pm 0.66	39.5 \pm 0.51 a	37.2 \pm 0.56 b

*Leg = thigh + drumstick; RW of Carcass = based on the animal's weight after fasting and the weight of the clean carcass before cooling; RW of parts = based on the weight of the particular cut region by the weight of the clean carcass. **Different lower case letters indicate significant differences in the row, within each temperature treatment, using Tukey's test at 5% significance.

At cold condition, pendulous crop chickens showed lower live weight (3.022 kg) than normal crop chickens (3.188 kg) (table 3), as well lower weight of carcass, wing and leg. Pendulous crop chickens showed lower relative weight of carcass and breast when we compare with normal crop chickens.

Table 3 – Means \pm standard error of weight (kg) and RW (%) for carcass and parts from chickens with normal and pendulous crop according feed type (mash and pellet) – low temperature situation

	Feed Format		Crop Situation	
	Mash	Pellet	Normal	Pendulous
	Absolute Weight (kg)			
Live chicken	3.092 \pm 0.062	3.141 \pm 0.078	3.188 \pm 0.057 a	3.022 \pm 0.080 b
Carcass	2.334 \pm 0.073	2.412 \pm 0.068	2.467 \pm 0.046 a	2.248 \pm 0.088 b
Back	0.583 \pm 0.020	0.581 \pm 0.023	0.600 \pm 0.016	0.558 \pm 0.027
Wing	0.218 \pm 0.006	0.225 \pm 0.006	0.230 \pm 0.005 a	0.211 \pm 0.006 b
Leg	0.619 \pm 0.021	0.635 \pm 0.018	0.650 \pm 0.013 a	0.597 \pm 0.024 b
Breast	0.902 \pm 0.030	0.970 \pm 0.034	0.999 \pm 0.021	0.851 \pm 0.034
	Relative Weight (%)			
Carcass	75.3 \pm 1.39	76.7 \pm 0.63	77.4 \pm 0.29 a	74.2 \pm 1.63 b
Back	24.9 \pm 0.25	24.1 \pm 0.59	24.3 \pm 0.36	24.8 \pm 0.60
Wing	9.41 \pm 0.15	9.36 \pm 0.14	9.35 \pm 0.13	9.43 \pm 0.17
Leg	26.5 \pm 0.21	26.4 \pm 0.37	26.3 \pm 0.26	26.6 \pm 0.35
Breast	38.7 \pm 0.71	40.2 \pm 0.70	40.5 \pm 0.43 a	38.0 \pm 0.91 b

*Leg = thigh + drumstick; RW of Carcass = based on the animal's weight after fasting and the weight of the clean carcass before cooling; RW of parts = based on the weight of the particular cut region by the weight of the clean carcass. **Different lower case letters indicate significant differences in the row, within each temperature treatment, using Tukey's test at 5% significance.

At low rearing temperature situation, there was observed significantly interaction between the factors feed format and crop situation (table 4). Chickens with normal crop showed higher live weight when were feed pellet ration (3.319 kg) than mash feed (3.058 kg), and pendulous crop chickens presented the opposite, with higher live weight when were feed with mash ration (3.138 kg) than pellet ration (2.905 kg). There was no observed significantly difference for live weight between the two crop situations when chickens were feed with mash ration, although, when chickens were feed pellet ration, normal crop chickens showed higher live weight (3.319 kg) than pendulous crop chickens (2.905 kg).

Table 4 – Means \pm standard error of weight (kg) and RW (%) for carcass and parts from the interaction between crop type (normal and pendulous) and feed format (mash and pellet) – low temperature situation

Live weight (kg)		
	Mash	Pellet
Normal Crop	3.058 \pm 0.071 b	3.319 \pm 0.065 aA
Pendulous crop	3.138 \pm 0.117 a	2.905 \pm 0.097 bB
RW wing (%)		
	Mash	Pellet
Normal Crop	9.60 \pm 0.14 a	9.11 \pm 0.17 bB
Pendulous crop	9.17 \pm 0.27 b	9.70 \pm 0.16 aA
Leg weight (kg)		
	Mash	Pellet
Normal Crop	0.619 \pm 0.017	0.680 \pm 0.013 A
Pendulous crop	0.618 \pm 0.046	0.576 \pm 0.020 B

*Different lowercase letters indicate significant differences in the row, within each temperature treatment, using Tukey's test at 5% significance. **Different uppercase letters indicate significant differences in the column, within each temperature treatment, using Tukey's test at 5% significance.

Normal crop chickens showed higher relative weight of wing when was fed with mash ration (9.60%) than pellet ration (9.11 %). Pendulous crop chickens showed opposite results, where chickens fed with pellet ration presented higher relative weight of wing (9.70%) than chickens fed mash ration (9.17%). The lower relative weight of wing was observed for normal crop chickens fed pellet ration(9.11%), and the great value was observed for pendulous crop chickens fed pellet ration (9.70%). Normal crop chickens fed pellet ration showed higher leg weight (0.680 kg) than pendulous crop chickens fed the same ration (0.576 kg).

Experiment 2

For F112 was observed significantly difference between the two crop types ($P < 0.01$; table 5), where chickens with pendulous crop feeding a smaller amount (0.050 kg) than normal crop chickens (0.120 kg). After 12 hours feeding, there was observed a significantly difference for body weight between the two crop types ($P < 0.05$), where chickens with pendulous crop showed a body weight reduction and chickens with normal crop showed a increase in the body weight, being verified BWA12 for birds with pendulous crop and normal crop 3.060 kg and 3.580 kg, respectively.

Pendulous crop affected the weight of full intestine, being verified a higher WFI ($P < 0.01$) for pendulous crop (0.870 kg) than normal crop chickens (0.270 kg), with significantly difference for RWFI (%), where was recorded 28.3% (pendulous crop) and 7.5% (normal crop). The crop type did not affected the WEI (kg) as well the REWI (%). Intestine length was significantly higher in chickens with normal crop (1.66 m) than pendulous crop chickens (1.44 m).

Table 5 – Body weight, feed intake and intestine characteristics of chickens with pendulous and normal crop.

	Pendulous crop	Normal Crop	P value
FI12 (kg)	0.05 ± 0.01 b	0.12 ± 0.01 a	0.0081
BWA12 (kg)	3.06 ± 0.18 b	3.58 ± 0.07 a	0.0497
WFI (kg)	0.87 ± 0.06 a	0.27 ± 0.02 b	0.0001
WEI (kg)	0.24 ± 0.03	0.25 ± 0.01	0.6559
IL (m)	1.44 ± 0.08 b	1.66 ± 0.05 a	0.0407
RWFI (%)	28.3 ± 1.93 a	7.50 ± 0.37 b	0.0001
RWEI (%)	7.64 ± 0.45	7.11 ± 0.18	0.296

BW = Body weight; FI12 = Feed intake during a period of 12 hours; BAW12 = Body weight after 12 hours feeding; WFI = Weight of full intestine (with crop content); WEI = Weight of empty intestine (without content); IL = Intestine length; RWFI = Relation between WFI and BW; RWEI = Relation between WEI and BW. *Different lowercase case letters indicate significant differences in the row, within each temperature treatment, using Tukey's test at 5% significance.

Intestinal transit was affected by the crop type (table 6), where was not observed feed intake during the 3 hours of feeding for chickens with pendulous crop, and for normal crop chickens there was observed a feed intake of 0.060 kg for one chicken after 2 hours of feeding, and 0.030 kg for other after three hours of feeding, being in the first situation the feed in the end of the ileum and in the second case the intestinal transit was complete.

Table 6 – Intestinal transit of chickens with and without pendulous crop

Time eating after fasting	Pendulous crop			Control	
	Bird Number	Amount ingested (kg)	Marker local	Amount ingested (kg)	Marker local
1 hour	1	0	Not feed	0	Not feed
	2	0	Not feed	0	Not feed
2 hours	1	0	Not feed	0.06	Beginning of the colon
	2	0	Not feed	0	Not feed
3 hours	1	0	Not feed	0	Not feed
	2	0	Not feed	0.03	Compleat transit

There was observed significantly difference for absolute weight of crop ($P < 0.01$; table 7) full, empty and inner content (table 3). Pendulous crop chickens showed heavier full crop (0.673 kg), than normal crop chickens (0.028 kg), as well empty crop (0.046 kg – pendulous crop and 0.014 kg – normal crop). Crop content was slight in normal crop chickens (0.014 kg) than pendulous crop chickens (0.627 kg). The crop type not influenced proventriculus weight ($P > 0.05$) in any situation (full, empty and content). Normal crop chickens showed heavier full gizzard ($P < 0.05$) (0.074) kg than pendulous crop chickens (0.052 kg), as well empty gizzard, being verified heavier empty gizzard for normal crop (0.053 kg) than pendulous crop (0.035 kg).

Pendulous crop chickens showed a bigger relation ($P < 0.01$) between BWA12 and weight of crop (full, empty and inner content) (table 7), where for pendulous crop chickens, full crop represents 22.3% of the BWA12 against 0.78% in birds with normal crop. Empty crop weight in chickens with normal crop represents 0.4% of the BWA12 versus 1.48% in pendular crop chickens. Crop content represents major percentage of the BWA12 in pendulous crop chickens (20.84%) than in normal crop chickens (0.39%). Gizzard of normal crop chickens represents higher percentage of BWA12 (2.10%) than pendulous crop chickens (1.64%).

There was observed higher ($P < 0.01$) relation between full intestine weight and full crop weight (table 8) for pendulous crop chickens (77.63%) than normal crop chickens (10.04%), as well for crop content, where was observed relation by 72.31% and 4.62% for pendulous crop and normal crop chickens, respectively (table 5). It was observed that proventriculus weight of normal crop chickens represents a higher

percentage of full intestine weight (5.42% full and 4.51% empty) than pendulous crop chickens (1.47% full and 1.27% empty). The gizzard weight (full, empty and inner content) of normal crop chickens represents a higher percentage of full intestine weight (27.86% full, 20.18% empty and 7.67% inner content), than pendulous crop chickens (5.95% full, 4.06% empty and 1.89% inner content).

Empty crop weight of pendulous crop chickens represents a larger amount ($P < 0.01$) of the intestine without crop content weight (19.65%) than normal crop chickens (5.65%) (table 9), as well full gizzard weight, where for normal crop chickens, the full gizzard weight represents higher percentage (29.32%) of the intestine without crop content than pendulous crop chickens (21.50%).

Table 7 – Mean \pm standard error of absolute weight (kg) and relation between body weight (RW¹) and crop, proventriculus and gizzard (full, empty, and content) weight (%).

		Absolut weight (kg)			RW ¹ (%)		
		Pendulous crop	Normal crop	P value	Pendulous crop	Normal crop	P value
Crop	Full	0.673 \pm 0.057 a	0.028 \pm 0.008 b	0.0012	22.3 \pm 2.20 a	0.78 \pm 0.21 b	0.0001
	Empty	0.046 \pm 0.004 a	0.014 \pm 0.008 b	0.0012	1.48 \pm 0.07 a	0.40 \pm 0.02 b	0.0001
	Content	0.627 \pm 0.056 a	0.014 \pm 0.008 b	0.0001	20.84 \pm 2.19 a	0.39 \pm 0.22 b	0.0002
Proventriculus	Full	0.013 \pm 0.0017	0.014 \pm 0.0008	0.5301	0.40 \pm 0.04	0.40 \pm 0.03	0.9453
	Empty	0.011 \pm 0.0008	0.012 \pm 0.0011	0.6109	0.36 \pm 0.02	0.33 \pm 0.04	0.6259
	Content	0.0017 \pm 0.0011	0.0025 \pm 0.0011	0.6952	0.05 \pm 0.03	0.07 \pm 0.04	0.7369
Gizzard	Full	0.051 \pm 0.006 b	0.074 \pm 0.005 a	0.0292	1.64 \pm 0.14	2.10 \pm 0.13	0.0264
	Empty	0.035 \pm 0.007 b	0.053 \pm 0.002 a	0.0498	1.10 \pm 0.17	1.50 \pm 0.05	0.0727
	Content	0.016 \pm 0.003	0.021 \pm 0.003	0.3774	0.54 \pm 0.13	0.59 \pm 0.09	0.7924

RW1 = Relation between body weight (BWA12) with weight of crop, proventriculus and gizzard (full, empty and content). *Different lowercase case letters indicate significant differences in the row, within each temperature treatment, using Tukey's test at 5% significance.

Table 8 – Mean \pm standard error of relation between weight of full intestine (RW²) and empty intestine (RW³) with crop, proventriculus and gizzard (full, empty, and content) weight (%).

		RW ² (%)			RW ³ (%)		
		Pendulous crop	Normal crop	P value	Pendulous crop	Normal crop	P value
Crop	Full	77.63 \pm 2.66 a	10.04 \pm 2.09 b	0.0001	-	-	-
	Empty	5.31 \pm 0.41	5.42 \pm 0.47	0.8806	19.65 \pm 1.10 a	5.65 \pm 0.40 b	0.0001
	Content	72.31 \pm 2.99 a	4.62 \pm 2.46 b	0.0001	-	-	-
Proventriculus	Full	1.47 \pm 0.20 b	5.42 \pm 0.47 a	0.0009	5.33 \pm 0.47	5.65 \pm 0.40	0.6709
	Empty	1.27 \pm 0.11 b	4.51 \pm 0.59 a	0.0029	4.79 \pm 0.51	4.71 \pm 0.56	0.9223
	Content	0.19 \pm 0.12	0.90 \pm 0.41	0.2205	0.55 \pm 0.35	0.94 \pm 0.43	0.6013
Gizzard	Full	5.95 \pm 0.78 b	27.86 \pm 1.19 a	0.0001	21.50 \pm 1.27 b	29.32 \pm 1.49 a	0.0039
	Empty	4.06 \pm 0.78 b	20.18 \pm 1.19 a	0.0001	14.19 \pm 1.81 b	21.17 \pm 0.71 a	0.0275
	Content	1.89 \pm 0.43 b	7.67 \pm 0.94 a	0.0031	7.31 \pm 2.13	8.15 \pm 1.12	0.7647

RW² = Relation between weight of full intestine (WFI) with weight of crop, proventriculus and gizzard (full, empty and content). RW³ = Relation between weight of empty intestine (WEI) with weight of crop, proventriculus and gizzard (full, empty and content). *Different lowercase case letters indicate significant differences in the row, within each temperature treatment, using Tukey's test at 5% significance.

DISCUSSION

Analyzing the data of the two experiments, it is possible to see that pendulous crop impacted negatively the development of many organs at gastrointestinal tract of chickens affected by the dysfunction, resulting in low carcass and parts yield. At experiment one was verified that pendulous crop chickens presented lower weight (kg) of carcass and parts, as well lower relative weight (% in relation to body weight) of carcass and breast. These data are according to Ebling et al. (2015) who found lower carcass weight in pendulous crop than normal crop chickens.

The lower feed intake observed in chickens with pendulous crop (0.05 kg) than normal crop (0.120 kg) in a period of 12 hours, resulted in decrease of chicken live weight, since before the period analyzed (12 hours) chickens with the dysfunction weighted 3.070 kg, and after this period the weight decreased to 3.060 kg (10 grams less). According the manual of the lineage (Cobb, 2008), the expected feed intake for male broiler chickens in a period of 24 hours at 42 days of live is 0.212 kg, with the weight gain of 0.068 kg. Comparing the expected feed intake with the observed feed intake, it is possible to see that normal crop chickens presented the expected feed intake (0.120 kg / 12 hours), although pendulous crop chickens showed feed intake approximately 50% lower than expected.

The lower feed intake observed in chickens with the dysfunction may be linked to the difficult to walk due to the higher feed amount stocked inside the crop at 42 days of life. It was observed higher average of crop content (0.627kg) in pendulous crop than normal crop chickens (0.014 kg) (figure 4). For Ebling et al. (2015), the pendulous crop may change the chicken center of mass, impairing the equilibrium and locomotion capacity. Observing the figure 5, it possible to see that when occurring the development of pendulous crop in chickens, the birds shape changes, where the body was inclined forward due to the weight of content inside the crop. It is important to remember that the greater the amount of feed stocked inside the crop, the greater the difficult to walk and consequently greater the difficult to move to the feeder and drinker.

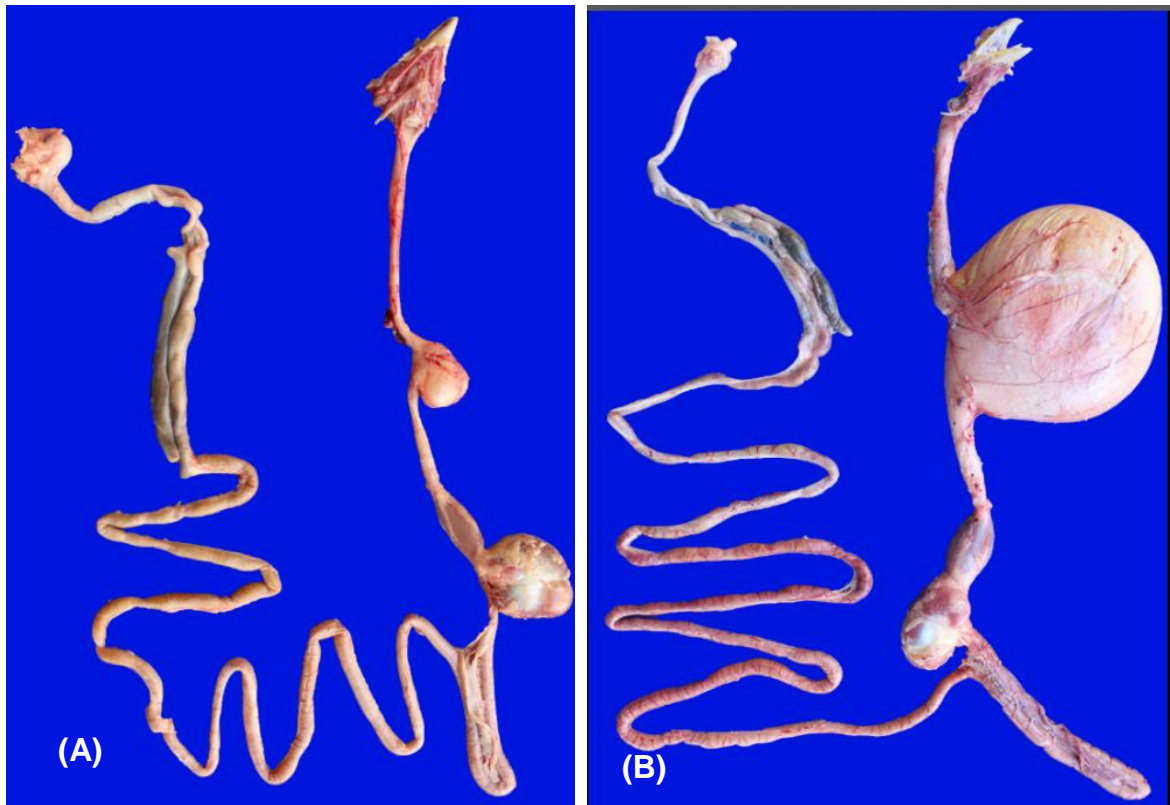


Figure 4 – Intestinal tract of (A) normal crop and (B) pendulous crop chickens



Figure 5 – Comparison between (A) normal crop and (B) pendulous crop chickens
Source: Personal Archive (2017)

Other important point to highlight that may be linked to the development of pendulous crop is the gizzard size. In the experiment 2 was observed that pendulous crop chickens showed lower gizzard weight (full and empty) than normal crop chickens, as well lower relative weight (% in relation to weight of body, full and empty intestine). The well development gizzard is very important, since according Classen et al. (2016) the gizzard plays an important role in the digestion and gut health. The main question in this case is if the gizzard is smaller in pendulous crop chickens due the crop dysfunction, or the dysfunction occurs due the poor developed gizzard. The two ways looks make sense, since if large amount of food is directed to the crop, the gizzard may not receive an enough amount of food for process, so the musculature will work less, causing undeveloped gizzard. In other hand, if the gizzard was small due other problem (genetic predisposition, diseases, etc.), the intestinal flow can be impaired, causing the dysfunction in the crop.

There was observed difference in the gut flow between chickens with normal and pendulous crop, where was verified no feed intake during the period analyzed (3 hours) for chickens with pendulous crop, but in the same period, there was observed feed intake in normal crop chickens, and complet transit after 3 hous feeding. According Svihus (2014) and Ferket (2000) the correct gizzard development is very important, and looks control the intestinal transit flow, being closely related to the motility. In this sense, we can infer that the poor developed gizzard in the first weeks of the chickens life may impact the intestinal flow, worsening the crop dysfunction.

According Ebling (2015), the increasing of the crop weight compromising the bird wellbeing, since the excess of weight hinders chicken locomotion capacity, and the animal have difficulties for drinking and feed, causing dehydration and malnutrition. Other problem directly linked to the heavier crop is the capacity of the bones to support the extra weight. For Williams et al. (2000), the genetic selection for muscle growth in the broiler has resulted in an imbalance between the developments of various body systems, including deficiency in the chicken's skeletal resistance. According Thorp (1994), skeletal deformities due to the genetic improvement for meat production cause severe lameness in the chicken legs. If we consider the possible deficiency in the bone development in the fast-growing chickens, the excess

weight that the bird needs to carry daily (pendulous crop) represents a source of pain and suffering, impacting negatively in the bird's health and well-being.

Other important point to discuss is the interaction between feed format and crop situation. At cold situation was verified that the pellet feed impacted positively in the weight of live chicken, wing and legs, when the crop situation is normal, but, when the chickens presented pendulous crop, the behavior is opposite, and pellet feed promote less live weight than mash feed. According Svihus (2014), the pelletizing process increase the digestibility of the feed, and this higher digestibility may interfere in the development of gizzard and consequently make changes in the gut flow, where although occurs an increase in the feed intake, do not occur increase in the utilization of food.. The same fact was reported by Truong (2017) that verified lower gizzard size in chickens fed pellet ration than mash ration.

CONCLUSIONS

Pendulous crop impacted negatively in the chickens' development, resulting in lower carcass and parts yield, as well low development of gizzard and intestine. The higher amount of food stocked inside the crop can impact negatively in the chicken wellbeing situation, as well in the performance.

REFERENCES

- Asmundson, V. S., and W. R. Hinshaw. 1938. On the Inheritance of Pendulous Crop in Turkeys (*Meleagris Gallopavo*). *Poult. Sci.* 17:276–285.
- Almeida, E. A.; L. F. A. Souza, A. C. Sant'anna, R. N. Bahiense, M. Macari, R. Furlan. 2017. Poultry rearing on perforated plastic floors and the effect on air quality, growth performance, and carcass injuries—Experiment 1: Thermal Comfort, *Poult. Sci.* 96:3155–3162.
- Cherry, P.; M.W. Barwick. 1962. The effect of light on Broiler growth. *British Poultry Science*, v.3, p.41-50.
- Classen, H.L., J. Apajalahti, B. Svihus, and M. Choct. 2016. The role of the crop in poultry production. *World's Poultry Science Journal*, 72: 459-472.

- Coob. 2008. Suplemento de crescimento e nutrição para frangos de corte. http://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/zootecnia/NILVAKAZUESAKOMURA/suplemento_cobb_500.pdf
- Ebling, P. D. I., G. C. I. Pontalti, A. P. I. Villanueva, and A. M. L. I. Ribeiro. 2015. Pendulous Crop in Broilers. *Braz. J. Poultry. Sci.* 17: 395-398.
- Ferket, P. 2000. Feeding whole grains to poultry improves gut health. *Feedstuffs* 72: 12–14.
- Gonzales, E., J. Buyse, J. R. Sartori, M. M. Loddi, and E. Decuypere. Metabolic disturbances in male broilers of different strains. 2. Relationship between the thyroid and somatotropic axes with growth rate and mortality, *Poult. Sci.* 78:516–521.
- Gous, R.M. 2015. A Model to Optimize Broiler Productivity. In: *Nutritional Modelling for Pigs and Poultry*. CABI International. 319 p.
- Hinshaw, W. R., and V. S. Asmundson, 1936. Observations on pendulous crop in turkeys. *J. Amer. Vet. Med. Assoc. N.S.* 41:154-165.
- SVIHUS, B. Function of the digestive system. *Journal Applied to Poultry Research.* v. 23, p. 306–314, 2014
- THORP, B.H. Skeletal disorders in the fowl – a review. *Avian Pathology.* v.23, p.203–236, 1994.
- Truong, H. H., A. F. Moss, S. Y. Liu, and P. H. Sellea. 2017. Pre- and post-pellet whole grain inclusions enhance feed conversion efficiency, energy utilization and gut integrity in broiler chickens offered wheat-based diets. *Anim. Feed. Sci. Tech.* 224: 115–123.
- WILLIAMS, B; SOLOMON, S.; WADDINGTON, D.; THORP, B.; FARQUHARSON, C. Skeletal development in the meat-type chicken. *British Poultry Science*, v.41, p.141-149, 2000.

Capítulo 4 – Bone mineral density, fat and lean mass in normal and pendulous crop chickens, and impact of late fasting in the development of pendulous crop

(According to Poultry Science Journal)

Authors: Eduardo Alves de Almeida¹, Flávio Henrique Araújo Silva[†], Lizandra Amoroso*, Silvana Martinez Baraldi Artoni*, Trever Gordon Crowe[‡], Marcos Macari*, Renato Luis Furlan*

Affiliations: **Department of Morphology and Animal Physiology, Universidade Estadual Paulista, 14884-900 – Jaboticabal - SP – Brazil, †Cobb-Vantress - Siloam Springs, Arkansas, United States, ‡College of Engineering – University of Saskatchewan, Saskatoon – Canada.*

Section: Management and Production

¹Corresponding author: E.A. Almeida (Email:eng.eduardoalves@hotmail.com)

Corresponding address: Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias FCAV/UNESP- Campus de Jaboticabal - Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n CEP: 14884-900 Jaboticabal-SP, Brazil.

Telephone and fax: +55 16 3209-2654/3202-4275

ABSTRACT: Pendulous crop is a complex situation that affects chickens and turkeys. There is a lack of studies related to the dysfunction in chickens, being the most part of the available researches about the dysfunction in turkeys. There are no data available in the literature that show the differences at the bone characteristics, percentage of fat and lean mass in pendulous crop chickens. Other important fact that needs attention is the lack of studies about the influence of long fasting periods in the development of pendulous crop in chickens. Based on the above considerations, two experiments were developed. At experiment one, 42 days old chickens' was scanning by DXA, using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA), being recorded bone mineral content (BMC) (g), bone mineral density (BMD) (g/cm^2), % of fat, lean mass (g) and total mass (g). At experiment two was studied the influence of long fasting period (12 hours and 24 hours) in the development of pendulous crop in 42 days old chickens. Pendulous crop chickens presented lower BMC, BMD and % of fat than normal crop chickens. The long fasting period in 42 days old chickens was not able to induce development of pendulous crop, being no observed any chickens with the dysfunction even after 48 hours of fasting period. There was concluded that pendulous crop dysfunction promote decrease in the mineral and energy absorption, impaired negatively in the correct chicken development.

Key-words: DXA, densitometry, fat content, mineral content, fasting.

INTRODUCTION

Over the past years, the incidence of pendulous crop in broiler chickens was growing in Brazil, became a big concern for the poultry industry. Ebling et al. (2015) reported a high incidence of the pendulous crop in a poultry house located in a south of Brazil, compromising 9.5% of the chickens. Santos (2015) when studied the importance of the management and inclusion of pelleted diet for broiler chicken, observed incidence of 8,000 birds with pendulous crop in a commercial poultry

house, being related for the author that the dysfunction represents a big concern to the poultry industry, since chickens with pendulous crop can be a source of contamination at the slaughter.

There are few researches that report the factors linked to the development of pendulous crop in turkeys, as photoperiod (Vermette et al., 2016), nutrition (Cline et al., 1933; Wheller et al., 1957), environmental temperature (Albuquerque, 1978), and genetic (Hinshaw and Asmundson, 1936), but the informations about development of pendulous crop in broiler chickens are very scarce, limited to simple informations about the weight of the crop, carcass, and the implications of the dysfunction in the carcass condensation (Ebling et al., 2015; Santos, 2015).

It is speculated that higher fasting period can influence in the development of the pendulous crop, since when the chickens remain for a long period of time without feeding, may occur an overconsumption when the fed back, resulting consequently in the distension of the crop. The problem, in this case, is the lack of scientific data that confirm this hypothesis, being necessary studies about this subject. In preliminaries studies not yet published, it was verified that pendulous crop chickens presented lower feed intake than recommended for the lineage, but is not clear how this less feed intake can influence some parameters of chickens body composition, as bone mineral density, fat and lean mass content.

According Hester et al. (2004), Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) can be used as a noninvasive tool to monitor the skeletal integrity (Bone mineral content and bone mineral density) of live birds, being the data obtained from densitometric scans of live birds correlated well with the in vitro bone measurement tests. Mitchell et al. (2011) verified that DXA was very useful for determinate the % of fat and lean mass in live chickens, being the observed values closely related to the chemical analyses.

Due to the necessity of more in-depth investigations about the pendulous crop, there are done two experiments. The first experiment was conducted with the aim to understand how pendulous crop dysfunction can influence the bone mineral density, fat and lean mass. The second study investigated the influence of two periods of fasting (12 and 24 hours) in 42 days old chickens, in the feed intake and development of the pendulous crop.

Material and Methods

Experiment 1

Birds and management

The chickens used in this trial are from the experiment 2 (chapter 2), being the chickens reared in two thermal conditions (thermoneutral and low temperature) and two light programs (24hours of continuous light and light/dark programs). At day 42, there were selected seven normal crop chickens in each chamber, with the body weight next to the average weight verified in the treatment. All the live pendulous crop chickens are selected, totalling 2 chickens for each follow treatments (low temperature + 24 hours of continuous light, low temperature + light/dark program, thermoneutral temperature + light/dark program) and one pendulous crop chicken in the treatment with thermoneutral temperature and 24 hours of continuous light.

Experimental Design

There were analyzed Bone Mineral Content (BMC) (grams), Bone Mineral Density (BMD) ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$), Fat (%), Lean+BMC (grams) and total mass (grams). The experimental design was completely randomized, being analyzed the difference between crop situations (normal and pendulous) for each combination between environmental temperature and light program, totaling four treatments: 1 – Low temperature + light/dark program, 2 – low temperature + 24 hours of continuous light, 3 – Thermoneutral temperature + light/dark program, and 4 – Thermoneutral temperature + 24 hours of continuous light.

DXA Scanning

Prior to scanning, chickens were placed in dorsal recumbency and anesthesia was induced via face mask (figure 1) with isoflurane (concentration of 2%) delivered by a vaporizer with pure oxygen supply at a flow rate of one $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$. Anesthesia was then maintained with 1% isoflurane during scanning.

Chickens have been kept in dorsal recumbency and there was used adhesive tape for maintain the legs and wings stopped. The chickens' body was scanning by DXA, using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA), calibrated by the manufacturer (DPX-Alpha, Lunar® - Hologic, Waltham, MA, USA), and a small animal software (DPXAlpha, Lunar®). After scanning the face mask was removed and the chicken was carried to other room for anesthesia recovering.



Figure 1 – DXA scanning

Statistical Analysis

BMC(g), BMD (g/cm^2), Fat (% and g), and lean mass (g) were subjected to analysis of variance, using Tukey's test at 5% of probability using the SAS (Statistical Analysis System) program.

Experiment 2

Birds and management

The chickens used in this trial are from the experiment 2 (chapter 2), being chosen 72 normal crop chickens reared in the treatment with light/dark program + cold temperature. The chickens were divided in 18 pens, being housed 4 chickens in

each pen. There were studied two fasting periods (12 and 24 hours), being used nine pens (repetitions) for each fasting period.

There was no significantly difference for initial body weight average ($P = 0.708$) between chickens submitted to 12 hours of fasting (3.173 kg) and 24 hours of fasting (3.185 kg).

Experimental designing

The experimental design was completely randomized, being analyzed the influence of fasting period (12 and 24 hours) in the development of pendulous crop in 42 days old broiler chickens. There were housed four chickens in each box, with the total of nine pens for each fasting period (repetitions). There were applied the fasting period (12 hours and 24 hours), and after this period, the fed was back and analyzed the feed intake in a period of 3 hours (FI3), 12 hours (FI12), 24 hours (FI24) and 48 hours (FI48), and the incidence of pendulous crop after this period.

Statistical Analysis

FI3 (kg), FI12 (kg), FI24(kg) and FI48 (kg) were subjected to analysis of variance, using Tukey's test at 5% of probability using the SAS (Statistical Analysis System) program.

Results and Discussion

Experiment 1

There was observed significantly difference ($P < 0.05$), for BMC(g), BMD($\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$), Lean mass (g) and Total mass (g) between normal and pendulous crop chickens reared in the follow situations: Low temperature + 24 hours of continuous light, and thermoneutral temperature + light/dark program (table 1). For all situations there was observed higher values for normal crop than pendulous crop chickens. In the first situation described, normal crop chickens presented higher BMC (39.74 g) than pendulous crop chickens (29.48 g), as well higher BMD ($0.130 \text{ g}/\text{cm}^2$ – Normal crop vs. $0.111 \text{ g}/\text{cm}^2$ - Pendulous crop), lean mass (2,630.33 g – normal crop vs. 2,203.80 g – pendulous crop), and total mass (3,029.20 g – normal crop vs. 2485.7 g –

pendulous crop). At thermoneutral temperature + light/dark program, normal crop chickens presented significantly higher BMC (41.20 g) than pendulous crop chickens (22.41 g), as well higher BMD (0.128 g.cm^{-2} – Normal crop vs. 0.099 g.cm^{-2} - Pendulous crop), lean mass (2,861.94 g – normal crop vs. 1,946.55 g – pendulous crop), and total mass (3,328.8.20 g – normal crop vs. 2178.8 g – pendulous crop).

Although some treatments not differ significantly between chickens with normal and pendulous crop (cold temperature + light/dark and thermoneutral temperature + 24 hours of continuous light), there were observed numerical difference for BMC, BMD, and Fat (%), where pendulous crop chickens presented lower values than normal crop chickens. The no observance of statistical difference may be due the small quantify of repetitions, being important further studies with more animals for understand better the effects of the pendulous crop in the chickens development.

The lower BMC and BMD observed in chickens with pendulous crop may be occurred due the lower quantify of feed that reaches the intestine, since large amount of feed stay stored inside the crop. In previous studies not yet published, it was verified that the amount of food ingested by 42 days old pendulous crop chickens, was not sufficient for maintain the body weight, and the animal starts losing weight. We do not know when the pendulous crop condition starts to impact negatively the chickens' development since did not have published data that explained this, but, we believe that since the moment that the pendulous crop became apparent, the chicken physiology was changed.

This point is very important, since the deficit of nutrients consumed and absorbed can impact directly in the correct body development (bone, muscles, etc.), as well in the percentage of fat accumulated. Chung et al. (2013) when studied the influence of low-phosphorus diets for broilers, verified that the deficiency of phosphorus in the diet impacted negatively in the bone mineral density, being verified significantly reducing in the BMD (DXA - Hologic) when broiler chickens was fed with the low-phosphorus diet. According Orban et al. (1993), the nutrients content in the diets can directly influence on bone status or bone mineralization in chickens, in this sense, we can assume that the deficiency of nutrients due the small quantify of food that reach the intestine impacted negatively the chickens' bone quality, reducing the bone mineral density and content.

According Hafez and Hauck (2005), fast growing chickens was selected to rapid weight gain, good feed conversion and maximum growing of breast and legs, being some physiological systems left outside (as circulatory, respiratory, etc.). For the authors, fast growing chickens generally present leg problems, due the low bone mineralization, in this sense, the dysfunction of the pendulous crop may represent an aggravating factor for the chicken's health, hindering the development of the locomotor system and act as a source of pain, impaired the animal wellbeing.

There was observed significantly difference ($P < 0.05$) for % of fat between pendulous and normal crop chickens, where pendulous crop chickens reared with light/dark program showed less % of fat than normal crop chickens in the two environmental temperatures (low and thermoneutral). The less percentage of fat observed in pendulous crop chickens can be justified likewise the less BMC and BMD. Since less quantify of food achieve the small intestine, a small quantify of energy was stored in the body in the form of fat. When we compare the visual anatomy of small intestine from normal crop chickens and pendulous crop chickens it is possible to see that in pendulous crop chickens occur an increase in the caliber of the vessels, and this fact may occur in attempt to increase the nutrients absorption (figure 2).

Table 1- Mean \pm SD of BMC (g), BMD ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$), Lean mass (g), total mass (g), and fat (%) of normal and pendulous crop chickens reared in different thermal conditions and light programs.

			BMC (g)	BMD (g/cm^2)	Lean mass (g)	Total mass (g)	Fat (%)
Cold temperature	Light/ dark	Normal	41.84 \pm 1.894	0.129 \pm 0.003	2795.69 \pm 83.236	3258.7 \pm 96.7	14.20 \pm 0.561 a
		Pendulous	36.24 \pm 5.75	0.120 \pm 0.005	2809.7 \pm 122.4	3156.7 \pm 149.6	10.95 \pm 0.350 b
		P value	0.0724	0.0913	0.9403	0.6362	0.0096
	24 hours	Normal	39.74 \pm 0.699 a	0.130 \pm 0.001 a	2630.33 \pm 116.708 a	3029.2 \pm 124.9 a	13.23 \pm 0.546
		Pendulous	29.48 \pm 2.175 b	0.111 \pm 0.006 b	2203.80 \pm 4.1 b	2485.7 \pm 25.5 b	11.35 \pm 0.750
		P value	0.0200	0.0200	0.0295	0.0167	0.1189
Thermoneutral	Light/ dark	Normal	41.20 \pm 0.753 a	0.128 \pm 0.002 a	2861.94 \pm 56.342 a	3328.8 \pm 69.9 a	13.99 \pm 0.666 a
		Pendulous	22.41 \pm 1.100 b	0.099 \pm 0.001 b	1946.55 \pm 218.35 b	2178.8 \pm 233.5 b	10.75 \pm 0.450 b
		P value	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0099
	24 hours	Normal	40.59 \pm 1.586	0.129 \pm 0.003	2738.17 \pm 87.794	3162.97 \pm 108.9	13.37 \pm 0.512
		Pendulous	35.12 **	0.123 **	2652.4 **	2987.9 **	11.2 **
		P value	0.1830	0.3959	0.7315	0.5429	0.1740

*Different low case letters indicate significant differences in the column, within each temperature treatment, using Tukey's test at 5% significance. **One single chicken (without repetition).

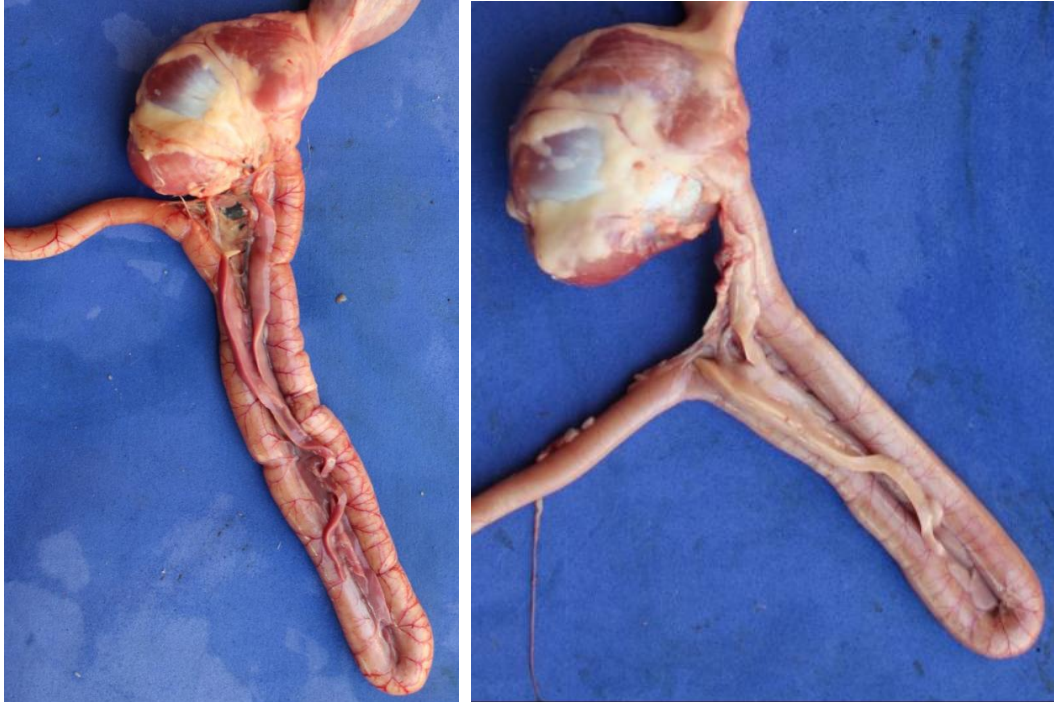


Figure 2 – Difference in the duodenum vessels of (A) pendulous crop chickens and (B) normal crop chickens

Experiment 2

There were observed no incidence of pendulous crop in 42 days old chickens submitted to 12 and 24 hours of fasting. Chickens submitted to 24 hours of fasting presented higher feed intake 3 hours after fasting period (0.104 g) than chickens submitted to 12 hours of fasting (0.088 g), as well higher feed intake after 24h of fasting period (0.322g – 24h vs. 0.237 g – 12h), and 48h of fasting period (0.507g – 24h vs. 0.455g – 12h) (figure 2).

According unpublished data, the development of pendulous crop becomes apparent by the 3rd week, so we can assume that all the procedures objecting induce or control pendulous crop, needs to be realized in the first weeks of chickens life. Large fasting period before the third week of life may promote pendulous crop in broiler chickens, being necessary more studies about the feeding behavior of chickens submitted to fasting period and the influence of the fasting length in the development of chickens' intestinal organs and development of pendulous crop.

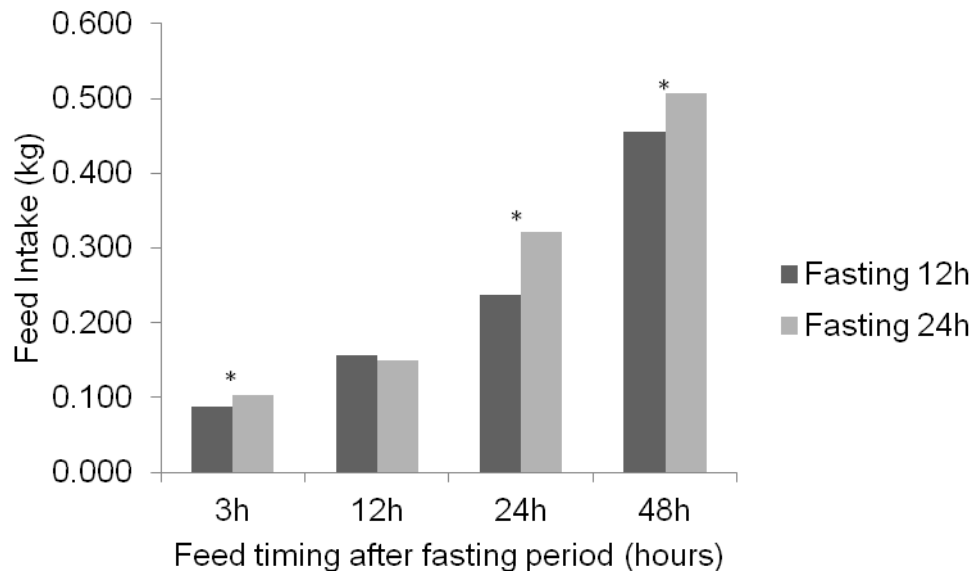


Figure 2 – Feed intake of chickens submitted to 12 and 24 hours of fasting
*Significantly difference according tukey's test (P<0.05)

Conclusions

Pendulous crop impacted negatively in the chicken bone condition, since chickens with pendulous crop presented lower bone mineral content and density, being the intensity of the problem higher according the situation that the bird was reared (rearing temperature and light program). Fasting period of 12 and 24 hours did not promoted pendulous crop in 42 days old chickens.

References

- Albuquerque, K., A. T. Leighton, JR., J. P. Mason, JR., and L. M. Potter. 1978. The effects of environmental temperature, sex and dietary energy levels on growth performance of large White turkeys. *Poult. Sci.* 57:353–362.
- Chung, T.K., S.M. Rutherford, D.V. Thomas, and P.J. Moughan. 2013. Effect of two microbial phytases on mineral availability and retention and bone mineral density in low-phosphorus diets for broilers. *Br. Poult. Sci.* 54: 362-373.
- Cline, L. E. 1933. *Turkey Production*. 436 pp. New York: Orange Judd.
- Ebling, P. D. I.; Pontalti, G. C. I.; Villanueva, A. P. I.; and Ribeiro, A. M. L. I. 2015. Pendulous Crop in Broilers. *Braz. J. of Poultry Sci.* 17: 395-398.

- Hafez, H. M., and Hauck, R. 2005. Genetic selection in turkeys and broilers and their impact on health conditions. In World Poultry Science Association, 4th European Poultry Genetics Symposium, Dubrownik, Croatia.
- Hester, P. Y., M. A. Schreiweis, J. I. Orban, H. Mazzuco, M. N. Kopka, M. C. Ledur, and D. E. Moody. 2004. Assessing Bone Mineral Density In Vivo: Dual Energy X-Ray Absorptiometry. *Poult. Sci.* 83:215–221.
- Hinshaw, W. R., and Asmundson, V. S. Observations on pendulous crop in turkeys. 1936. *J. Amer. Vet. Med. Assoc.* 41:154-165.
- Mitchell , A. D., R. W. Rosebrough, G. Z. Taicher, and I. Kovner. 2011. In vivo measurement of body composition of chickens using quantitative magnetic resonance. *Poult. Sci.* 90:1712–1719.
- Orban, J. I., D. A. Roland, M. M. Bryant, and J. C. Williams. 1993. Factors Influencing Bone Mineral Content, Density, Breaking Strength, and Ash as Response Criteria for Assessing Bone Quality in Chickens. *Poult. Sci.* 72:437–446,
- Santos, M. M. A importância do manejo e inclusão de dieta peletizada para frangos de corte. Monograph, UTP. Paraná. 2015.
- Vermette, C.; Schwean-Lardner, K.; Gomis, S.; Crowe, T. G.; Classen, H. L. 2016. The impact of graded levels of daylength on turkey productivity to eighteen weeks of age. *Poult. Sci.* 95:985–996.
- Wheeler, H. O., W. P. Crawford and J. R. Couch.1957. Pendulous crop in turkeys. *Poultry Sci.* 36: 1167.