

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

**DESEMPENHO, DESCRIÇÃO DO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE
CALOR DE FRANGOS DE CORTE DE TRÊS LINHAGENS
COMERCIAIS**

TERESINA
2016

DÁPHINNE CARDOSO NAGIB DO NASCIMENTO

**DESEMPENHO, DESCRIÇÃO DO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE
CALOR DE FRANGOS DE CORTE DE TRÊS LINHAGENS
COMERCIAIS**

Tese apresentada ao Centro de Ciências Agrárias, da
Universidade Federal do Piauí, para obtenção do título de
Doutor em Ciência Animal, Área de Concentração: Nutrição
e Produção de Animais de Interesse Econômico.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Leilane Rocha Barros Dourado

Co-orientador: Prof. Dr. Jefferson Costa de Siqueira

TERESINA

2016

DESEMPENHO, DESCRIÇÃO DO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE
CALOR DE FRANGOS DE CORTE DE TRÊS LINHAGENS COMERCIAIS

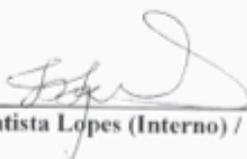
DAPHINNE CARDOSO NAGIB DO NASCIMENTO

Tese aprovada em: 08/03/2016

Banca Examinadora:



Prof. Dra. Leilane Rocha Barros Dourado (Presidente) / CPCE/UFPI



Prof. Dr. João Batista Lopes (Interno) / DZO/CCA/UFPI



Prof. Dr. Stelio Bezerra Pinheiro de Lima (Interno) / CPCE/UFPI



Prof. Dra. Maria Inez Fernandes Carneiro (Externa) / UEMA



Prof. Dra. Simara Márcia Marcato (Interna) / UEM

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Kásmia e Wellington.

À minha irmã Carolina.

Ao meu noivo Jefferson.

AGRADECIMENTOS

À Deus por tudo;

À Universidade Federal do Piauí por parte da minha formação profissional e por viabilizar essa pesquisa;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de Doutorado;

À Professora Dr^a. Leilane Rocha Barros Dourado pela incentivo, confiança, apoio e ensinamento durante meu Doutorado e também mestrado, foi uma honra ter tido você como orientadora! A minha amiga Leilane Rocha Barros Dourado que é uma irmã para mim, que me orienta não só na minha vida profissional, mas se preocupa comigo em todos os sentidos, sempre ao meu lado. Te admiro muito profissionalmente e como pessoa; agradeço imensamente por todo o carinho durante esses 11 anos de convívio;

Ao Professor Dr. Jefferson Costa de Siqueira que me incentivou e ajudou profissionalmente durante todas as etapas da minha pós-graduação, é um exemplo para mim de dedicação à pesquisa. Ao meu noivo Jefferson Costa de Siqueira meu companheiro de momentos felicíssimos e alguns tristes, obrigado por estar ao meu lado e me incentivar a ser uma pessoa melhor, te amo;

Aos professores do programa de pós-graduação do Centro de Ciências Agrárias, Dr. João Batista Lopes, Dr. Agustinho Valente, Dr. Arnaud Azevedo, Dr^a. Danielle Azevedo, Dr^a. Vânia Vasconcelos, Dr. Amilton Raposo, Dr. Luiz Evaldo Pádua e aos professores Dr^a. Divina, Dr. Demerval Furtado e Dr^a. Vanessa Michalsky pelos ensinamentos e colaboração durante todo o curso de doutorado;

Às professoras Dr^a. Elisabeth Gonzales e Dr^a. Nilva Sakomura pela participação e contribuição na minha banca de qualificação;

Aos professores do Campus Professora Cinobelina Elvas e Colégio Agrícola, Dr. Guilherme Ferreira, Dr. Stélio Bezerra, Dr. Carlo Torreão, Dr. Marcos Jácome, Dr. Zanata, Dr^a. Jacira Torreão e Msc. Daniel Biagiotti e a professora Dr^a. Katiene Regia pelo apoio na logística e condução das atividades experimentais;

Aos professores do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, UFMA, Dr. Felipe Barbosa Ribeiro e Dr. Marcos Antonio Bomfim pelo apoio na realização das análises laboratoriais;

Aos integrantes do grupo GENPAS em especial ao Raian, Melina, Luciana, Larissa, Leticia, Marta, Gleissa, Luiz, Arleia, Roberto, Icaro, Jessica, Ana, Gabi, Kelane, Fernando, Marcio, Tiago, Dayane, Jack, Esequiel, Denise, Adriana, Edna, Netinha, Regina, Daniel, Geane. Não concluiria meu experimento de Doutorado se não fosse a imensurável ajuda de cada um de vocês;

Aos meus colegas da pós-graduação, Mabell, Vânia, Jack, Daniel, Rose, Sammy, Sandra, Elvania e Snayla. Mabell, Vânia, Sammy e Jack obrigada pelo carinho, vocês foram minha família em Teresina;

Às estagiárias do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, UFMA, Gabriela, Aline e Juliana pela realização de parte das análises laboratoriais;

À Coordenação do Curso de Doutorado em Ciência Animal, em especial aos Luis pelo competente trabalho, sempre esclarecendo minhas dúvidas e aos funcionários da UFPI Teresina e Bom Jesus, pela apoio e imensa ajuda durante a realização desse curso;

À ASA Alimentos, CIALNE e Granja Planalto LTDA pela doação dos ovos férteis e a COAVE pela incubação dos mesmos, em especial ao senhor Antonio Luis do incubatório pela atenção e colaboração;

À todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – Introdução.....	12
1. Avicultura Brasileira e o Efeito de Altas Temperaturas Ambientais sobre o Frango de Corte.....	13
1.1. Linhagens Modernas de Frango de Corte e a Interação com o Clima Quente.....	16
1.2. Produção de Calor em Aves.....	19
2. Modelagem na Produção Animal.....	20
2.1 Principais Curvas de Crescimento Utilizadas na Avicultura.....	24
2.2 Aplicações das Curvas de Crescimento na Elaboração de Modelos.....	26
CAPÍTULO 2 - CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DE FRANGOS DE CORTE EM CLIMA QUENTE: EFEITO DA LINHAGEM E SEXO.....	35
RESUMO.....	36
ABSTRACT.....	36
INTRODUÇÃO.....	37
MATERIAL E MÉTODOS.....	38
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
CONCLUSÃO.....	53
REFERÊNCIAS.....	54
CAPÍTULO 3 - CRESCIMENTO CORPORAL E DAS PARTES DE FRANGOS DE CORTE MACHOS E FÊMEAS DE TRÊS LINHAGENS COMERCIAL.....	58
RESUMO.....	59
ABSTRACT.....	60
INTRODUÇÃO.....	61
MATERIAL E MÉTODOS.....	62
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
CONCLUSÃO.....	88
REFERÊNCIAS.....	89
CAPÍTULO 4 – ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE CALOR DE FRANGOS DE CORTE MACHOS E FÊMEAS DE TRÊS LINHAGENS COMERCIAIS	91
RESUMO.....	92
ABSTRACT.....	92
INTRODUÇÃO.....	93
MATERIAL E MÉTODOS.....	94
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	99
CONCLUSÃO.....	105
REFERÊNCIAS.....	106
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	108

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2 - CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DE FRANGOS DE CORTE EM CLIMA QUENTE: EFEITO DA LINHAGEM E SEXO.....	35
Tabela 1. Composição calculada e percentuais das rações experimentais.....	40
Tabela 2. Médias semanais da temperatura ambiental (°C) e umidade relativa (%) durante o período de 11 de março a 29 de abril de 2014.....	42
Tabela 3. Médias do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), peso vivo (PV) e conversão alimentar (CA) de diferentes linhagens de frangos de corte, machos e fêmeas, no período de 01 a 07 dias de idade.....	42
Tabela 4. Médias do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), peso vivo (PV) e conversão alimentar (CA) de diferentes linhagens de frangos de corte, machos e fêmeas, no período de 01 a 21 dias de idade.....	44
Tabela 5. Médias do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), peso vivo (PV) e conversão alimentar (CA) de diferentes linhagens de frangos de corte, machos e fêmeas, no período de 01 a 28 dias de idade.....	45
Tabela 6. Médias do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), peso vivo (PV) e conversão alimentar (CA) de diferentes linhagens de frangos de corte, machos e fêmeas, no período de 01 a 42 dias de idade.....	47
Tabela 7. Médias do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), peso vivo (PV), conversão alimentar (CA) e viabilidade criatória (VC) de diferentes linhagens de frangos de corte, machos e fêmeas, no período de 01 a 49 dias de idade.....	48
Tabela 8. Médias do peso de carcaça (CAR), rendimento de carcaça (RC), rendimento de peito (RP), rendimento de coxa (RCX) e rendimento de sobrecoxa (RSC) de frangos de corte, machos e fêmeas, aos 42 dias de idade.....	50
Tabela 9. Médias do peso de carcaça (CAR), rendimento de carcaça (RC), rendimento de peito (RP), rendimento de coxa (RCX) e rendimento de sobrecoxa (RSC) de frangos de corte, machos e fêmeas, aos 49 dias de idade.....	51
CAPÍTULO 3 - CRESCIMENTO CORPORAL E DAS PARTES DE FRANGOS DE CORTE MACHOS E FÊMEAS DE TRÊS LINHAGENS COMERCIAL.....	58
Tabela 1. Composição calculada e percentuais das rações experimentais.....	63
Tabela 2. Estimativas dos parâmetros ($\pm s$) do modelo de Gompertz para o peso em jejum (PJ), de peito (PP), coxas (PCX), sobrecoxas (PSCX) e penas (PPE), de frangos de corte de diferentes linhagens e sexos (n=198).....	67
Tabela 3. Estimativas dos parâmetros do modelo sem restrição (Ω) e dos modelos com restrições paramétricas (ω_1 a ω_6), soma dos quadrados dos resíduos (SQR), qui-quadrado calculado (χ^2) e nível de significância (P) para o peso em jejum (PJ) de frangos de corte machos de diferentes linhagens.....	70

Tabela 4. Estimativas dos pesos em jejum (PJ) corte machos de diferentes linhagens e das taxas de crescimento (Tx) de frangos de comerciais.....	71
Tabela 5. Estimativas dos parâmetros do modelo sem restrição (Ω) e dos modelos com restrições paramétricas (ω_1 a ω_6), soma dos quadrados dos resíduos (SQR), qui- quadrado calculado (χ^2) e nível de significância (P) para o peso de peito (PP) de frangos de corte machos de diferentes linhagens.....	72
Tabela 6. Estimativas dos pesos (PP) e taxas de crescimento (Tx) do peito de frangos de corte machos Cobb, Ross e Hubbard.....	73
Tabela 7. Estimativas dos parâmetros do modelo sem restrição (Ω) e dos modelos com restrições paramétricas (ω_1 a ω_6), soma dos quadrados dos resíduos (SQR), qui- quadrado calculado (χ^2) e nível de significância (P) para o peso de coxa (PCX) de frangos de corte machos de diferentes linhagens.....	74
Tabela 8. Estimativas dos pesos de coxa (PCX) e das taxas de crescimento (Tx) de frangos de corte machos de diferentes linhagens comerciais de acordo com a idade.....	75
Tabela 9. Estimativas dos parâmetros do modelo sem restrição (Ω) e dos modelos com restrições paramétricas (ω_1 a ω_6), soma dos quadrados dos resíduos (SQR), qui- quadrado calculado (χ^2) e nível de significância(P) para o peso de sobrecoxa (PSCX) de frangos de corte machos de diferentes linhagens.....	76
Tabela 10. Estimativas dos pesos de sobrecoxa (PSCX) e das taxas de crescimento (Tx) de frangos de corte machos de diferentes linhagens comerciais de acordo com a idade.....	77
Tabela 11. Estimativas dos parâmetros do modelo sem restrição (Ω) e dos modelos com restrições paramétricas (ω_1 a ω_6), soma dos quadrados dos resíduos (SQR), qui- quadrado calculado (χ^2) e nível de significância(P) para o peso em jejum (PJ) de frangos de corte fêmeas de diferentes linhagens.....	78
Tabela 12. Estimativas dos pesos em jejum (PJ) e das taxas de crescimento de frangos de corte fêmeas de diferentes linhagens comerciais de acordo com a idade.....	79
Tabela 13. Estimativas dos parâmetros do modelo sem restrição (Ω) e dos modelos com restrições paramétricas (ω_1 a ω_6), soma dos quadrados dos resíduos (SQR), qui- quadrado calculado (χ^2) e nível de significância(P) para o peso de peito (PP) de frangos de corte fêmeas de diferentes linhagens.....	80
Tabela 14. Estimativas dos pesos de peito (PP) e das taxas de crescimento (Tx) de frangos de corte fêmeas de diferentes linhagens comerciais de acordo com a idade.....	81
Tabela 15. Estimativas dos parâmetros do modelo sem restrição (Ω) e dos modelos com restrições paramétricas (ω_1 a ω_6), soma dos quadrados dos resíduos (SQR), qui- quadrado calculado (χ^2) e nível de significância(P) para o peso de coxa (PCX) de frangos de corte fêmeas de diferentes linhagens.....	82
Tabela 16. Estimativas dos pesos de coxa (PCX) e das taxas de crescimento (Tx) de frangos de corte fêmeas de diferentes linhagens comerciais de acordo com a idade.....	83
Tabela 17. Estimativas dos parâmetros do modelo sem restrição (Ω) e dos modelos com restrições paramétricas (ω_1 a ω_6), soma dos quadrados dos resíduos (SQR), qui- quadrado calculado (χ^2) e nível de significância(P) para o peso de sobrecoxa (PSCX) de frangos de corte fêmeas de diferentes linhagens.....	84

Tabela 18. Estimativas dos pesos de sobrecoxa (PSCX) e das taxas de crescimento (Tx) de frangos de corte fêmeas de diferentes linhagens comerciais de acordo com a idade.....	85
CAPÍTULO 4 - ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE CALOR DE FRANGOS DE CORTE MACHOS E FÊMEAS DE TRÊS LINHAGENS COMERCIAIS.....	91
Tabela 1. Composição calculada e percentuais das rações experimentais.....	96
Tabela 2. Médias semanais da temperatura ambiental (°C) e umidade relativa (%) durante o período de 11 de março a 29 de abril de 2014.....	99
Tabela 3. Médias da ingestão de energia metabolizável (IEM), energia retida no corpo (ER), produção de calor (PC) e produção de calor por peso metabólico (PCMET), de diferentes linhagens de frangos de corte, machos e fêmeas, no período de 07 a 14 dias de idade.....	100
Tabela 4. Médias da ingestão de energia metabolizável (IEM), energia retida no corpo (ER), produção de calor (PC) e produção de calor por peso metabólico (PCMET), de diferentes linhagens de frangos de corte, machos e fêmeas, no período de 21 a 28 dias de idade.....	101
Tabela 5. Médias da ingestão de energia metabolizável (IEM), energia retida no corpo (ER), produção de calor (PC) e produção de calor por peso metabólico (PCMET), de diferentes linhagens de frangos de corte, machos e fêmeas, no período de 35 a 42 dias de idade.....	102
Tabela 6. Médias da ingestão de energia metabolizável (IEM), energia retida no corpo (ER), produção de calor (PC) e produção de calor por peso metabólico (PCMET), de diferentes linhagens de frangos de corte, machos e fêmeas, no período de 42 a 49 dias de idade.....	103
Tabela 7. Equações ajustadas para a produção de calor de frangos de corte de diferentes linhagens e sexo em função da idade, coeficientes de determinação (R ²).....	104

LISTA DE FIGURA

CAPÍTULO 4 - ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE CALOR DE FRANGOS DE CORTE MACHOS E FÊMEAS DE TRÊS LINHAGENS COMERCIAIS.....	91
Figura 1. Relação entre a idade (dias) e a produção de calor (Kcal/ave/dia) de frangos de corte de diferentes linhagens e sexo.....	104

Desempenho, Descrição do Crescimento e Produção de Calor de Frangos de Corte de Três Linhagens Comerciais

RESUMO

Foram realizados dois experimentos, sendo um para avaliar as características produtivas e descrever o crescimento corporal e das partes e outro para estimar a produção de calor de frangos de corte de ambos os sexos das linhagens Cobb 500, Ross 308 e Hubbard Flex. No primeiro experimento foram utilizados 2160 aves distribuídas em DIC, em esquema fatorial 3 x 2 (linhagem e sexo) com seis repetições de 60 aves cada. Semanalmente as aves foram pesadas, sendo retirada uma amostra com peso próximo ao peso médio de cada parcela ($\pm 5\%$) para o abate. Estas foram mantidas em jejum alimentar por 24 horas, pesadas, abatidas, depenadas, evisceradas e realizados os cortes de peito, coxas e sobrecoxas. Foram ajustadas para cada linhagem, em cada sexo, curvas de crescimento, obtidas por meio do modelo de GOMPERTZ, do peso em jejum (PJ), peso do peito, coxas e sobrecoxas. Foram avaliados o consumo de ração, ganho de peso, peso vivo e conversão alimentar nos períodos de 1 a 7, 1 a 21, 1 a 28, 1 a 42 e 1 a 49 dias, sendo aos 42 e 49 dias avaliados o peso de carcaça e rendimento de carcaça e cortes. Em relação às curvas de crescimento, para o PJ, independente do sexo, a linhagem Hubbard apresentou o maior peso a maturidade e idade de máxima taxa de crescimento, apresentando maiores taxas de crescimento ao longo dos 56 dias de idade. Para a maioria dos cortes, o peso a maturidade foi comum entre as linhagens, sendo a linhagem Hubbard mais precoce por apresentar maior taxa de crescimento relativo em relação às aves Ross e Cobb. Em relação as características produtivas, a linhagem Hubbard Flex destacou-se na maioria das variáveis de desempenho e as linhagens Ross 308 e Cobb 500 destacaram-se no rendimento de cortes nobres. No segundo experimento para avaliar a ingestão de energia metabolizável, a retenção de energia corporal, a produção de calor e a produção de calor por peso metabólico nos períodos de 07 a 14, 21 a 28, 35 a 42 e 42 a 49 dias de idade, foram utilizados 1200 aves, ambos os sexos, distribuídas em DIC, em esquema fatorial 3 x 2 (linhagem e sexo) com cinco repetições de 40 aves cada no primeiro dia de idade. A produção de calor foi obtida pelo método do abate comparativo, em que esta foi calculada pela diferença entre a ingestão de energia metabolizável e a energia corporal retida. Não foi observado efeito de linhagem em nenhuma das variáveis avaliadas. Em relação ao sexos os machos foram superiores na padrodução de calor no período de 10 a 14 e 24 a 28 dias de idade, não havendo diferenças nesta variável nos períodos com idades avançadas. Apenas uma equação (Produção de calor = $-335,93 + 57,077 ID - 0,9014 ID^2$) foi necessária para descrever a produção de calor em função da idade das três diferentes linhagens de ambos os sexos, sendo a máxima atingida com 31,7 dias.

Palavras-chave: Avicultura, Cobb, Curvas de crescimento, Genética, Hubbard, Incremento calórico, Ross.

Performance, Growth Description and Heat Production from Three Broiler Strains

ABSTRACT

Two experiments were conducted, one to evaluate the production characteristics and describe the body and body components growth and other to estimate the broiler heat production of both sexes of Cobb 500, Ross 308 and Hubbard Flex. In the first a total of 2160 chicks, were distributed in an experimental design completely randomized in factorial arrangement (three strains and two sexes) with six replicates of 60 birds each. The birds were weighed weekly, being removed a birds sampled with weight close to the average weight of each pen ($\pm 5\%$) for slaughter. The birds were fasted for 24 h, reweighed, killed, eviscerated, and dissected to obtain the cuts breast, thighs and drumsticks. There were fitted Gompertz equation for each strain, in each sex, to the fasted weight (FW), breast weight, thighs weight and drumsticks weight. Feed intake, live weight, weight gain and feed conversion were analyzed at 1 to 7, 1 to 21, 1 to 28, 1 to 42 and 1 to 49 days old period. At 42 and 49 days old were analyzed the carcass weight (CW), carcass yield, breast, thigh and drumstick yield. Regarding the growth curves, for the FW, regardless of sex, the Hubbard has highest weight at maturity and age at maximum growth rate, showing higher growth rates over the 56 days of age. For most of the cuts the weight at maturity was common between the strains, being the earliest Hubbard strain due to its higher rate of maturing, over the Ross and Cobb birds. Regarding the productive characteristics, the Hubbard Flex stood out most performance variables and the Ross 308 and Cobb 500 stood out in the parts yield. In the second experiment to evaluate and compar the metabolizable energy intake, body retained energy, heat production and heat production for metabolic weight at 07 to 14, 21 to 28, 35 to 42 and 42 to 49 days old period, a total of 1200 chicks, both sexes, were distributed in an experimental design completely randomized in factorial arrangement (three strains and two sexes) with five replicates of 40 birds each at the first day old. Heat production was obtained by the comparative slaughter method, in which it was calculated by the difference between metabolizable energy intake and retained body energy. The strains didn't differ in any variable studied. Regarding the sex, the male were higher in heat production the period from 07 to 14 and 21 to 28 days of age, with no differences at older ages. Just an equation (Heat production = $-335,93 + 57,077 AG - 0,9014 AG^2$) for the three different strains of both sexes was necessary to describe the heat production according to the age, being the maximum reached with 31.7 days.

Keywords: Cobb, Genetics, Growth curves, Heat incremente, Hubbard, Poultry, Ross.

INTRODUÇÃO

Os resultados positivos alcançados pela avicultura no decorrer dos anos são reflexos da organização e gestão dos setores da cadeia avícola, amparados às pesquisas nas diferentes áreas que englobam a produção, nutrição, sanidade e comportamento das aves, em especial do frango de corte, visto a sua importância econômica em alguns países.

A expansão da produção mundial do frango de corte vêm ocorrendo em várias regiões, contudo os maiores crescimentos produtivos nos últimos anos foram observados na América do Sul, África e Ásia (FAOSTAT, 2015), lugares estes que devido às altas temperaturas ambientais registradas durante o ano, são intituladas como áreas menos propícias para a criação de frangos de corte quando comparadas às regiões de clima predominantemente temperado, como a América do Norte e Europa.

Há uma forte tendência que as regiões classificadas como áreas de clima quente continuem aumentando sua produção avícola, em virtude do crescimento do consumo per capita da carne de frango nesses lugares e pela diminuição do espaço físico para novas instalações em regiões com temperaturas favoráveis à produção de frangos de corte (WINDHORST, 2006). Contudo, para a continuidade do progresso da produção em regiões quentes, a exemplo do Brasil, terceiro maior produtor de frango de corte (UBABEF, 2014), são necessárias estratégias nutricionais e modificações estruturais para amenizar os efeitos negativos das altas temperaturas ambientais sobre as aves.

Os programas de melhoramento genético incrementam permanentemente o desempenho dos frangos de corte, visando desenvolver produtos com rápido ganho de peso, baixa conversão alimentar e bom rendimento de carcaça e cortes nobres, e esse incremento no potencial de crescimento das aves fez com que estas tornassem mais sensíveis às temperaturas ambientais elevadas (GOUS e MORRIS, 2005).

As empresas detentoras da genética proporcionam ao segmento avícola produtos com diferentes características de crescimento, que necessitam ser analisadas para a escolha da linhagem adequada à demanda do produtor e a indústria de transformação. Assim, como conhecer o crescimento corporal das linhagens, conhecer o desenvolvimento de carcaça e partes de frango de corte são imprescindíveis para atender a exigência das empresas e mercados consumidores.

Outro aspecto relevante é a interação do frango de corte, selecionado para expressar características de alta produtividade, e o meio ambiente. Conhecer o desenvolvimento das

linhagens modernas mantidas em locais com temperaturas predominantemente altas é um direcionamento para os segmentos envolvidos decidirem quais as transformações devem ser efetuadas para assegurar a máxima produção avícola.

Desta forma o presente estudo foi realizado com o objetivo de descrever e comparar o crescimento das linhagens Cobb 500, Ross 308 e Hubbard Flex, machos e fêmeas, bem como avaliar o desempenho produtivo e características de carcaça dessa aves. O estudo também objetivou estimar a produção de calor das três diferentes linhagens, submetidas à condições de temperaturas ambientais elevadas.

O trabalho foi desenvolvido em quatro capítulos (I, II, III e IV), sendo o primeiro referente a introdução, o segundo intitulado de “Características produtivas de frangos de corte em clima quente: efeito da linhagem e sexo”, o terceiro intitulado de “Crescimento corporal e das partes de frangos de corte machos e fêmeas de três linhagens comerciais” e o quarto intitulado de “Estimativa da produção de calor de frangos de corte machos e fêmeas de três linhagens comerciais” escritos, com exceção do capítulo I, em forma de artigo científico, sendo elaborado os capítulos II, III e IV de acordo com as normas da Revista Caatinga, da Revista Brasileira de Zootecnia e da International Journal of Biometeorology respectivamente, os quais serão submetidos para publicação.

1. AVICULTURA BRASILEIRA E O EFEITO DE ALTAS TEMPERATURAS AMBIENTAIS SOBRE O FRANGO DE CORTE

A avicultura brasileira vem se destacando no cenário mundial. Em 2015, ocorreu o recorde nas exportações da carne de frango com 4.009 milhões de toneladas exportadas e uma produção de 12.690 milhões de toneladas (ABPA, 2015).

No Brasil, a expansão da avicultura segue a dinâmica mundial, caracterizada pelo aumento da produção em regiões quentes. O maior volume de frango de corte produzido foi observado nos estados da região Sul, porém de acordo com os dados dos relatórios anuais da UBABEF e ABPA (2014, 2015), observamos o aumento do número de aves abatidas em alguns estados das regiões do Norte, Nordeste e Centro-Oeste, como por exemplo o estado de Pernambuco, onde o percentual de aves abatidas aumentou de 0,39% no ano de 2013 para 0,79% em 2014. Em relação às exportações, estados como Rondônia, Pará, Pernambuco, Paraíba e Bahia, que não faziam parte do quadro de exportações, apareceram no último relatório da ABPA (2015). Evidentemente, as mudanças na produção do setor avícola, também estão ligadas a fatores econômicos e não apenas a questões de estruturas físicas e ambientais, contudo a cada ano ocorre uma maior participação das demais regiões do país na cadeia produtiva do frango de corte,

dentre estas a região Nordeste, caracterizada por altas temperaturas ambientais em grande parte de seu território.

Fatores ambientais externos e internos às instalações exercem efeito direto sobre a produtividade do frango de corte, sendo que a temperatura ambiente se traduz como fator determinante no consumo de alimento e conseqüentemente no desempenho zootécnico do lote.

Para as aves, existe uma faixa de temperatura ambiente, denominada zona de conforto térmico, na qual a taxa metabólica é mínima e a homeotermia é mantida com o menor gasto energético. Nessa zona de conforto, a fração da energia utilizada para termogênese é mínima, e a energia líquida de produção é máxima (FURLAN e MACARI, 2002; SAKOMURA et al., 2005).

Para frangos de corte a temperatura de conforto varia principalmente em função da idade (DA SILVA e MAIA, 2013). O sistema termorregulador das aves só estará desenvolvido entre 10 e 15 dias de idade. Durante os primeiros dias de vida dos pintinhos a dificuldade em reter calor pode ser explicada pela alta relação entre a área e volume corporal da ave associado ao empenamento incompleto (FURLAN e MACARI, 2002). Após os 28 dias de idade, os frangos são mais sensíveis à exposição ao calor, apresentando dificuldade na manutenção da homeostase quando mantidos em ambientes com temperaturas elevadas. A temperatura de conforto na primeira semana é 32 °C, decrescendo até 26 °C, 24 °C, 20 °C durante os períodos de 18 a 21, 22 a 28, 35 a 42 dias de idade, respectivamente (ROSS, 2009).

Para a manutenção da temperatura corporal deve haver equilíbrio entre a produção de calor interna e a taxa de dissipação de calor, sendo que a produção de calor é influenciada por fatores como o peso corporal e o consumo de alimento, ao passo que a perda de calor é influenciada pela temperatura ambiental e a cobertura do animal, sendo que nas aves a perda de calor corporal é limitada pelas penas e pelo número reduzido de glândulas sudoríparas (SINGH e TREHAN, 2002).

Quando a temperatura ambiente extrapola a zona de conforto térmico do frango de corte, as aves apresentam grande dificuldade em dissipar o calor e manter sua temperatura corporal. Em resposta ao calor excedente, ocorrem alterações comportamentais, bioquímicas e fisiológicas, podendo refletir em prejuízos à produção animal (BORGES et al., 2003; VALERIO et al., 2003; SEVEGNANI et al., 2005; WELKER et al., 2008).

Aves expostas por determinado período à temperatura ambiental acima da sua zona de conforto térmico entram em estresse por calor, e primariamente acontecem mudanças comportamentais, uma vez que estas alterações ocorrem, rapidamente, com menores custos para as aves do que as respostas fisiológicas (LUSTICK, 1983). Em estresse por calor, as aves gastam

menos tempo andando e em pé, reduzindo as idas ao comedouro e diminuindo o consumo de ração, o qual também é reduzido na tentativa de diminuir o incremento calórico. Acompanhando a queda no consumo de ração há um aumento no consumo de água para compensar a perda de água por meio do processo de perda de calor por evaporação (SEVEGNANI et al., 2005).

As respostas fisiológicas das aves submetidas ao estresse térmico envolvem vários órgãos na tentativa de dissipar o calor e manter a homeotermia. De acordo com Boone et al. (1971), se ocorre rápido aumento da taxa de temperatura ambiental, a temperatura corporal das aves começará a aumentar quando a temperatura ambiental ultrapassar à 30 °C, caso contrário, se o aumento da temperatura ambiental for gradativo, as aves conseguem manter a temperatura corporal até a temperatura ambiente alcançar os 33 °C. Neste cenário, os animais conseguem dissipar o calor por meio de mecanismos de troca de calor sensível ou não evaporativo; pois existem especializações anatômicas, que permitem o sangue fluir para as extremidades corpóreas para que o calor possa ser dissipado por condução ou convecção. Assim a ave busca maximizar a área de superfície corporal, agachando, mantendo as asas afastadas do corpo e induzindo a ptiloereção para maximizar a perda de calor (FURLAN, 2006).

Uma outra forma de dissipação de calor é por meio de mecanismos latentes ou evaporativos, constituindo-se em um dos mais importantes meios de perda de calor das aves em temperaturas elevadas. As aves têm a capacidade de aumentar a frequência respiratória em até 10 vezes e desta forma aumentar a perda de calor no trato respiratório (FURLAN, 2006). Esse aumento na frequência respiratória aumenta a perda de dióxido de carbono dos pulmões, o que leva a diminuição da pressão de dióxido de carbono. Adicionalmente, a baixa concentração de íons de hidrogênio causa um aumento no pH sanguíneo conduzindo um quadro de alcalose respiratória (LIN et al., 2006).

Os hormônios, também, estão envolvidos no processo de termoregulação, eles fornecem um elo importante no fluxo de informações entre as células e tecidos dos animais para iniciar e manter as respostas fisiológicas e comportamentais ao estresse térmico. Dentre os hormônios que participam dos principais processos comportamentais e fisiológicos para dissipação do calor estão os hormônios da neurohipófise, como a arginina vasotocina (AVT), um hormônio anti-diurético em vertebrados não mamíferos, que é produzido em resposta a desidratação e estimula a reabsorção de água pelos rins, sendo sua produção no estresse por calor também ligada a mobilização de ácidos graxos (YAHAV et al., 2004). Outro hormônio ligado a mobilização de lipídeos é o hormônio de crescimento (GH), o qual é o principal hormônio lipolítico em aves. Frangos de corte, submetidos à temperaturas ambientais elevadas, sobrecarregam certos grupos

musculares em decorrência do ofego, necessitando de um substrato energético para o metabolismo muscular (DONKOH, 1989). Os principais hormônios do eixo hipotalâmico-pituitário-adrenal e tireoideianos envolvidos no processo de estresse por calor são a corticosterona, a qual pode ocasionar a involução do tecido linfóide (timo, bursa de Fabrício e baço) e a supressão da imunidade humoral e daquela medida por células (ROSALES et al., 1989) e os hormônios da tireoide, os quais têm sua síntese e secreção reduzida quando os animais são mantidos em locais acima da zona de conforto térmico, ressaltando que a alteração do metabolismo do hormônio tireoideiano pode aumentar a susceptibilidade a síndrome da morte súbita (GONZALES et al., 1999), traduzindo em perdas econômicas decorrentes do aumento da mortalidade.

Embora o frango de corte apresente vários mecanismos, comportamentais, fisiológicos e hormonais para dissipar o calor e reduzir os efeitos deletérios da temperatura ambiental sobre seu organismo, em alguns casos ele não conseguirá manter sua homeostase, e mesmo que a ave consiga manter sua temperatura corporal constante o custo para isso traduzirá em perdas produtivas, uma vez que a energia a qual deveria ser direcionada para o crescimento corporal será direcionada para à dissipação do excesso de calor, fazendo com que o peso vivo e o ganho de peso das aves fiquem abaixo do peso daquelas mantidas em conforto térmico (LANA et al., 2000; SEVEGNANI et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2006).

Diante disso, várias estratégias são adotadas para minimizar a queda no desempenho de aves submetidas às altas temperaturas ambientais, entre estas estão o manejo nutricional, alterando o nível de energia, tipo de alimento energético, valor de proteína bruta, suplementação de vitaminas e minerais orgânicos, uso de enzimas (LAGANA et al., 2005; RIBEIRO et al., 2008; CARVALHO et al., 2013; GIACOBBO et al., 2014). Contudo, existem controvérsias à respeito do efeito das estratégias nutricionais sobre o desempenho das aves em estresse térmico e que a forma eficiente de garantir a expressão máxima do potencial de crescimento do frango de corte seria proporcionar um ambiente em que estes permanecessem em conforto térmico (GOUS, 2005), o que pode torna-se um entrave na produção de aves em clima quente visto o alto preço de galpões climatizados e o aumento do custo produtivo em virtude do aumento do consumo de energia elétrica.

1.1. LINHAGENS MODERNAS DE FRANGO DE CORTE E A INTERAÇÃO COM O CLIMA QUENTE

Os animais juntamente com o ambiente no qual estão inseridos formam sistemas complexos, e estes sempre apresentam reações frente às constantes alterações ambientais (DA SILVA e MAIA, 2013).

A taxa de crescimento do frango de corte mudou expressivamente ao longo dos anos e grande parte dessas mudanças (85% a 90%) foi em virtude dos processos de seleção quantitativa praticada pelas empresas genéticas (HAVENSTEIN et al., 2003). Frente ao impacto dessa evolução nas características do frango de corte, como o ganho de peso e a conformação de carcaça, alguns trabalhos tiveram como objetivo descrever o avanço genético realizado sobre o desenvolvimento das aves (HAVENSTEIN et al., 1994a,b; QURESHI et al., 1994; HAVENSTEIN et al., 2003a,b). ZUIDHOF et al. (2014) avaliaram o crescimento de linhagens comerciais de frangos de corte ao longo de 45 anos e observaram valores de peso vivo aos 56 dias de idade de 905g, 1808g e 4202g nos anos de 1957, 1978 e 2005, respectivamente. HAVENSTEIN et al. (2003) observaram que o rendimento de peito aos 43 dias de idade no ano de 1957 foi de 11,5% para machos e 11,8% para fêmeas e no ano de 2001 o rendimento de peito em idade similar foi de 19,5% e 20,5% para machos e fêmeas, respectivamente.

Nas últimas décadas, as mudanças que ocorreram no frango de corte foram direcionadas parcialmente pelas tendências do mercado consumidor, que em virtude de um novo estilo de vida mudaram a forma de consumo da carne de frango, dando preferência para o consumo de partes da carcaça, especialmente da carne de peito desossada e sem pele (MEHAFFEY et al., 2006; ABDULLAH et al., 2010). Desta forma a atenção voltou-se não apenas à comparação das características de desempenho entre as diferentes linhagens de frango de corte, mas também para o rendimento e componentes da carcaça eviscerada.

Dentre as principais linhagens utilizadas em estudos com frango de corte estão a Arbor Acres, Lohman e Ross pertencentes ao grupo Aviagen, a linhagem Cobb pertencente à Cobb Vantress - Tyson Food e a linhagem Hubbard do grupo Grimaud, apresentando cada linhagem características próximas que podem ou não se traduzirem em diferenças em determinada variável como o peso vivo, o ganho de peso, o consumo de ração, a conversão alimentar, o peso e rendimento de carcaça e cortes nobres como o peito, coxa e sobrecoxa (GONZALES et al., 1998; FLEMMING et al., 1999; FARRAN et al., 2000; STRINGHINI et al., 2003; MOREIRA et al., 2004; ABDULLAH et al., 2010; LÓPEZ et al., 2011). As pequenas diferenças encontradas entre as linhagens são em sua maioria fruto do trabalho genético realizado que priorizam determinadas características, como por exemplo o tamanho de peito, visto a importância desse corte.

A maioria das grandes empresas genéticas de aves estão localizados em países de clima temperado (Canadá, França, Alemanha, Países Baixos, Reino Unido e EUA) e em contraste, grande parte da produção de frango de corte é realizada em locais com temperaturas ambientais elevadas, podendo haver um questionamento se as linhagens de frango de corte desenvolvidas em clima temperado conseguiriam atingir as metas de crescimento propostas pelas empresas sob condições de alta temperatura ambiental. No estudo de Leenstra e Cahaner (1991), os autores trabalharam com linhagens desenvolvidas em Israel e na Holanda e observaram que as aves desenvolvidas em Israel tiveram melhor desempenho em condições de temperaturas ambientais normais (dos 15 aos 47 dias de idade, a temperatura variou de 28 °C a 20 °C) em relação às aves desenvolvidas na Holanda.

Com os avanços genéticos, o desempenho produtivo das aves atingiu índices impressionantes, resultando em animais com metabolismo mais acelerado. No entanto, sua capacidade termorreguladora parece ser deficiente para enfrentar condições de altas temperaturas e umidade (LAGANA, 2005).

O aumento do crescimento proteico dos frangos elevou a quantidade de calor gerado por essas aves, dificultando a dissipação desse calor sob condições estruturais simples, não permitindo que o potencial de crescimento seja alcançado na prática (GOUS, 2014). De acordo com este autor, os geneticistas deveriam priorizar a seleção que proporcionasse aumento na perda de calor interno, por meio de maiores áreas corporais livres de penas, reduzindo dessa forma o estresse por calor.

Uma alternativa genética seria a introdução de genes que reduziriam a cobertura de penas em frangos de corte com rápido crescimento (CAHANER et al., 1994), sendo os principais genes envolvidos na tolerância ao calor o K^+ e K, Na, Sc e F (CAHANER et al., 2003; CAHANER et al., 2008), porém essa deve ser uma ação cautelosa tendo em vista a importância da cobertura de penas para a proteção da pele, impedindo a condenação parcial ou total da carcaça na plataforma de abate. Segundo GOUS (2014) deverá ser alcançado pelos geneticistas equilíbrio entre aumentar a perda de calor por meio da redução da plumagem e garantir simultaneamente que os danos da pele sejam mínimos com a exposição maior deste tecido.

Trabalhos envolvendo diferentes linhagens são predominantemente realizados em condições de conforto térmico, não sendo esta a realidade de muitos plantéis, existindo desta forma a necessidade da caracterização e comparação dos distintos grupos genéticos comerciais em condições ambientais fora desta zona de conforto, com o intuito de conhecer o desenvolvimento do frango de corte em situações adversas e avaliar o impacto na produção.

1.2. PRODUÇÃO DE CALOR EM AVES

A produção de calor é a energia perdida pelo animal. Esta energia não é utilizada para os processos produtivos, mas pode ser utilizadas pelos animais manterem sua homeotermia em condições de baixas temperaturas ambientais (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007). Por outro lado, em frangos de corte criados em estresse por calor, essa produção de calor pode acarretar prejuízos para as aves, fato evidenciado nas pesquisas com frangos de corte mantidos em temperaturas elevadas, em que os resultados demonstram redução no consumo de ração, na tentativa de reduzir o incremento calórico, e queda no ganho de peso (LANA, et al. 2000; OLIVEIRA NETO et al., 2000; OLIVEIRA et al. 2006).

De acordo com Nielsen (2013), a produção de calor pode ser mensurada em princípio, de três modos diferentes: no primeiro calcula-se a diferença entre o valor energético do alimento ingerido e o valor energético da excreta produzida. De acordo com o autor, esse método não é indicado para animais em crescimento ou em organismos que tenham aumento ou diminuição nas reservas de gordura.

O segundo método é realizado a partir da produção total de calor do organismo, fornecendo informações sobre todo o combustível utilizado, sendo o método mais preciso. Esse método é uma forma de calorimetria direta, no qual as determinações são realizadas com o animal dentro de um calorímetro. O terceiro método é por meio da quantidade de oxigênio usado nos processos de oxidação, desde que haja informações sobre quais substâncias foram oxidadas. O terceiro método é conhecido como calorimetria indireta, sendo a produção de calor obtida por meio do quociente respiratório, o qual é determinado pelo balanço conjunto de oxigênio e carbono (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007).

Pela técnica do abate comparativo, a produção de calor pode ser determinada por análise corporal, denominada calorimetria animal, pela diferença entre a energia metabolizável ingerida e a energia retida corporal, a qual é quantificada pela técnica do abate comparativo (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007). Esta técnica foi empregada por Freitas et al. (2008), para quantificar a produção de calor em pintos de corte da linhagem Cobb alimentados com rações de diferentes formas físicas, não sendo encontrado diferenças na produção de calor pelos animais.

De acordo com estudo de Nascimento (2015), que teve como objetivo mensurar a produção de calor em frangos de corte por meio da calorimetria indireta, houve um aumento da produção de calor em frangos de corte do 8º dia para o 42º dia de idade, uma vez que aos 42 dias de idade as aves logicamente apresentaram maior peso vivo e área corporal, bem como um maior consumo de oxigênio e produção de carbono.

Gous (2014) estimou, a partir de modelos de simulações, a mudança na produção de calor de frangos de corte em função do melhoramento genético ao longo das últimas décadas, e demonstrou aumento na produção de calor em aves aos 42 dias de idade de 1400 kJ/ave/dia no ano de 1970 para 2057 kJ/ave/dia no ano de 2010, sendo a projeção para uma ave com a mesma idade em 2020 de uma produção de calor de 2175 kJ/ave/dia. O aumento na produção de calor das aves aumentam a sensibilidade das mesmas às altas temperaturas ambientais, reforçando a necessidade de proporcionar ambientes climatizados para otimizar o potencial de crescimento desses animais.

2. MODELAGEM NA PRODUÇÃO ANIMAL

O progresso na avicultura industrial é resultado da organização e de gestão da cadeia avícola, aliados à alta produtividade das linhagens de frango de corte disponíveis, atualmente, no mercado. Os programas de melhoramento genético incrementam, permanentemente, o desempenho e o rendimento de carne dos frangos de corte. Contudo, para a adequada exploração desse potencial é necessário que a nutrição, sanidade e o manejo das aves sejam realizados de forma correta. De acordo com Souza (2008), o resultado das alterações genéticas pode demorar, ou até mesmo não ser notado dependendo das práticas de manejo, nutrição e saúde do lote.

Em função da demanda por diferentes produtos (ave inteira, cortes, desossados, processados) juntamente a novos critérios para seleção, como características para viabilidade e bem-estar, é constante o trabalho de melhoramento genético no frango de corte, resultando em mudanças no crescimento desses animais, bem como no desenvolvimento da carcaça e suas partes de acordo com a linhagem.

Diferenças no crescimento corporal, das partes e dos componentes químicos de frangos de corte de linhagens distintas são frequentemente relatadas na literatura (HAN e BAKER, 1994; HANCOCK et al., 1994; GOUS et al., 1999; SANTOS et al., 2005, MARCATO et al., 2010; SAKOMURA et al., 2011), uma vez que a descrição detalhada do crescimento de uma linhagem específica é o passo chave para a elaboração de modelos de predição do crescimento e exigências nutricionais.

Na pesquisa avícola, um modelo pode ser considerado como a descrição matemática de um dado fenômeno biológico (crescimento, produção, etc.), obtida por meio do arranjo coordenado de equações, em que variáveis quantitativas são tomadas para representar os fatores que influenciam tais fenômenos (OVIEDO-RONDON et al., 2002). Deste modo, os modelos

podem ser aplicados na descrição do crescimento, produção de ovos, incubação, digestão e absorção de nutrientes, sendo uma alternativa para ajudar na tomada de decisões e definição de produtos melhores e mais econômicos, tanto na indústria como na pesquisa.

De acordo com Oviedo Rondon (2002), os modelos matemáticos podem ser classificados como estáticos (descreve o fenômeno em determinado momento) ou dinâmicos (parâmetros podem variar no tempo), determinísticos (apresentam apenas uma resposta) ou estocásticos (possíveis respostas dependem de uma distribuição de probabilidade), empíricos (correlação entre duas ou mais variáveis sem considerar os mecanismos que controlam o fenômeno) ou mecanísticos (tentam explicar os mecanismos envolvidos), de modo que cada modelo pode assumir diferentes classificações. As curvas de crescimento por si são exemplos de modelos empíricos, determinísticos e dinâmicos.

As curvas de crescimento são modelos não-lineares utilizados para descrever o crescimento do animal ao longo do tempo, possibilitando avaliar os fatores genéticos e de ambiente que influenciam a forma da curva de crescimento e, desse modo, alterá-la por meio de seleção, ou seja, identificando animais com maior velocidade de crescimento, sem alterar o peso adulto, em vez de selecionar animais cada vez maiores.

Cada espécie, linhagem e sexo, apresenta um potencial de crescimento, desta forma, ao estudar os aspectos de um determinado animal, é necessário conhecer qual modelo descreverá com precisão este crescimento. Os principais modelos não lineares com aplicações na produção animal são: Brody (1945), Richards (1959), Von Bertalanffy (1957), Logístico (NELDER, 1961) e Gompertz (1825).

MODELO DE BRODY (1945)

As curvas de crescimento e desenvolvimento ponderal dos animais começaram com as investigações de Hammond (1932) e dos membros da Escola de Cambridge, prosseguindo com os trabalhos de Brody (1945) (MALHADO et al., 2008). Por meio de vários estudos, estes autores descreveram graficamente o crescimento dos animais, mediante uma curva que apresenta comportamento sigmoidal sem ponto de inflexão, dada pela equação:

$$Y = A (1 - Be^{-kt}) + e$$

Em que: Y = peso (g) na idade t; t = tempo (idade do animal em dias a partir do nascimento); A = peso assintótico ou peso a maturidade; B = constante de integração relacionada

com o peso inicial e sem interpretação biológica definida; k = medida da taxa de variação da função exponencial ou taxa de maturidade; e = erro aleatório.

Pelo fato de não possuir ponto de inflexão, é comum utilizar o modelo de Brody para descrever o crescimento pós-natal ou a fase de auto-inibição do crescimento (FREITAS, 2005).

MODELO DE RICHARDS (1959)

Comparado com o de Brody, o modelo de Richards é mais flexível, pois possui o ponto de inflexão variável, dado pelo parâmetro M . Deste modo o modelo de Richards apresenta quatro parâmetros como segue:

$$Y = A(1 - Be^{-Kt})^M + e$$

Em que: Y = peso (g) na idade t ; t = tempo (idade do animal em dias a partir do nascimento); A = peso assintótico ou peso a maturidade; B = constante de integração relacionada com o peso inicial e sem interpretação biológica definida; k = medida da taxa de variação da função exponencial ou taxa de maturidade; e = erro aleatório; M = parâmetro que dá forma à curva.

Na literatura, o modelo de Richards é citado como o único capaz de prever, com certa precisão, os pesos de animais nos estados iniciais de crescimento pós-natal (MALHADO et al., 2008). Embora o modelo de Richards seja atrativo e flexível, ele não vem sendo utilizado com frequência em estudos com frangos de corte (AGGREY, 2002).

MODELO DE VON BERTALANFFY (1957)

O modelo de Von Bertalanffy, assim como o modelo de Brody, é um caso particular do modelo de Richards, quando $M = 3$, dado pela equação:

$$Y = A (1 - Be^{-kt})^3 + e$$

Em que: Y = peso (g) na idade t ; t = tempo (idade do animal em dias a partir do nascimento); A = peso assintótico ou peso a maturidade; B = constante de integração relacionada com o peso inicial e sem interpretação biológica definida; k = medida da taxa de variação da função exponencial ou taxa de maturidade; e = erro aleatório.

MODELO LOGÍSTICO (1961)

Assim como os modelos de Brody e Von Bertalanffy, o modelo logístico é uma variação do modelo de Richards, com $M = -1$. A regressão logística é amplamente usada em ciências médicas e sociais.

$$Y = A (1 - Be^{-kt})^{-1} + e$$

Em que: Y = peso (g) na idade t ; t = tempo (idade do animal em dias a partir do nascimento); A = peso assintótico ou peso a maturidade; B = constante de integração relacionada com o peso inicial e sem interpretação biológica definida; k = medida da taxa de variação da função exponencial ou taxa de maturidade; e = erro aleatório.

MODELO DE GOMPERTZ (1825)

O modelo mais utilizado para descrever o crescimento das aves é o de Gompertz, por ser relativamente simples e seus três parâmetros possuem interpretação biológica. A equação de Gompertz expressa a massa do corpo como um todo, de partes do corpo, de órgãos ou de componentes químicos em função da idade do animal:

$$M = A \cdot e^{-e^{-(B \cdot (t-C))}} + e$$

Em que: M = massa do tecido, componente ou do corpo como um todo (g); t = idade (dias); A = massa ou peso na maturidade (g); B = crescimento relativo no ponto de inflexão (g/dia por g); C = idade no ponto de inflexão (dias); e = erro aleatório.

Segundo Fialho (1999), a curva de Gompertz tem propriedades desejáveis numa curva de crescimento, pois ao contrário de outras funções a massa corporal inicial é sempre superior à zero, o que reflete o fato de que o animal já nasce com alguma massa. A massa corporal, dada pelo parâmetro A na equação, tende a atingir um valor máximo, que teoricamente só seria alcançado após um tempo infinito, mas ele pode ser obtido a partir de dados experimentais. As características da curva de Gompertz giram em torno do ponto de inflexão, em que a taxa de crescimento é máxima. A idade em que ocorre o ponto de inflexão é dada pelo parâmetro C da equação. Outro parâmetro da equação é o B , que é a taxa de crescimento relativo no ponto em que o crescimento é máximo. A curva de Gompertz tem apenas três parâmetros, o que equivale em número a uma função quadrática, no entanto ela se ajusta melhor às curvas de crescimento e pode ser usada em intervalo de tempo que abrange toda a vida do animal.

O modelo de Gompertz pode ser expresso de diferentes formas, em função de diferentes parâmetros, sendo uma das variantes, apresentada por MARTIN et al. (1994):

$$M = A \cdot e^{-e^{((\ln(-\ln(P_0/A)) - (B \cdot t)))}}$$

Em que: M = peso da variável (g) estimado na idade t ; A = peso da variável (g) à maturidade, P_0 = peso da variável (g) no nascimento; B = taxa de maturidade (por dia), sendo a idade da ave dada em dias.

A primeira derivada das curvas de crescimento fornece incremento diário (g/dia) na variável, ou em outras palavras, a taxa de crescimento ao longo do tempo (FIALHO, 1999), e no caso da equação de Gompertz essa derivada em função da idade (t) é dada por:

$$dM/dt = A \cdot B \cdot e^{(-B \cdot (t-C) - e^{(-B \cdot (t-C))})}$$

Ou expressa em função do peso (M) por:

$$dM/dt = B \cdot M \cdot \ln(A/M)$$

2.1 PRINCIPAIS CURVAS DE CRESCIMENTO UTILIZADAS NA AVICULTURA

Na produção animal, dentre as aplicações das curvas de crescimento, destacam-se: resumir em três ou quatro parâmetros, as características de crescimento da população, pois a maioria dos parâmetros dos modelos não lineares utilizados possuem interpretação biológica (peso a maturidade, taxa de crescimento relativo e idade de máxima taxa de crescimento); avaliar o perfil de resposta ao longo do tempo; estudar as interações de respostas das subpopulações ou tratamentos ao longo do tempo; identificar em uma população um animal mais pesado em idade mais jovem. Segundo Aggrey (2002), um dos objetivos de ajustar curvas é descrever o caminho do aumento do peso corporal com o decorrer do tempo ou idade com o uso de parâmetros matemáticos os quais são biologicamente interpretados.

Nos estudos com aves, vários pesquisadores compararam diferentes curvas de crescimento. Aggrey (2002) comparou os modelos de Richards, logístico e Gompertz para descrever o crescimento de aves, e concluiu que os parâmetros de crescimento preditos com o logístico foram diferentes dos preditos com o Richards e Gompertz, não apresentando estes dois últimos diferenças.

Hruby et al. (1994) avaliaram o modelo logístico, Gompertz e um linear (polinomial) para prever o crescimento protéico corporal em frangos de corte de 1 a 18 semanas de idade, e determinaram que a função de Gompertz foi a que melhor se ajustou aos dados.

Freitas (2005) trabalhou com seis modelos não lineares utilizados na produção animal: Brody, Richard, Von Bertalanffy e duas alternativas de Gompertz e Logístico, tendo como objetivo ajustar os modelos aos dados de peso-idade de oito espécies: camarão de água doce, rã pimenta, coelho, frango, ovino, caprino, suíno e bovino, e posteriormente definir qual modelo é

mais adequado para estimar o crescimento corporal em cada espécie estudada. O autor determinou que os modelos de Gompertz foram os mais adequados para prever o crescimento do camarão, rã, coelho, suíno, bovino e frango de corte.

De acordo com Scheuermann et al. (2003), a comparação de diferentes genótipos usualmente é realizado em uma ou duas idades estabelecidas, porém para a obtenção de informações mais precisas é necessário o uso de curvas de crescimento. Para descrever o crescimento do peito entre diferentes linhagens, Scheuermann et al. (2003) utilizaram a equação de Gompertz, observando diferenças no crescimento de peito entre os genótipos.

Hancock et al. (1994), ao avaliarem os parâmetros da equação de Gompertz para seis linhagens de frango de corte (Ross 708, Ross 788, Ross 608, Ross 688, Hubbard, Hybro), concluíram que diferenças no potencial de crescimento das linhagens estudadas realmente existem e a implicação disso é que esses genótipos têm diferentes exigências nutricionais e ambientais as quais devem ser conhecidas quando se pretende explorar o potencial de crescimentos desses genótipos.

Por meio da equação de Gompertz, Marcato (2007) descreveu o crescimento corporal das partes, dos órgãos e dos componentes químicos das linhagens Ross 308 e Cobb 500 de ambos os sexos, identificando diferenças nos parâmetros de crescimento corporal, das partes, órgãos e componentes químicos entre as linhagens e entre os sexos, sendo as médias dos parâmetros estimados comparadas pelo teste F.

Um outro método para a comparação dos parâmetros estimados é o teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear proposto por Regazzi (2003), em que o autor teve como objetivo apresentar um método para testar as seguintes hipóteses: H_0 : as g equações (foi considerado o ajustamento de g equações de regressão não-linear) são idênticas e H_1 : um determinado subconjunto de parâmetros é igual nos g grupos, concluindo que a identidade de modelos de regressão não-linear e a igualdade de qualquer subconjunto de parâmetros podem ser verificadas por meio do teste da razão de verossimilhança, podendo esta metodologia ser usada em qualquer modelo de regressão não-linear.

Marcato et al. (2010) estudaram o perfil de crescimento e a deposição de nutrientes nos órgãos (coração, fígado, moela, intestino e proventrículo) de frangos de corte das linhagens Ross e Cobb de ambos os sexos. Os autores não observaram influência da linhagem nas taxas de crescimento e deposição de nutrientes no coração. Por outro lado, verificaram que as aves Ross foram mais precoces no crescimento e na deposição de água e cinzas no fígado, sugerindo maior atividade metabólica na digestão e síntese de nutrientes. Além disso, verificaram que os machos

foram mais precoces que as fêmeas para o crescimento e deposição de proteína, gordura e água na moela.

Sakomura et al. (2011) utilizaram a equação de Gompertz para descrever o crescimento dos principais componentes corporais de frangos de corte das linhagens Ross 308 e Cobb 500, de ambos os sexos, disponíveis no Brasil. Embora os autores tenham identificado pequenas diferenças nos parâmetros da equação entre linhagem e sexo, essas diferenças foram de baixa significância comercial, sugerindo que as taxas de crescimento relativo dos diferentes componentes corporais não têm sido significativamente alteradas pela seleção genética, entre os genótipos estudados.

O estudo das curvas de crescimento pode indicar a melhor idade de abate ou a melhor estratégia nutricional e de manejo das aves, e previsões acuradas do peso em determinada idade podem ser feitas, sendo de grande importância do ponto de vista econômico (BAKER, 1944). Além disso, a descrição do crescimento proteico é um passo chave para a elaboração de modelos de predição das exigências aminoacídicas dos frangos, que são a base para a elaboração de softwares de predição das exigências e formulação de dietas.

2.2 APLICAÇÕES DAS CURVAS DE CRESCIMENTO NA ELABORAÇÃO DE MODELOS

A composição corporal, e conseqüentemente a composição do ganho, muda sistematicamente, tanto em termos químicos e físicos, com o avançar da idade até que o potencial de crescimento é atingido (EMMANS, 1995). Daí, a necessidade de frequentes reavaliações dos parâmetros de crescimento do corpo, partes e componentes corporais das diferentes linhagens de frangos de corte, pois essas variações têm implicações diretas nas estratégias de nutrição e manejo das aves.

Utilizando os parâmetros da equação de Gompertz para descrever o crescimento da proteína do corpo depenado e das penas, MARTIN et al. (1994) elaboraram um modelo que fraciona os componentes de manutenção e crescimento do corpo em proporções específicas para o corpo depenado e para as penas, partindo-se do pressuposto que a composição em aminoácidos das penas difere acentuadamente da composição do corpo depenado (EMMANS e FISHER, 1986), e, além disso, considerando que as características de crescimento das penas diferem em relação ao crescimento do resto do corpo, sendo afetadas por fatores como: potencial genético,

sexo e idade da ave. Com base neste princípio, os autores concluíram que as exigências de aminoácidos sulfurosos não tiveram proporções constantes das exigências de lisina com o avançar da idade, conforme preconizado por outros autores (BAKER e HAN, 1994; ROSTAGNO et al., 2005, 2011).

Utilizando abordagem semelhante à da Martin et al. (1994), Siqueira (2009) elaborou um modelo de predição das exigências de lisina digestível para frangos de corte, baseado nos parâmetros da curva de Gompertz. O autor obteve as exigências líquidas de lisina para o crescimento corporal e das penas à partir do ajuste da equação de Gompertz para o crescimento proteico do corpo depenado e das penas. Dividindo-se as exigências líquidas pela eficiência de utilização da lisina, determinada pelo mesmo autor em 0,77 (77%), obteve-se as exigências de lisina digestível para o crescimento do corpo e das penas separadamente. Somando-se esses valores obteve-se as exigências totais de lisina digestível para o crescimento das aves de acordo com a idade.

Na última edição das “Tabelas Brasileira para Aves e Suínos”, Rostagno et al. (2011) agruparam 79 dados experimentais para machos e 36 para fêmeas, obtidos de estudos dose resposta, realizados com frangos de corte, e elaboraram equações para estimar quantidade de lisina necessária (g) por kg de ganho de peso das aves, considerando o peso corporal médio (kg) como variável independente. Com base nisso, a exigência de lisina para ganho (g/dia) foi obtida multiplicando-se o valor predito pela equação (g/kg), pelo ganho de peso esperado (kg/dia). A partir das publicações de Fisher (1998), Edwards et al. (1999) e Siqueira (2009) foram estabelecidas as exigências de lisina para manutenção ($70 \text{ mg/kg}^{0,75}/\text{dia}$). As exigências de lisina digestível (g/dia) foram estimadas a partir da soma das necessidades de lisina para manutenção e para ganho de peso, utilizando-se a equação de Gompertz para descrever o peso corporal.

Além das aplicações na predição das exigências, as curvas de crescimento têm aplicações na elaboração de modelos de crescimento, que são arranjos de funções matemáticas que descrevem o crescimento do animal e/ou suas partes para diferentes idades e programas nutricionais, sendo de grande valia para a indústria avícola.

No mercado atual existem diversos modelos de crescimento para frangos de corte disponíveis como programas computacionais, que utilizam como base as curvas de crescimento, destacando-se o IGM[®], programa baseado nas equações diferenciais para o crescimento e quantifica os efeitos nutricionais e/ou ambientais que reduzem o desempenho; o Omnipro II[®], um modelo calibrado com as curvas de crescimento de diferentes linhagens genéticas disponíveis atualmente, curvas de crescimento observadas previamente na granja, sexo da ave, peso vivo,

conversão alimentar, idade ao abate, temperatura ambiente e programa alimentar; sendo que após a calibração o programa simula o crescimento diário dos animais e calcula as exigências nutricionais de energia, proteína e aminoácidos e consumo de ração; o Fortell Model[®], o qual antes de ser comercializado, o programa utilizava curvas de crescimento para frangos de corte e dividia a resposta para energia e proteína dietética consumida em manutenção diária, crescimento de músculos e penas); o Chickopt[™], modelo baseado nas determinações de exigências de aminoácidos e energia para crescimento e manutenção diária dos frangos, sendo o custo dos alimentos estimado dos ganhos diários e utilizados para obter o menor custo no crescimento (RÓNDON, 2002).

Outra aplicação das curvas de crescimento é o estabelecimento de coeficientes alométricos. Segundo Emmans e Fisher (1986), a taxa de crescimento em um animal vazio é a somatória na taxa de crescimento de proteína, cinzas, água e lipídeos; e a dificuldade em prever a taxa de crescimento pode ser explicada em um desses três fatores: a predição do crescimento no animal vazio como um todo; predição separada do crescimento dos quatro componentes (proteína, cinzas, água e lipídeos) ou a predição de um componente e considerando a relação entre este componente e os outros.

Uma relação alométrica ocorre quando o peso de um componente corporal pode ser explicado por meio de uma simples função do peso de outro componente. A partir do conhecimento do peso da proteína corporal e das relações alométricas entre proteína, lipídios, água e cinzas, é possível determinar os demais componentes corporais, podendo expressar o peso corporal da ave como sendo: peso corporal = proteína + lipídios + (penas/0,8) + cinzas + água (EMMANS, 1991).

A quantificação dos componentes corporais, em diferentes estágios de crescimento, não deve ser baseada apenas em função do peso corporal, mas por meio de relações alométricas entre os componentes (lipídios, água e cinzas) e o peso da proteína corporal. Segundo SAKOMURA et al. (2011), é preferível obter a proteína de toda a carcaça permitindo seu uso como variável independente ao estabelecer as relações alométricas entre os componentes corporais. Ainda de acordo com estes autores, a prioridade em usar a proteína corporal como variável independente ao invés do peso corporal, é a presença da parte lipídica que varia de acordo com a alimentação e o ambiente, devendo desta forma ser excluída. Contudo para fins práticos, tendo em vista que a pesagem dos lotes é realizada semanalmente no campo, o uso do peso corporal como variável independente pode ser de grande valia para frigoríficos no planejamento do abate, indicando qual o peso corporal de abate deverá ser atingido para a obtenção dos pesos desejados dos cortes.

Todas as partes do corpo que partilham uma taxa de maturação comum, parâmetro b na equação de crescimento de Gompertz, são alométricamente relacionadas, desta forma a maneira mais eficiente de modelar o aumento do peso de cada uma destas partes durante o crescimento de um frango é fazer o uso das relações alométrica que existem entre estas partes e a proteína corporal, ressaltando que a taxa de crescimento das penas não podem ser determinadas deste modo uma vez que o crescimento proteico das penas não tem a taxa de maturação, parâmetro B na curva de Gompertz, comum com o crescimento proteico corporal (GOUS, 2014).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGGREY, S. E. Comparison of three nonlinear and spline regression models for describing chicken growth curves. **Poultry Science**. 81:1782–1788, 2002.
- ABDULLAH, A. Y. et al. Growth performance, carcass and meat quality characteristics of different comercial crosses of broiler strains of chicken. *Journal Applied Poultry Research*, v. 47, p. 13-21, jan. 2010.
- Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frango – ABEF. Relatório anual 2014. Disponível em <http://www.abef.com.br/ubabef/publicações_relatoriosanuais.php> Acesso em: 06/06/2015.
- Associação Brasileira de Proteína Animal – ABPA. Relatório anual 2015. Disponível em <http://www.abef.com.br/ubabef/publicações_relatoriosanuais.php> Acesso em: 09/01/2016.
- BAKER, D.H.; HAN, Y. Ideal amino acid profile for chickens during the first three weeksposthatching. **Poultry Science**, Savoy, v. 73, p. 1441-1447, 1994.
- BOONE, M.A. AND HUGHES, B.L. Wind velocity as it affects body temperature, water consumption and feed consumption during heat stress of roosters. **Poultry Science**, v. 50, p. 1535–1537, 1971.
- CAHANER, A., YUNIS, R. AND DEEB, N. Genetics of feathering and heat tolerance in broilers. *Proceedings of the 9th European Poultry Conference, Glasgow, UK, Vol. 2*, p. 67–70, 1994.
- CAHANER, A., DRUYAN, S. AND DEEB, N. Improving broiler meat production, especially in hot climates, by genes that reduce or eliminate feather coverage. **British Poultry Science** 44 (Supl.), 22–23, 2003.
- CAHANER, A. et al. Effects of the genetically reduced feather coverage in naked neck and featherless broilers on their performance under hot conditions. **Poultry Science**, n. 87, p. 2517–2527, ago. 2008.

CARVALHO FILHO, D. U.; FIGUEIRÊDO, A. V.; LOPES, J. B. ; COSTA, E. M. S.; LIMA, D. C. P.; DUARTE, L. J. Fitase em dietas para frangos de corte de 1 a 21 dias alojados em ambientes com diferentes sistemas de climatização. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, v.15, n.4, p.957-969, 2014.

DONKOH, A. Ambient temperature: a factor affecting performance and physiological response of broiler chickens. **International Journal of Biometeorology**, v.33, p.259-265, 1989.

EMMANS, G. C., AND C. FISHER, 1986. Problems in nutritional theory. Pages 9–39 in: **Nutrient Requirements of Poultry and Nutritional Research**. C. Fisher, and K. N. Boorman, ed. Butterworths, London, U.K.

EMMANS, G. C., 1995. Problems in modelling the growth of poultry. **World's Poult. Sci J.** 51:77–89.

FARRAN, T. M. et al. Performance And Carcass Quality Of Commercial Broiler Strains. **Journal Applied Poultry Research**, v. 9, p. 252-257, 2000.

FLEMMING, J. S.; JANZEN, S. A.; ENDO, M. A. Teste com linhagens comerciais de frango de corte - Avaliação dos parâmetros zootécnicos. **Archives Veterinary Science**, v.4, n.1, p. 57-59, 1999.

FIALHO, F. B. **Interpretação da curva de crescimento de Gompertz**. Concórdia. Embrapa-CNPSA, 1999. p.1-4. (Comunicado Técnico 237).

FREITAS, A. R. Curvas de Crescimento na Produção Animal. 786 Curvas de Crescimento na Produção Animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.786-795, 2005

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

FAOSTAT (2015) <http://faostat.fao.org/site/340/default.aspx>. Visitado em 30/11/2015.

FURLAN, R. L.; MACARI, M. Termorregulação. In: MACARI, M., FURLAN, L. M., GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. 209-230.

FURLAN, R. L.; Influência da temperatura na produção de frangos de corte. VII SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA. 04 a 06 de abril de 2006 – Chapecó, SC – Brasil.

GIACOBBO, F. C. N.; KLOSOWSKI, E. S.; NUNES, R. V.; SANGALI, S. P.; BRUNO, L. D. G.; YOSHIHARA, C. R. F. Efeito de diferentes níveis de proteína bruta e balanço eletrolítico sobre o desempenho, parâmetros sanguíneos e características ósseas de frangos de corte na fase de 36 a 42 dias de idade. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 4, p. 2175-2184, 2014.

- GONZALES, E. et al. Metabolic disturbances in male broilers of different strains. 1. Performance, mortality and right ventricular hyper-trophy. **Poultry Science**, v.77, p.1646-1653, jun. 1998.
- GOUS, R. M.; MORAN JR., E. T.; STILBORN, H. R.; BRADFORD, G. D.; EMMANS, G. C. Evaluation of the parameters needed to describe the overall growth, the chemical growth, and the growth of feathers and breast muscles of broilers. **Poultry Science**, v.78, p. 812-821,1999.
- GOUS, R. M., AND T. R. MORRIS. Nutritional interventions in alleviating the effects of high temperatures in broiler production. **World's Poult. Sci. J.** 61, p. 463–466, 2005.
- GOUS, R. M. Modeling as a research tool in poultry science. **Poultry Science**, 33, p. 1–7, 2014.
- HAN, Y.; BAKER, D.H. Digestible lysine requirement of male and female broiler chicks during the period three to six weeks post hatching. **Poultry Science**, v. 73, p.1739 -1745, 1994.
- HANCOCK, C. E.; BRADFORD, G. D.; EMMANS, G. C.; GOUS, R. M. The evaluation of growth parameters of six strains of commercial broiler chickens. **British Poultry Science**, v.36, p.247-64, 1994.
- HAVENSTEIN, G.B., FERKET, P.R., SCHEIDELER, S.E. AND LARSON, B.T. Growth, livability, and feed conversion of 1957 vs 1991 broilers when fed “typical” 1957 and 1991 broiler diets. **Poultry Science**, 73, p. 1785–1794, 1994a.
- HAVENSTEIN, G.B., FERKET, P.R., SCHEIDELER, S.E. AND RIVES, D.E. Carcass composition and yield of 1991 vs. 1957 broilers when fed “typical” 1957 and 1991 broiler diets. **Poultry Science**, 73, p. 1795–1804, 1994b.
- HAVENSTEIN, G.B., FERKET, P.R. AND QURESHI, M.A. Carcass composition and yield of 1957 vs. 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. **Poultry Science**, 82, p. 1509–1518, 2003a.
- HAVENSTEIN, G.B., FERKET, P.R. AND QURESHI, M.A. Growth, livability, and feed conversion of 1957 vs. 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. **Poultry Science**, 82, p. 1500–1508, 2003b.
- HRUBY, M.; HAMRE, M.L.; COON, N. Non-linear and linear functions in body protein growth. **Journal of Applied Poultry Research**, v.5, p.109-115, 1994.
- LANA, G. R. Q.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; LANA, A. M. Q. Efeito da Temperatura Ambiente e da Restrição Alimentar sobre o Desempenho e a Composição da Carcaça de Frangos de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.1117-1123, 2000.
- LÁGANA, C.; RIBEIRO, A. M. L.; GONZALES, F. H. D., LACERDA, L. A.; TERRA, S. R, BARBOSA, P. R. Suplementação de Vitaminas E Minerais Orgânicos nos Parâmetros Bioquímicos e Hematológicos de Frangos de Corte em Estresse por Calor, **B. Industr.anim.**,v.62, n.2, p.157-165, 2005.

LEENSTRA, F. AND CAHANER, A. (1991) Genotype by environment interactions using fast-growing, lean or fat broiler chickens, originating from The Netherlands and Israel, raised at normal or low temperature. **Poultry Science** 70, p. 2028–2039, 1991.

LIN, H.; JIAO, H. C.; BUYSE, J.; DECUYPERE, E. Strategies for preventing heat stress in poultry. **World's Poultry Science Journal**, v. 62, n. 1, p. 71-85, 2006.

LÓPEZ, K. P.; SCHILLING M. W.; CORZO, A. Broiler genetic strain and sex effects on meat characteristics. **Poultry Science**, v. 90, p. 1105–1111, fev. 2011.

LUSTICK, S.I. Cost-benefit of thermoregulation in birds: influences of posture, microhabitat selection, and color. In: Aspey, W. and Lustick, S.I. (eds) Behavioral Energetics. Ohio State University Press, Columbus, Ohio, pp. 265–294, 1983.

MALHADO, C.H.M., A.A. RAMOS, P.L.S. CARNEIRO, J.C. SOUZA, F.S. WECHSLER, J.P. ELER, D.M.M.R. AZEVÊDO E J.R.B. SERENO. Modelos no lineales para describir el crecimiento de bufalinos de la raza murrah. **Arch. Zootec.** 57 (220): 497-503. 2008.

MARCATO, S.M. **Características do crescimento corporal, dos órgãos e tecidos de duas linhagens comerciais de frangos de corte.** 2007. 207 f. Tese (Doutorado) –Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

MARCATO S. M., SAKOMURA N. K., FERNANDES J. B. K., SIQUEIRA J. C. de, DOURADO L. R. B., FREITAS, E. R.; Crescimento e deposição de nutrientes nos órgãos de frangos de corte de duas linhagens comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.5, p.1082-1091, 2010.

MARTIN, P. A.; BRADFORD, G.; GOUS, R.M. A formal method of determining the amino acid requirements of laying-type pulleys during their growing period. **British Poultry Science**, v.35, p.709-724, 1994.

MEHAFFEY, J. M.; PRADHAN, S. P.; MEULLENET, J. F.; EMMERT, J. L.; MCKEE, S. R.; OWENS, C. M. Meat quality evaluation of minimally aged broiler breast fillets from five commercial genetic strains. **Poultry Science**, v. 85, p. 902–908, 2006.

MOREIRA, J. et al. Efeito da densidade populacional sobre desempenho, rendimento de carcaça e qualidade da carne em frangos de corte de diferentes linhagens comerciais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.33, n.6, p.1506-1519, 2004.

NASCIMENTO, S. T. **Modelagem do equilíbrio térmico de frangos de corte: um estudo da geração e transferência de calor.** 2015. 139 f. Tese (Doutorado) –Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2015.

SCHMIDT-NIELSEN, K. S. *Fisiologia Animal*. Capítulo 5: Metabolismo Energético, Santos, 5^a ed. Ed. Santos, 2013.

OLIVEIRA NETO, A. R.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; ROSTAGNO, H. S.; FERREIRA, R. A.; CARMO, H. M. Níveis de Energia Metabolizável para Frangos de Corte no

Período de 22 a 42 Dias de Idade Mantidos em Ambiente Termoneutro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4., p.1132-1140, 2000.

OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; ABREU, M. L. T.; FERREIRA, R. A.; VAZ, R. G. M. V.; CELLA, P. S. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3., p.797-803, 2006.

QURESHI, M. A.; G. B. HAVENSTEIN. A comparison of the immune performance of a 1991 commercial broiler with a 1957 randombred broiler strain when fed “typical” 1957 and 1991 broiler diets. **Poult. Science**, 73, p. 1805–1812, 1994.

REGASSI, A. J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e identidades de modelos de regressão não linear. **Revista Ceres**, v. 50, n.287, p. 9-26, 2003.

RIBEIRO, A. M. L.; VOGT, L. K.; CANAL, C. W.; LAGANÁ, C.; STRECK, A. F. Suplementação de vitaminas e minerais orgânicos e sua ação sobre a imunocompetência de frangos de corte submetidos a estresse por calor. **R. Bras. Zootec.**, v.37, n.4, p.636-644, 2008.

RONDON, E. O.; MURAKAMI, A. E.; SAKAGUTI, E. S. Modelagem Computacional para Produção e Pesquisa em Avicultura. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.4, n.1, p. 199-207, 2002.

ROSALES, A.G.; VILLEGAS, P.; LUKERT, P.D. et al. Isolation, identification and pathogenicity of two strains of infectious bursal virus. **Avian Disease**, v.33, p.35-41, 1989.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2005.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. EUCLIDES, F. R. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2011.

ROSS. **Manual técnico de manejo para frangos de corte**. 2009, 109 p.

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

SAKOMURA, N. K., GOUS R. M., MARCATO S. M., AND FERNANDES J. B. K.. A description of the growth of the major body components of 2 broiler chicken strains. **Poultry Science**, v. 90, p. 2888– 2896, 2011.

SEVEGNANI, K. B.; CARO, I. W.; PANDORFI, H.; SILVA, I. J. O.; MOURA, D. J. Zootecnia de precisão: análise de imagens no estudo do comportamento de frangos de corte em estresse térmico. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.9, n.1, p.115–119, 2005.

SANTOS, A. et al. Estudos do crescimento, desempenho, rendimento de carcaça e qualidade de carne de três linhagens de frangos de corte. *Revista Brasileira Zootecnia*, Viçosa, v. 34, p. 1589-1598, abr. 2005.

SCHEUERMANN, G. N., et al. Breast muscle development in commercial broiler Chickens. *Poultry Science*, v.82:, p.1648–1658, 2003.

SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C. **Principles of animal biometeorogy**. Ed. Springer. Nova York, NY. 1.ed. vol2. 2013. 261 p.

SINGH, P; TREHAN, P.K. Inheritance of rate of feathering and feather density score and its relationship with body weight in broiler chicken. **Journal of Livestock and Poultry Production**, v.18, p. 41-47, 2002.

SIQUEIRA, J. C. Estimativas das Exigências de Lisina de Frangos de Corte pelos Métodos Dose Resposta e Fatorial. Jaboticabal, SP: UNESP, 2009. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”.

STRINGUINI, J. H. et al. Avaliação do desempenho e rendimento de carcaça de quatro linhagens de frangos de corte criadas em goiás. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.32, n.1, p. 183-190, jun. 2003.

VALERIO, S.R.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de lisina digestível em rações, em que se manteve ou não a relação aminoacídica para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, mantidos em estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.361-371, 2003.

WELKER, J. S.; ROSA, A. P.; MOURA, D. J.; MACHADO, L. P.; CATELLAN, F.; UTTAPATEL, R. Temperatura corporal de frangos de corte em diferentes sistemas de climatização. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.37, n.8, p.1463-1467, 2008.

WINDHORST, H.W. Changes in poultry production and trade world wide. **World’s Poultry Science Journal**, v. 62, 588–602, 2006.

ZUIDHOF, M. J.; SCHNEIDER, B. L.; CARNEY, V. L.; KORVER, D. R.; ROBINSON, F. E. Growth, efficiency, and yield of commercial broilers from 1957, 1978, and 2005. **Poultry Science**,93,p.2970–2982,201

CAPÍTULO 2

(Artigo redigido de acordo com as normas da Revista Caatinga)

**CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DE FRANGOS DE CORTE EM CLIMA QUENTE:
EFEITO DA LINHAGEM E SEXO**

RESUMO – Objetivou-se avaliar o desempenho das linhagens Cobb 500, Ross 308 e Hubbard Flex em condições de temperatura ambiental elevada. Foram distribuídas 2160 aves, de ambos os sexos, em DIC, em esquema fatorial 3 x 2 (linhagem e sexo) com seis repetições de 60 aves cada. Foram avaliados o consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), peso vivo (PV) e conversão alimentar (CA) nos períodos de 1 a 7, 1 a 21, 1 a 28, 1 a 42 e 1 a 49 dias. Aos 42 e 49 dias foram avaliados o peso de carcaça (CAR), rendimento de carcaça (RC), peito (RP), coxa (RCX) e sobrecoxa (RSC). As linhagens diferiram em PV e GP na maioria dos períodos, destacando as aves Cobb no período de 1 a 7 dias, e as aves Hubbard nos períodos de 1 a 42 e 1 a 49 dias. Com exceção à fase pré-inicial em que não houve influência das linhagens sobre a CA, as aves Hubbard apresentaram a melhor CA, sendo esta no período de 1 a 49 dias semelhante às aves Cobb. Independente da linhagem, os machos apresentaram desempenho superior em relação às fêmeas. Aos 42 dias às aves Cobb apresentaram RP superior às demais linhagens, sendo o melhor RCX apresentado pelas aves Ross e Hubbard. Aos 49 dias as linhagens Cobb e Ross apresentaram o melhor RP, apresentando a linhagem Hubbard maior RSC. Os machos foram superiores nos rendimentos de corte, com exceção no RP em que as fêmeas demonstraram melhores resultados.

Palavras-chave: Avicultura. Condições ambientais. Genética. Rendimento de carcaça.

**PRODUCTIVE FEATURES OF BROILERS CHICKENS IN HOT WEATHER:
EFFECT OF STRAIN AND SEX**

ABSTRACT – The objective of the study was evaluating the performance of three broilers strains, males and females. A total of 2160 chicks from Cobb 500, Ross 308 and Hubbard Flex strains, both sexes, were distributed in an experimental design completely randomized in factorial arrangement (three strains and two sexes) with six replicates of 60 birds each. Feed intake (FI), live weight (LW), weight gain (WG) and feed conversion (FC) were analyzed at 1 to 7, 1 to 21, 1 to 28, 1 to 42 and 1 to 49 days old period. At 42 and 49 days old were analyzed the carcass weight (CW), carcass yield

(CY), breast (BY), thigh (TY) and drumstick yield (DY). The strains differed in LW and WG in most periods, especially for Cobb broilers in the 1 to 7 days and Hubbard birds in the last two periods (1-42 days and 1-49 days). Except the pre-initial stage where there was no influence of the strains on the FC, the Hubbard birds showed the best FC, which is the period from 1 to 49 days similar to Cobb birds. Regardless of strain, the males showed superior performance compared to females. At 42 days the Cobb birds showed BY superior to the other strains, being the best TY presented by Ross and Hubbard. At 49 days the Cobb and Ross strains showed the best BY presenting the Hubbard strain the greatest DY. Males showed higher values in cuts yield, except in the BY in which females showed better results.

Keywords: Carcass Yield. Environmental conditions. Genetic. Poultry industry.

INTRODUÇÃO

Há décadas os geneticistas se preocupam com o potencial de crescimento e conformação corporal de seus produtos, uma vez que estas características estão relacionadas com a lucratividade do setor avícola. O resultado desse melhoramento genético são as atuais linhagens de frango de corte, caracterizadas pelo rápido ganho de peso e baixa conversão alimentar.

O mercado consumidor da carne de frango é amplo, sendo comercializado desde o frango vivo até produtos industrializados. No Brasil, dentre os produtos exportados, os cortes representam 53,14% e o frango inteiro 38,14%, seguidos pelos produtos processados com menor participação (UBABEF, 2014). Essa diversidade na demanda do frango de corte impulsiona os geneticistas a desenvolverem linhagens que atendam as necessidades de mercado.

Frente à amplitude e ao dinamismo do mercado consumidor, encontram-se diferentes linhagens de frango de corte, apresentando cada uma delas, particularidades de acordo com o trabalho genético realizado. Contudo, para que estas aves possam expressar seu potencial genético é preciso atender as exigências desses animais, uma vez que o crescimento e desenvolvimento muscular é influenciado por fatores como o plano nutricional, condições ambientais, doenças e densidade de alojamento (HRUBY et al., 1994).

Pesquisas nutricionais, ambientais, sanitárias e comportamentais têm sido realizadas para garantir o desenvolvimento das linhagens modernas, entretanto, o emprego de novas tecnologias nem sempre é possível, principalmente por questões econômicas. Um limitante na produção de frango de corte no Brasil é o clima, caracterizado por altas temperaturas ambientais e umidade elevada na maioria das regiões. O sudoeste piauiense, embora não seja caracterizado como uma região de alta umidade (média anual de 60%), apresenta temperaturas médias anuais acima de 26°C, estando acima da zona de conforto para frangos de corte em idades avançadas (NAZARENO et al., 2009).

Intervenções para minimizar os efeitos negativos do estresse por calor são adotadas por vários produtores, principalmente àqueles associados a empresas avícolas, porém, existe uma parcela de criadores independentes que não dispõe de tecnologia para o controle de ambiência em suas instalações. Uma alternativa para essa parcela de produtores seria a utilização de linhagens mais resistentes ao calor, e segundo Deeb et al. (2001), esta resistência pode ocorrer naturalmente no ambiente, por meio de reprodutores originários de regiões quentes ou desenvolvidas por seleção experimental. O efeito da introdução de genes que tornariam as aves mais resistentes ao calor vêm sendo relatado na literatura, visto a importância do desenvolvimento de linhagens com maior resistência térmica (CAHANER et al., 2008; SHARIFI et al., 2010; HADAD et al., 2014).

A descrição do desempenho e características de carcaça das linhagens modernas de frangos de corte é encontrada nos manuais das linhagens, contudo essas informações não retratam o desenvolvimento das aves criadas em diferentes regiões, sob distintas condições climáticas. Neste contexto, o objetivo do presente estudo é avaliar as características produtivas de frangos de corte de diferentes linhagens e sexos, criados sob temperaturas elevadas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de 11 de março a 29 de abril de 2014 no Setor de Avicultura do Colégio Técnico de Bom Jesus, no Campus Professora Cinobelina Elvas, da Universidade Federal do Piauí, localizado no município de Bom Jesus, PI, situado a 09°04'26'' Sul e 44°21'32'' Oeste, com altitude média de 277m.

Conforme a classificação climática de Köppen o clima da região enquadra-se no tipo Aw, considerado zona tropical com inverno seco (ALVARES et al., 2013).

Foram utilizados 2160 pintos de corte, metade de cada sexo, provenientes de matrizes das linhagens Ross 308, Hubbard Flex e Cobb 500 com 42, 38 e 37 semanas de idade, respectivamente. Os ovos férteis, adquiridos em granjas de matrizes situadas nos estados do Ceará, Goiás e Minas Gerais, foram transportados em caminhões adequados para a cidade de Teresina, PI, para a incubação na cooperativa de produtores de aves do Piauí (COAVE). Após o recebimento dos ovos, estes foram processados em condições semelhantes e incubados em incubadora da marca Coopermaq, sendo as aves alojadas aproximadamente 15 horas após a eclosão.

As aves foram pesadas e distribuídas em 36 boxes de 2 m² cada, construídos em um galpão experimental de 26 m de comprimento por 8 m de largura, coberto com telhas de cerâmica, com pé direito de 3 m, equipado com cortinas laterais móveis amarelas para auxílio do controle da ambiência. Cada box foi provido de um comedouro tubular e um bebedouro pendular, cama de palha de arroz de 10 cm de espessura e uma lâmpada incandescente de 150 watts para aquecimento das aves até o 10º dia de idade, quando necessário. As temperaturas ambientais e umidades relativas, máximas e mínimas, foram registradas diariamente por termo-higrômetro localizado no centro geométrico do galpão.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 2 (linhagens e sexo), totalizando 6 tratamentos, cada um com seis repetições de 60 aves por unidade experimental, sendo os pesos médios ($\pm dp$) iniciais: 40,4 \pm 0,03; 41,4 \pm 0,10 e 42,2 \pm 0,12 g para os machos das linhagens Cobb, Ross e Hubbard, respectivamente, e 40,4 \pm 0,05; 39,7 \pm 0,13 e 41,3 \pm 0,14 g para as fêmeas das respectivas linhagens.

As rações foram compostas à base de milho e farelo de soja, formuladas para atender as exigências nutricionais de frangos de corte machos de desempenho superior conforme recomendações das Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2011) (Tabela 1). O programa alimentar foi composto por quatro fases de criação de acordo com a idade das aves, sendo o período pré-inicial de 1 a 7 dias, o período inicial de 8 a 21 dias, o crescimento de 22 a 42 dias e o final de 43 a 49 dias. Os animais tiveram livre acesso à água e às rações durante todo período experimental. O programa de luz ao longo do período experimental consistiu em 23h (luz natural + artificial) até o

sétimo dia, 20h (luz natural + artificial) do oitavo até o 42º dia, sendo aumentado à partir daí o período luminoso para 22h (luz natural + artificial).

Tabela 1. Composição calculada e percentuais das rações experimentais.

Ingredientes (%)	1 a 7	8 a 21	22 a 42	43 a 49
Milho	48,738	54,589	58,803	63,427
Farelo de soja	43,826	37,994	33,214	28,929
Óleo de soja	3,439	3,718	4,772	4,956
Fosfato bicálcico	1,880	1,518	1,198	0,990
Calcário calcítico	0,779	0,814	0,732	0,653
Sal comum	0,452	0,482	0,452	0,432
Premix ^{1,2,3,4}	0,400	0,400	0,400	0,200
DL-Metionina (99%)	0,306	0,290	0,256	0,225
L-Lisina HCL (78,5)	0,136	0,158	0,152	0,169
L-Treonina (99%)	0,044	0,037	0,021	0,019
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição nutricional				
EM (kcal/kg)	2.960	3.050	3.175	3.250
Proteína Bruta (%)	24,00	22,00	20,25	18,64
Cálcio (%)	0,920	0,841	0,711	0,614
Fósforo disponível (%)	0,470	0,401	0,332	0,286
Sódio (%)	0,220	0,210	0,198	0,190
Lisina dig. (%)	1,324	1,217	1,096	1,006
Metionina dig. (%)	0,615	0,579	0,525	0,477
Metionina+Cistina dig. (%)	0,953	0,876	0,800	0,734
Treonina dig. (%)	0,861	0,791	0,712	0,654
Triptofano dig. (%)	0,283	0,249	0,223	0,201
Valina dig (%)	1,024	0,936	0,855	0,785
Fibra Bruta (%)	3,437	2,958	2,778	2,631

Fornece/kg de dieta ¹(pré-inicial): ácido fólico – 200,00 mg; biotina-10,00mg; clorohidroquinolina-7500,00mg; zn – 17,50g ; vit. A – 1680000,00 UI; vit. B1 – 436,50 mg; vit. B12 2400,00 mcg; vit. B2 – 1200,00 mg; vit. B6 - 624 mg; vit. D3 – 400000,00 UI; vit. E, 3500,00UI; vit. K 3 – 360,00 mg; niacina – 8399,00 mg; nicarbazina -25,00g; ácido pantotênico – 3120,00 mg; colina – 78,10g; se-75,00mg; fe 11,25g; mn – 18,74g; cu - 1997,00 mg; I – 187,00mg. ²(Inicial) : ácido fólico – 199,00 mg;biotina-10,00mg; clorohidroquinolina-7500,00mg; zn – 17,50g ; vit. A – 1680000,00 UI; vit. B1 – 436,50 mg; vit. B12 2400,00 mcg; vit. B2 – 1200,00 mg; vit. B6 – 624,00 mg; vit. D3 – 400000,00 UI; vit. E, 3500,00UI; vit. K 3 – 360,00 mg; niacina – 8400,00 mg; monensina-25,00g; ácido pantotênico – 3119,00 mg; colina – 80,71g; se-75,00mg; ferro 11,25g; mn – 18,74g; cobre -1996,00 mg; id – 187,47mg. ³(Crescimento): ácido fólico – 162,50 mg; clorohidroquinolina-7500,00mg; zn – 17,50g ; vit. A – 1400062,50 UI; vit. B1 – 388,00 mg; vit. B12 2000,00 mcg; vit. B2 – 1000,00 mg; vit. B6 520,00mg; vit. D3 – 360012,00UI; vit. E, 2500,00UI; vit. K 3 – 300,00 mg; niacina – 7000,00 mg; salinomicina -16,50g; ácido pantotênico – 2600,00 mg; colina – 71,59g; se-75,00mg; fe 11,25g; mn – 18,74g; cu -1996,00 mg; I – 187,47mg. ⁴(Final/Abate) :ácido fólico – 162,50 mg; óxido de zinco – 17,500mg ; Se – 75mg; vit. A – 1.400.00 UI; vit. B1 – 388 mg; vit. B12 2.000 mc; vit. B2 – 1.000 mg; vit. B6 - 520 mg; vit. D3 - 1.600 UI; vit. E, 2.500 mg; vit. K 3 – 300 mg; Zn - 70 ppm; niacina – 7.000 mg; ácido pantotênico – 2.600 mg; colina – 71.593,49 mg;fe 11,250mg; mn – 18,750 mg; cu -2.000 mg; I – 187,50mg, aditivo antioxidante 25 000 mg; halquinol 7.500 mg; salinomicina 16.500mg.

No 7º, 21º, 28º, 42º e 49º dias de idade, todas as aves e as sobras de rações de cada unidade experimental foram pesadas para avaliação das características de desempenho. As variáveis analisadas foram o ganho de peso, o consumo de ração, a conversão alimentar e o peso vivo. O registro da mortalidade foi realizado diariamente, para a correção do número de aves e posterior cálculo do consumo médio de ração e da conversão alimentar (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007), sendo utilizado também para o cálculo da viabilidade criatória (VC) no período de 1 a 49 dias, em que $VC = 100 - \text{aves mortas (\%)}$.

Aos 42 e 49 dias de idade, três aves com peso corporal próximo ao da média da parcela ($\pm 10\%$) foram submetidas a jejum alimentar de seis horas e abatidas para avaliação do peso da carcaça eviscerada, rendimentos de carcaça, peito, coxa e sobrecoxa. O rendimento de carcaça foi calculado pela relação entre o peso da carcaça (sem penas, vísceras, pés, cabeça e pescoço) e o peso da ave após jejum. O rendimento das partes foi calculado pela relação entre o peso dos cortes e o peso da carcaça.

Os dados de desempenho e características de carcaça das aves, referentes aos períodos de 1 a 7, 1 a 21, 1 a 28, 1 a 42 e 1 a 49 dias de idade, foram submetidos a testes de normalidade (Cramer-Von Mises) e homocedasticidade (Levene), e atendidas essas pressuposições foram submetidos à análise da variância de acordo com o modelo estatístico: $Y_{ij(k)} = \mu + L_i + S_j + LxS_{ij} + \epsilon_{ij(k)}$; Em que: $Y_{ij(k)}$ = consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, peso vivo, viabilidade criatória, rendimento de carcaça, peso de carcaça, rendimento de peito, rendimento de coxa e sobrecoxa das aves da i -ésima linhagem no j -ésimo sexo; μ = efeito da média geral; L_i = efeito da i -ésima linhagem; S_j = efeito do j -ésimo sexo; LxS_{ij} = efeito da interação entre as linhagens e o sexo e $\epsilon_{ij(k)}$ = erro experimental. Posteriormente, as médias das variáveis analisadas foram comparadas pelo teste SNK considerando um nível de significância de até 5%. As análises foram realizadas com o auxílio do Software SAS 9.0, por meio do procedimento “GLM”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas média, mínima e máxima e a umidade relativa média no interior do galpão durante o período experimental foram de $28,1 \pm 0,7$ °C; $22,0 \pm 1,2$ °C; $34,2 \pm 0,9$ °C e $73,6 \pm 13,7\%$, respectivamente. Observou-se que as temperaturas, média e máximas, registradas a partir da segunda semana de vida das aves estiveram acima das

temperaturas de conforto recomendadas nos manuais das linhagens, os quais indicam temperaturas inferiores à 26 °C a partir dos 18 dias de idade (HUBBARD, 2007; COBB, 2008; ROSS, 2012) (tabela 2).

Tabela 2. Médias semanais da temperatura ambiental (°C) e umidade relativa (%) durante o período de 11 de março a 29 de abril de 2014.

Período (dias)	Temperatura (°C)		Umidade (%)	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
1 a 7	23,3	34,2	63,0	82,1
8 a 14	22,9	34,0	63,0	81,9
15 a 21	21,1	34,9	63,1	84,1
22 a 28	22,4	34,1	65,3	84,8
29 a 35	22,1	34,0	69,4	87,6
36 a 42	20,5	34,4	57,1	84,8
43 a 49	21,5	33,4	48,6	87,1

Um agravante às altas temperaturas foram as elevadas amplitudes térmicas (média de 12,2 °C) registradas durante todo o período experimental, pois, segundo Donald (1997) quando a amplitude térmica ultrapassa 10 °C as aves diminuem a resistência em suportar temperaturas diurnas elevadas.

Não foram observadas interações ($P>0,05$) entre linhagem e sexo para nenhuma das variáveis de desempenho avaliadas no período pré-inicial (1 a 7 dias) (tabela 3), indicando que estes fatores (linhagem e sexo) atuam de maneira independente.

Tabela 3. Médias do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), peso vivo (PV) e conversão alimentar (CA) de diferentes linhagens de frangos de corte, machos e fêmeas, no período de 01 a 07 dias de idade.

Variáveis	Sexo (S)	Linhagens (L)			Médias	CV(%)	Probabilidade		
		Cobb	Ross	Hubbard			L	S	LxS
CR (kg)	Macho	0,123	0,121	0,111	0,118	5,40	0,035	0,313	0,068
	Fêmea	0,118	0,114	0,116					
	Médias	0,121a	0,117ab	0,114b					
GP (Kg)	Macho	0,113	0,108	0,101	0,107A	3,36	<0,001	0,006	0,109
	Fêmea	0,107	0,104	0,101	0,104B				
	Médias	0,110a	0,106b	0,101c					
PV(kg)	Macho	0,154	0,149	0,143	0,149A	2,55	<0,001	<0,001	0,175
	Fêmea	0,147	0,143	0,142	0,144B				
	Médias	0,151a	0,146b	0,143c					
CA	Macho	1,089	1,121	1,099	1,103	5,77	0,629	0,455	0,411
	Fêmea	1,107	1,102	1,148	1,119				
	Médias	1,098	1,111	1,123					

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem pelo teste SNK ($P>0,05$).

Observou-se que a linhagem influenciou ($P < 0,05$) o consumo de ração (CR), o ganho de peso (GP) e o peso vivo (PV), enquanto o sexo influenciou ($P < 0,05$) o GP e o PV das aves, não havendo influência ($P > 0,05$) de linhagem ou sexo sobre a conversão alimentar (CA) no período pré-inicial.

O CR das aves da linhagem Ross foi semelhante àqueles das linhagens Cobb e Hubbard, sendo o consumo da Cobb 6,1% superior ao da Hubbard. Stringuini et al. (2003), ao compararem o desempenho de quatro linhagens de frango de corte no período de um à sete dias de idade, não observaram diferenças no CR entre as linhagens Cobb e Ross na primeira semana de vida, corroborando com os resultados do presente estudo.

A linhagem Cobb apresentou GP superiores às linhagens Hubbard (8,9%) e Ross (3,8%), sendo esta 4,9% superior à linhagem Hubbard. Efeito da linhagem sobre o GP das aves de 1 a 7 dias foram encontradas por Abdullah et al. (2010), que verificaram que a linhagem Hubbard Classic apresentou GP superior em relação às linhagens Ross e Hubbard JV.

Não foram observados efeitos de linhagem ($P > 0,05$) sobre a CA das aves, apesar das diferenças encontradas entre as linhagens para o CR e o GP, evidenciando que no período pré-inicial as linhagens Cobb, Ross e Hubbard ganharam peso com eficiências similares.

De maneira semelhante ao GP, a linhagem Cobb apresentou PV superiores às linhagens Hubbard (5,3%) e Ross (3,3%), sendo esta 2,1% superior à linhagem Hubbard.

Considerando o sexo, observou-se que os machos apresentaram GP (2,9%) e PV (3,4%) superiores em relação às fêmeas, independente da linhagem, corroborando com os resultados de Stringuini et al. (2003), que observaram que o GP e o PV de frangos de corte machos das linhagens Ross, Cobb, Avian Farms e Arbor Acres no período de 1 a 7 dias foram superiores em 3,6% e 2,8%, respectivamente, em relação às fêmeas.

O acompanhamento dos lotes na primeira semana de vida é praxe para a maioria dos produtores, principalmente em sistemas integradores. Segundo Yassin et al. (2009), as principais mudanças morfofisiológicas do aparelho digestivo, imunológicas e do sistema termoregulatório ocorrem nos sete primeiros dias de vida das aves, o que respalda a importância desse período para o desenvolvimento dos animais. Em adição a esses fatores, o rápido crescimento das linhagens dos frangos de corte reduz o tempo das aves no campo, aumentando assim a importância de um desempenho satisfatório na

primeira semana após eclosão. Contudo cada linhagem apresenta um potencial de crescimento em cada período específico (GOLIOMYTIS et al., 2003; SANTOS et al., 2005), deste modo, maior peso vivo ou ganho de peso de uma linhagem em relação a outra na fase pré-inicial, pode não traduzir em maior crescimento ao longo da vida da ave.

Assim como no período pré-inicial (1 a 7 dias), não foram observadas interações ($P>0,05$) entre linhagem e sexo para nenhuma das variáveis de desempenho avaliadas no período de 1 a 21 dias (tabela 4).

Tabela 4. Médias do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), peso vivo (PV) e conversão alimentar (CA) de diferentes linhagens de frangos de corte, machos e fêmeas, no período de 01 a 21 dias de idade.

Variáveis	Sexo (S)	Linhagens (L)			Médias	CV(%)	Probabilidade		
		Cobb	Ross	Hubbard			L	S	LxS
CR (kg)	Macho	0,982	0,992	0,961	0,978A	1,32	<0,001	<0,001	0,795
	Fêmea	0,930	0,946	0,914	0,930B				
	Médias	0,956b	0,969a	0,937c					
GP (Kg)	Macho	0,677	0,673	0,693	0,681A	2,92	0,238	<0,001	0,483
	Fêmea	0,637	0,647	0,648	0,644B				
	Médias	0,657	0,660	0,670					
PV(kg)	Macho	0,718	0,715	0,735	0,722A	2,76	0,172	<0,001	0,517
	Fêmea	0,677	0,687	0,689	0,684B				
	Médias	0,697	0,701	0,712					
CA	Macho	1,451	1,474	1,388	1,438	2,49	<0,001	0,578	0,533
	Fêmea	1,462	1,462	1,411	1,445				
	Médias	1,456a	1,468a	1,399b					

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem pelo teste SNK ($P>0,05$).

Neste período, somente o CR e a CA foram influenciados pela linhagem ($P<0,05$), sendo todas as variáveis de desempenho influenciadas pelo sexo ($P<0,05$), com exceção da CA ($P>0,05$).

As aves da linhagem Ross apresentaram CR superior em 1,4% e 3,4%, em relação às aves das linhagens Cobb e Hubbard, respectivamente, sendo o CR das aves Hubbard 2,0% inferior ao das aves Cobb. Abdullah et al. (2010), em estudo com quatro linhagens de frango corte, no período de 14 a 21 dias de idade, encontraram diferenças no CR, observando que as aves da linhagens Ross também apresentaram CR superior (12,3%) em relação às aves Hubbard JV.

A ausência de efeito das linhagens sobre o GP e o PV concorda com os resultados de Farran et al. (2000), ao avaliarem o desempenho de três linhagens de frango de corte

(Arbor Acres, Lohman e Ross) no período de 1 a 21 dias, não encontrando efeito de linhagem sobre o PV. Moreira et al. (2004) também compararam o desempenho de três linhagens de frangos de corte (Ross, Cobb e Hybro) de 1 a 21 dias, e não encontraram diferenças no GP entre as linhagens Ross e Cobb, sendo a linhagem Hybro aquela que apresentou o maior GP.

As aves da linhagem Hubbard apresentaram CA inferior àquelas das linhagens Cobb e Ross, havendo semelhança entre estas linhagens. Apesar de não terem sido observadas diferenças no GP entre as linhagens no período de 1 a 21 dias, o menor CR da Hubbard em relação às linhagens Cobb e Ross, resultou em melhoria da CA, sendo um indicativo de maior crescimento das aves Hubbard no período compreendido entre o 7º e o 21º dia de idade, haja vista que a linhagem Hubbard apresentou GP e PV inferiores no período pré-inicial (1 a 7 dias).

Analisando o sexo, os machos apresentaram superioridade em relação às fêmeas de 5,2% no CR; 5,7% no GP e 5,6% no PV. Estes resultados corroboram com os de Moreira et al. (2004), que ao trabalharem com três linhagens de frango de corte (Ross, Cobb e Hybro), de ambos os sexos, também observaram maior CR (8,9%) e GP (9,8%) dos machos em comparação às fêmeas, independentemente da linhagem.

Também não foram observadas interações ($P > 0,05$) entre linhagem e sexo para nenhuma das variáveis de desempenho avaliadas no período de 1 a 28 dias, observando-se efeitos independentes de linhagem e sexo ($P < 0,05$) para todas as variáveis estudadas (tabela 5).

Tabela 5. Médias do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), peso vivo (PV) e conversão alimentar (CA) de diferentes linhagens de frangos de corte, machos e fêmeas, no período de 01 a 28 dias de idade.

Variáveis	Sexo (S)	Linhagens (L)			Médias	CV(%)	Probabilidade		
		Cobb	Ross	Hubbard			L	S	LxS
CR (kg)	Macho	1,643	1,695	1,669	1,669A	2,26	0,008	<0,001	0,875
	Fêmea	1,537	1,584	1,548	1,556B				
	Médias	1,590b	1,639a	1,608b					
GP (Kg)	Macho	1,086	1,114	1,143	1,114A	3,17	0,006	<0,001	0,797
	Fêmea	1,002	1,017	1,040	1,020B				
	Médias	1,044b	1,066ab	1,092a					
PV(kg)	Macho	1,127	1,156	1,186	1,156A	3,06	0,005	<0,001	0,765
	Fêmea	1,042	1,057	1,082	1,060B				
	Médias	1,084b	1,106ab	1,133a					
CA	Macho	1,513	1,522	1,460	1,498B	1,95	<0,001	0,006	0,835
	Fêmea	1,535	1,558	1,488	1,527A				

Médias	1,524a	1,540a	1,474b
--------	--------	--------	--------

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem pelo teste SNK ($P>0,05$).

Seguindo a mesma tendência do período anterior de avaliação (1 a 21 dias), no período de 1 a 28 dias as aves Ross apresentaram o maior CR, sendo este 3,1% e 1,9% superior em comparação às aves Cobb e Hubbard, respectivamente, não havendo diferenças entre o CR destas. A superioridade no CR das aves da linhagem Ross não favoreceu o GP e o PV, sendo estes valores semelhantes àqueles observados nas linhagens Cobb e Hubbard. Contudo, apesar da semelhança no CR das aves Cobb e Hubbard, esta última apresentou GP (4,6%) e PV (4,5%) superiores às aves da linhagem Cobb, sugerindo a maior eficiência para GP da linhagem Hubbard.

Observou-se que as aves da linhagem Hubbard apresentaram a melhor CA, favorecendo em 3,3% em relação às aves Cobb, e 4,3% em relação às aves Ross, não havendo diferenças entre estas linhagens.

Os valores de CR, GP e PV das aves no período de 1 a 28 dias de idade, observados no presente estudo foram inferiores aos valores de referência apresentados nos manuais das linhagens (HUBBARD, 2007; COBB, 2008; ROSS, 2012), podendo ser esta inferioridade atribuída às elevadas temperaturas ambientais registradas ao longo do período experimental, com médias acima da faixa de conforto para as aves a partir da segunda semana de vida.

Diversos autores têm relatado redução do consumo e piora no desempenho de frangos de corte submetidos ao estresse por calor (FURTADO et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2010; OBA et al., 2012). A análise do desempenho das diferentes linhagens nos diferentes períodos (1 a 7; 1 a 21 e 1 a 28), sugere que as aves da linhagem Cobb apresentaram maior sensibilidade às altas temperaturas ambientais em relação às linhagens Ross e Hubbard, uma vez que no período de 1 a 7 dias, as aves Cobb apresentaram maiores GP e PV, e nos períodos subsequentes, a superioridade destas variáveis não foi mantida.

Em relação ao sexo, também se observou a mesma tendência do período anterior, tendo os machos apresentado CR (6,8%), GP (8,5%) e PV (8,3%) superiores em relação às fêmeas, apresentando uma melhoria de 1,9% na CA.

A comparação das características de desempenho entre os sexos a partir do 21º dia de vida é uma ferramenta importante para a indústria avícola. Alguns mercados, como o Oriente Médio, exigem um produto diferenciado, conhecido como Griller, obtidos com

o abate de aves com idade entre 25 a 33 dias e com um peso médio de abate de 1,450 kg (SANDI et al., 2011). Neste tipo de produção em que as aves são abatidas mais jovens, comumente são utilizados lotes de fêmeas, uma vez que a criação de lotes deste sexo em idades avançadas não é viável em função de uma maior deposição de gordura corporal em relação ao macho e conseqüentemente maior conversão alimentar. Contudo o emprego de frangos machos na produção do frango tipo Griller pode ser indicada para regiões quentes, como o Sudoeste Piauiense, e para galpões que não dispõem de alta tecnologia em controle de ambiência, pois com o avançar da idade as aves se tornam mais sensíveis à temperaturas ambientais elevadas, com possível queda no desempenho e aumento no risco de mortalidade, realçando a importância de estudos que avaliem os efeitos de linhagens e sexo sob condições de clima quente.

No período de 1 a 42 dias não foram observadas interações ($P>0,05$) entre linhagem e sexo para nenhuma das variáveis de desempenho, havendo efeitos de linhagem e sexo ($P<0,05$) para todas as variáveis de desempenho avaliadas, com exceção do CR que não sofreu efeito de linhagem ($P>0,05$) (tabela 6).

Tabela 6. Médias do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), peso vivo (PV) e conversão alimentar (CA) de diferentes linhagens de frangos de corte, machos e fêmeas, no período de 01 a 42 dias de idade.

Variáveis	Sexo (S)	Linhagens (L)			Médias	CV(%)	Probabilidade		
		Cobb	Ross	Hubbard			L	S	SxL
CR (kg)	Macho	3,364	3,441	3,382	3,396A	4,20	0,384	0,008	0,309
	Fêmea	3,208	3,234	3,349	3,256B				
	Médias	3,286	3,337	3,365					
GP (Kg)	Macho	1,904	2,012	2,081	1,999A	4,30	0,004	<0,001	0,310
	Fêmea	1,794	1,798	1,918	1,836B				
	Médias	1,849b	1,905b	2,000a					
PV (kg)	Macho	1,944	2,054	2,124	2,041A	4,21	0,004	<0,001	0,302
	Fêmea	1,835	1,838	1,960	1,877B				
	Médias	1,890b	1,945b	2,041a					
CA	Macho	1,769	1,711	1,626	1,702B	4,09	0,009	0,003	0,217
	Fêmea	1,788	1,803	1,746	1,779A				
	Médias	1,779a	1,757a	1,686b					

Médias seguidas de letras iguais nas linhas (minúsculas) ou colunas (maiúscula), não diferem pelo teste SNK ($P>0,05$).

As aves da linhagem Hubbard apresentaram superioridade no GP de 8,2% em relação às aves Cobb e 5,0% em relação às aves Ross, não existindo diferenças entre as linhagens Cobb e Ross. Por outro lado, Moreira et al. (2004) trabalhando com as

linhagens Cobb, Ross e Hybro também encontraram diferenças no GP, observando que as aves Ross apresentaram um GP 3,1% superior às aves Cobb.

Seguindo a tendência do GP, as aves da linhagem Hubbard apresentaram PV superior ao das aves das linhagens Cobb (8,0%) e Ross (4,9%). Mehaffey et al. (2006) em um estudo comparativo com cinco linhagens de frango de corte aos 42 dias de idade, observaram semelhança entre o PV de quatro grupos genéticos, apresentando a linhagem com maior PV superioridade de 5,8% em comparação à média de PV das demais linhagens.

A melhor CA observada no período de 1 a 42 dias de idade foi obtida nas aves da linhagem Hubbard, sendo 5,2% e 4,0% superiores em relação às aves das linhagens Cobb e Ross, respectivamente, não sendo observadas diferenças entre estas.

Os machos apresentaram o maior CR (4,3%), GP (8,9%) e PV (8,4%), e melhor CA (4,3%) em relação as fêmeas. Moreira et al. (2004), em um estudo com frangos de corte das linhagens Cobb, Ross e Hybro no período de 1 a 42 dias, também observaram maior CR (12,4%) e GP (17,4%) dos machos em relação as fêmeas, acompanhado de melhoria na CA de 4,3%. Em outro estudo, Brewer et al. (2012), comparando os efeitos de quatro linhagens e do sexo em frangos de corte, observaram que o PV dos machos, independente das linhagens, foi superior em 13,6% em comparação às fêmeas.

No período de 1 a 49 dias também não foram observadas interações ($P>0,05$) entre linhagem e sexo para nenhuma das variáveis avaliadas, observando-se efeitos independentes ($P<0,05$) de linhagem e sexo para todas as variáveis de desempenho avaliadas (tabela 7).

Tabela 7. Médias do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), peso vivo (PV), conversão alimentar (CA) e viabilidade criatória (VC) de diferentes linhagens de frangos de corte, machos e fêmeas, no período de 01 a 49 dias de idade.

Variáveis	Sexo (S)	Linhagens (L)			Médias	CV(%)	Probabilidade		
		Cobb	Ross	Hubbard			L	S	LxS
CR (kg)	Macho	4,143	4,348	4,339	4,276A	3,43	0,002	0,001	0,522
	Fêmea	3,982	4,108	4,234	4,108B				
	Médias	4,062b	4,228a	4,286a					
GP (Kg)	Macho	2,365	2,467	2,617	2,483A	4,35	<0,001	<0,001	0,507
	Fêmea	2,218	2,231	2,391	2,280B				
	Médias	2,291b	2,349b	2,504a					
PV(kg)	Macho	2,405	2,508	2,660	2,524A	4,27	<0,001	<0,001	0,518
	Fêmea	2,258	2,271	2,432	2,320B				
	Médias	2,331b	2,389b	2,546a					

CA	Macho	1,756	1,764	1,660	1,726B	4,18	0,020	0,004	0,504
	Fêmea	1,796	1,843	1,771	1,804A				
	Médias	1,776ab	1,803a	1,715b					
VC	Macho	93,61	96,67	95,28	95,10	2,36	0,481	0,509	0,166
	Fêmea	96,00	95,28	95,83	95,69				
	Médias	94,70	95,91	95,56					

Médias seguidas de letras iguais nas linhas (minúsculas) ou colunas (maiúscula), não diferem pelo teste SNK ($P>0,05$).

O CR das aves Cobb foi 5,2% e 3,9% inferior em relação ao CR observado nas aves das linhagens Hubbard e Ross, respectivamente, não havendo diferenças entre estas. De maneira semelhante, Flemming et al. (1999) estudaram diferentes linhagens de frangos de corte (Cobb, Hubbard, Ross, Arbor e Isa) no período de 1 a 47 dias de idade, e observaram que as aves da linhagem Cobb também apresentaram consumo inferior às aves das linhagens Hubbard (2,1%) e Ross (0,2%), não encontrando diferenças entre estas linhagens.

As aves da linhagem Hubbard apresentaram GP superior em 9,3% e 6,6% às aves das linhagens Cobb e Ross, respectivamente, não existindo diferenças entre estas duas linhagens.

As aves da linhagem Hubbard apresentaram o maior PV, sendo 9,2% e 6,5% superior em relação ao PV das aves das linhagens Cobb e Ross, respectivamente. Como observado nos períodos de avaliação anteriores, o PV das aves aos 49 dias foram aquém daqueles preconizados pelas empresas fornecedoras das linhagens, provavelmente em razão à sensibilidade às temperaturas ambientais elevadas, como consequência da redução no CR e queda no GP das aves.

Em regiões como o Sudeste Piauiense, caracterizadas por elevadas temperaturas ambientais, os produtores que não dispõem de galpões climatizados necessitam prolongar a permanência das aves no campo para que estas alcancem o peso adequado de abate. Desta forma, ao optar por uma determinada linhagem é necessário conhecer o CR e CA específica de cada genótipo e não somente o GP e PV das aves.

Apesar da semelhança no CR entre as aves das linhagens Hubbard e Ross, a CA das aves Hubbard melhorou em 4,9% em relação às aves Ross, visto a superioridade no GP apresentada pelas aves Hubbard. As aves Cobb apresentaram menor CR (5,2%) e menor GP (8,5%) em relação às aves da linhagem Hubbard, entretanto a CA das aves destas linhagens foi similar, assim como entre as linhagens Cobb e Ross.

Os machos apresentaram maiores CR (4,9%), GP (8,9%) e PV (8,8%), e melhor CA (4,4%) em relação às fêmeas independente da linhagem. Shin et al. (2012) em

estudo com diferentes linhagens de frango de corte de ambos os sexos, também observaram superioridade no PV dos machos (20,6%) em relação às fêmeas e melhor CA (4,3%), sendo os machos desta forma mais viáveis para criações com idade de abate avançada, quando o objetivo é a comercialização de aves vivas.

Embora, tenha sido observado influência de linhagem e sexo em todas as variáveis de desempenho no período de 1 a 49 dias, a viabilidade criatória não foi influenciada por nenhum dos dois fatores estudados.

Observou-se que nenhuma das características de carcaça avaliadas aos 42 dias de idade apresentou interação ($P>0,05$) entre linhagem e sexo. Entretanto, foram observados efeitos independentes ($P<0,05$) de linhagem e sexo sobre o peso da carcaça (CAR), rendimento de peito (RP) e rendimento de coxa (RCX), não havendo efeito ($P>0,05$) destes fatores sobre os rendimentos de carcaça (RC) e de sobrecoxa (RSC) (tabela 8).

Tabela 8. Médias do peso de carcaça (CAR), rendimento de carcaça (RC), rendimento de peito (RP), rendimento de coxa (RCX) e rendimento de sobrecoxa (RSC) de frangos de corte, machos e fêmeas, aos 42 dias de idade.

Variáveis	Sexo (S)	Linhagens (L)			Médias	CV (%)	Probabilidade		
		Cobb	Ross	Hubbard			L	S	LxS
CAR (kg)	Macho	1,73	1,90	1,95	1,86A	9,37	0,019	<0,001	0,764
	Fêmea	1,55	1,62	1,72	1,63B				
	Médias	1,64b	1,76ab	1,84a					
RC (%)	Macho	72,67	72,08	72,47	72,407	2,30	0,386	0,781	0,240
	Fêmea	71,51	72,62	73,56	72,56				
	Médias	72,09	72,35	73,01					
RP (%)	Macho	34,45	32,79	31,37	32,87A	3,68	<0,001	0,007	0,552
	Fêmea	35,02	34,45	32,77	34,08B				
	Médias	34,76a	33,62b	32,07c					
RCX (%)	Macho	13,20	14,09	14,61	13,97A	3,99	<0,001	<0,001	0,062
	Fêmea	12,47	13,13	12,84	12,81B				
	Médias	12,83b	13,61a	13,73a					
RSC (%)	Macho	13,78	14,49	14,34	14,203	7,88	0,481	0,165	0,467
	Fêmea	13,79	14,02	13,23	13,68				
	Médias	13,78	14,26	13,78					

Médias seguidas de letras iguais nas linhas (minúsculas) ou colunas (maiúscula), não diferem pelo teste SNK ($P>0,05$).

Aos 42 dias de idade as aves da linhagem Hubbard apresentaram CAR similar às aves Ross, sendo 12,1% superiores em relação às aves da linhagem Cobb, não existindo diferenças entre as aves das linhagens Ross e Cobb. Por outro lado, Abdullah et al. (2010) ao avaliarem as características de carcaça de frango de corte das linhagens

Hubbard, Ross e Lohman aos 43 dias, observaram que as aves da linhagem Hubbard apresentaram CAR 10,0% superior em relação às aves da linhagem Ross.

As aves da linhagem Cobb apresentaram RP superior em 1,14% e 1,69% em relação às aves Ross e Hubbard, respectivamente. Já a linhagem Ross apresentou RP 1,55% superior em comparação à linhagem Hubbard, que apresentou o pior RP. Scheuermann et al. (2003), ao avaliarem o crescimento muscular do peito em diferentes linhagens comerciais de frango de corte, observaram que as aves com maiores RP tiveram um maior período de deposição muscular, desta forma, aumentando o peso e rendimento desse músculo. O peito é considerado um corte nobre que corresponde à maior proporção da carcaça de frangos de corte, de modo que pequenas diferenças nos rendimentos deste corte podem ser determinantes do ponto de vista econômico. Diante disso, algumas empresas avícolas enfatizam o peso e o rendimento de peito em seus programas de melhoramento genético, com o intuito de oferecer linhagens que atendam de forma específica os segmentos industriais que priorizam o RP, realçando a importância da avaliação desta característica em estudos com frangos de corte.

Considerando o RCX, observou-se que as aves das linhagens Hubbard e Ross foram superiores em 0,9 e 0,8%, respectivamente, em relação às aves Cobb, apresentando RCX similares entre si. Marcato et al. (2010), ao compararem o crescimento de coxa entre as linhagens Cobb e Ross até os 56 dias de idade, observaram que as aves Ross apresentaram maiores taxas de crescimento de coxa após os 35 dias de idade, com um maior peso desse corte em idades avançadas.

Os machos apresentaram valores superiores de CAR (14,1%) e RCX (1,16%), contudo apresentaram valores inferiores de RP (1,21%) em relação às fêmeas, estando de acordo com o estudo de López et al. (2011), em que as fêmeas apresentaram RP 0,75% superior aos machos.

Aos 49 dias de idade, não houve interação ($P > 0,05$) entre linhagem e sexo para nenhuma das características de carcaça avaliadas, com exceção ($P < 0,05$) do RCX (tabela 9).

Tabela 9. Médias do peso de carcaça (CAR), rendimento de carcaça (RC), rendimento de peito (RP), rendimento de coxa (RCX) e rendimento de sobrecoxa (RSC) de frangos de corte, machos e fêmeas, aos 49 dias de idade.

Variáveis	Sexo (S)	Linhagens (L)			Médias	CV (%)	Probabilidade		
		Cobb	Ross	Hubbard			L	S	LxS
CAR	Macho	1,81	1,96	1,99	1,92A	9,01	0,017	<0,001	0,331

(kg)	Fêmea	1,63	1,62	1,85	1,70B				
	Médias	1,72b	1,79ab	1,92a					
RC	Macho	75,31	75,00	76,89	75,73	4,56	0,635	0,681	0,523
(%)	Fêmea	76,46	74,44	74,84	75,26				
	Médias	75,90	74,72	75,86					
RP	Macho	33,04	33,43	31,22	32,56A	4,14	0,008	0,003	0,487
(%)	Fêmea	34,81	34,15	33,22	34,06B				
	Médias	33,92a	33,79a	32,22b					
RCX	Macho	13,18Ab	12,92Ab	14,75Aa	13,62	4,86	<0,001	<0,001	0,046
(%)	Fêmea	12,13Ba	12,41Aa	12,90Ba	12,48				
	Médias	12,65	12,67	13,83					
RSC	Macho	14,29	13,95	14,89	14,38A	5,86	0,050	0,002	0,961
(%)	Fêmea	13,39	13,09	13,85	13,44B				
	Médias	13,84ab	13,52b	14,37a					

Médias seguidas de letras iguais nas linhas (minúsculas) ou colunas (maiúscula), não diferem pelo teste SNK ($P>0,05$).

De maneira semelhante aos 42 dias, as aves da linhagem Hubbard apresentaram CAR similar às aves Ross, sendo 11,6% superior em relação às aves da linhagem Cobb, não existindo diferenças entre as aves das linhagens Ross e Cobb aos 49 dias.

Não foram observado diferenças no RP entre às aves das linhagens Cobb e Ross, sendo estas superiores à linhagem Hubbard em 1,7% e 1,6%, respectivamente.

Observou-se que para o RCX os efeitos de linhagem e sexo são dependentes de maneira que entre os machos às aves da linhagem Hubbard apresentaram o maior RCX, sendo superior em 1,57% e 1,83% em relação aos machos das linhagens Cobb e Ross, que não diferiram entre si. Já entre as fêmeas não foram observado diferenças no RCX entre as linhagens do presente estudo.

Ao contrário do observado na idade anterior, em que as linhagens não influenciaram o RSC, aos 49 dias as aves da linhagem Hubbard foram semelhantes às aves Cobb, sendo 0,85% superior em relação às aves da linhagem Ross, não existindo diferenças no RSC entre as aves das linhagens Ross e Cobb.

Aos 49 dias os machos apresentaram valores superiores de CAR (11,5%), RCX (1,14%) e SCX (0,94%) em relação às fêmeas, entretanto apresentaram RP 1,5% inferior as fêmeas.

De um modo geral, os resultados evidenciaram que as linhagens Cobb, Ross e Hubbard apresentaram diferentes características de desempenho e carcaça, o que aumenta a complexidade em escolher entre os diferentes grupos genéticos. Conhecer o destino do lote, ou seja a forma de comercialização das aves, juntamente com as

condições ambientais em que as aves serão mantidas é essencial na escolha da linhagem e o sexo.

As aves da linhagem Hubbard sob as condições ambientais do Sudoeste Piauiense destacaram-se nas características de desempenho, principalmente nos períodos mais tardios, podendo ser um atrativo para produtores que comercializam o frango vivo, apesar de ainda não estar inserida no mercado nordestino para essa finalidade, em função de coloração das patas (“canela branca”). O destaque no desempenho da linhagem Hubbard em idades avançadas reforça a discussão de que não necessariamente as aves com desempenho superior na fase pré-inicial (1 a 7 dias) irão atingir maior peso ao abate (42 ou 49 dias), conforme ilustrado neste estudo. Por outro lado, o maior peso ao abate pode não ser um atrativo para mercados que priorizam cortes, tendo em vista que maiores desempenhos não necessariamente traduzem maiores rendimentos de corte, haja vista que as aves Ross e Cobb, apesar de um desempenho inferior, apresentaram maiores RP em relação às aves Hubbard, salientando a importância da forma de comercialização ao se optar por determinada linhagem ou sexo. É importante ressaltar que as condições climáticas oferecidas às aves no presente estudo foram diferentes das recomendadas pelos manuais das linhagens e deste modo observamos que o desempenho das aves também diferiram dos valores de referência encontrados nos manuais.

CONCLUSÃO

O desempenho das três linhagens envolvidas no estudo, sob condições de temperatura ambiental elevada, foram numericamente inferiores aos valores de referência apresentados em seus respectivos manuais, demonstrando que as linhagens modernas necessitam de modificações estruturais, visando o conforto térmico para atingirem seu potencial de produtividade. A linhagem Hubbard Flex destacou-se na maioria das variáveis de desempenho e as linhagens Ross 308 e Cobb 500 destacaram-se no rendimento de cortes nobres. Os machos apresentaram melhor desempenho e característica de carcaça, no entanto os melhores resultados de RP foram atingidos pelas fêmeas.

AGRADECIMENTOS

ASA Alimentos, CIALNE e Granja Planalto LTDA pela doação dos ovos férteis e COAVE pela incubação dos mesmos.

REFERÊNCIAS

ABDULLAH, A. Y.; MATARNEH S. K. Broiler performance and the effects of carcass weight, broiler sex, and postchill carcass aging duration on breast fillet quality characteristics. **Journal Applied Poultry Research**, v. 19, p. 46-58, 2010.

ABDULLAH, A. Y. et al. Growth performance, carcass and meat quality characteristics of different comercial crosses of broiler strains of chicken. **Journal Applied Poultry Research**, v. 47, p. 13-21, jan. 2010.

ALVARES, C. A. et al. Koppens's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, p.711-728, 2013.

BREWER, V. B. Big-bird programs: Effect of strain, sex, and debone time on meat quality of broilers. **Poultry Science**, v. 91, p. 248–254, set. 2012.

CAHANER, A. et al. Effects of the genetically reduced feather coverage in naked neck and featherless broilers on their performance under hot conditions. **Poultry Science**, n. 87, p. 2517–2527, ago. 2008.

CHEN, C. F. et al. Effect of introducing the naked neck gene in a line selected for low residual feed consumption on performance in temperate or subtropical environments. **Poultry Science**, v. 80, n. 87, p. 1320-1327, mar. 2008.

COBB. Guia de manejo para frangos de corte cobb 500. S.I.: s.n., 2005. 58p.

DEEB, N.; A. CAHANER. Genotype-by-environment interaction with broiler genotypes differing in growth rate. 1. The effects of high ambient temperature and naked-neck genotype on lines differing in genetic background. **Poultry Science**, v. 80, p. 695–702, jan. 2001.

FARRAN, T. M. et al. Performance And Carcass Quality Of Commercial Broiler Strains. **Journal Applied Poultry Research**, v. 9, p. 252-257, 2000.

FLEMMING, J. S.; JANZEN, S. A.; ENDO, M. A. Teste com linhagens comerciais de frango de corte - avaliação dos parâmetros zootécnicos. **Archives Veterinary Science**, v.4, n.1, p. 57-59, 1999.

FURTADO, D. A. et al. Efeitos de diferentes sistemas de acondicionamento ambiente sobre o desempenho produtivo de frangos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n. 2, p. 484-489, 2006.

GOLIOMYTIS, M.; PANOPOULOU, E.; ROGDAKIS, E. Growth curves for body weight and major component parts, feed consumption, and mortality of male broiler chickens raised to maturity. **Poultry Science**, v.82, p. 1061-1068, fev. 2003.

GONZALES, E. et al. Metabolic disturbances in male broilers of different strains. 1. Performance, mortality and right ventricular hyper-trophy. **Poultry Science**, v.77, p.1646-1653, jun. 1998.

HADAD, Y.; CAHANER, A.; HALEVY, O. Featherless and feathered broilers under control versus hot conditions. 2. Breast muscle development and growth in pre and posthatch periods. **Poultry Science**, v.93, n.5, p. 1076-1088, mai. 2014.

HRUBY, M.; HAMRE, M. L., COON, C. Growth modeling as a tool for predicting amino acid requirements of broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 3, n. 4, p. 403-415, 1994.

HUBBARD FLEX. Performance summary. 2007, 4 p.

LÓPEZ, K. P.; SCHILLING M. W.; CORZO, A. Broiler genetic strain and sex effects on meat characteristics. **Poultry Science**, v. 90, p. 1105-1111, fev. 2011.

NAZARENO, A. C. et al. Avaliação do conforto térmico e desempenho de frangos de corte sob regime de criação diferenciado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n.6, p. 802-808, 2009.

MARCATO, S.M. et al. Growth and body nutrient deposition of two broiler commercial genetic lines. **Brazilian Journal of Poultry Science/Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 10, n. 2, p. 117-123, jun. 2008.

MEHAFFEY, J. M. et al. Meat quality evaluation of minimally aged broiler breast fillets from five commercial genetic strains. **Poultry Science**, v. 85, p. 902–908, dez. 2006.

MOREIRA, J. et al. Efeito da densidade populacional sobre desempenho, rendimento de carcaça e qualidade da carne em frangos de corte de diferentes linhagens comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.6, p.1506-1519, 2004.

OBA, A. et al. Características produtivas e imunológicas de frangos de corte submetidos a dietas suplementadas com cromo, criados sob diferentes condições de ambiente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.41, n.5, p. 1186-1192, mar. 2012.

ROSS. Frango. Objetivos de desempenho. 2009, 16 p.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed., Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa , 2011. 252 p.

SANDI, A. J. et al. Consolidação do Custo do Avicultor para a Produção de Frango de Corte “Griller” em Santa Catarina, ano 2011. Comunicado Técnico Embrapa, Concórdia SC, 2011.

SANTOS, A. et al. Estudos do crescimento, desempenho, rendimento de carcaça e qualidade de carne de três linhagens de frangos de corte. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v. 34, p. 1589-1598, abr. 2005.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. Planejamento dos experimentos com monogástricos. In: SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 1.ed. Jaboticabal, SP: Funep, 2007, v.1, cap. 1, p. 3-39.

STATISTICAL ANALYSIS SISTEM. SAS. System for linear models. Cary: SAS Institutte, 1997. 211p.

SHARIFI, A. R.; HORST, P.; SIMIANER, H. The effect of naked neck gene and ambient temperature and their interaction on reproductive traits of heavy broiler dams. **Poultry Science**, n. 89, p. 1360–1371, mar. 2010.

SHIM, M. Y. et al. Strain and sex effects on growth performance and carcass traits of contemporary commercial broiler crosses. **Poultry Science**, v. 91, p. 2942–2948, jul. 2012.

STRINGUINI, J. H. et al. Avaliação do desempenho e rendimento de carcaça de quatro linhagens de frangos de corte criadas em goiás. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.1, p. 183-190, jun. 2003.

YASSIN, H. et al. Field study on broilers' first - week mortality. **Poultry Science**, v.88, p.798-804,nov.2009

CAPÍTULO 3

(Artigo redigido de acordo com as normas da Revista Brasileira de Zootecnia)

Crescimento corporal e das partes de frangos de corte machos e fêmeas de três linhagens comerciais

RESUMO – Objetivou-se avaliar o crescimento corporal e das partes de frangos de corte machos e fêmeas das linhagens Cobb 500, Ross 308 e Hubbard Flex nas condições ambientais do Sudoeste Piauiense. Foram utilizados 2160 aves, de ambos os sexos, distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 2 (linhagem e sexo) com seis repetições de 60 aves cada. Semanalmente todas as aves de cada box foram pesadas, sendo retirada uma amostra com peso próximo ao peso médio de cada parcela ($\pm 5\%$) para o abate. As aves amostradas foram mantidas em jejum alimentar por 24 horas, sendo pesadas, para a obtenção do peso em jejum, abatidas, depenadas, evisceradas e processadas para a obtenção dos cortes de peito, coxas e sobrecoxas. Foram ajustadas para cada linhagem, em cada sexo, curvas de crescimento, obtidas por meio do modelo de GOMPERTZ, do peso em jejum (PJ), peso do peito (PP), coxas (PCX) e sobrecoxas (PSCX). Para verificar o efeito da linhagem sobre os parâmetros (P_m , b e t^*) das curvas de cada característica avaliada, dentro de cada sexo, foram realizados testes para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos não-lineares, conforme proposto por REGAZZI (2003). Para o PJ, independente do sexo, o modelo com restrições paramétricas, em que o parâmetro b foi comum entre as linhagens, foi o mais adequado para descrever o crescimento das aves, apresentando a linhagem Hubbard maior P_m e t^* . Para a maioria dos cortes o modelo mais apropriado foi o qual apresentava o parâmetro P_m comum entre as linhagens, sendo a linhagem Hubbard mais precoce por apresentar maior b , em relação às aves Ross e Cobb. Para o PP dos machos, o modelo mais apropriado foi o que todos os parâmetros foram semelhantes, sendo necessário o ajuste de apenas uma equação para descrever o crescimento do PP das três linhagens. Para o PSCX das fêmeas as linhagens Cobb, Ross e Hubbard não apresentaram similaridade em nenhum dos parâmetros (P_m , b ou t^*), sendo ajustados equações individuais para cada linhagem.

Palavras-chave: avicultura, curvas de crescimento, genética, modelos não lineares

Body and body components growth of male and female from three broilers strains

ABSTRACT - The objective of this work was to evaluate the body and body components growth of male and female from Cobb 500, Ross 308 and Hubbard Flex broiler strains. In total, 2160 chicks, both sex, were distributed in an experimental design completely randomized in factorial arrangement (three strains and two sexes) with six replicates of 60 birds each. All the birds were weighed weekly, being removed a birds sampled from each pen with weight close to the average weight of each pen ($\pm 5\%$) for slaughter. The birds were fasted for 24 h, reweighed, killed, eviscerated, and dissected to obtain the cuts breast, thighs and drumsticks. There were fitted Gompertz equation for each strain, in each sex, to the fasted weight (FW), breast weight (BW), thighs weight (TW) and drumsticks weight (DW). To verify the effect of strain on the parameters (P_m , b , t^*) curves of each characteristic assessed within each sex, tests were conducted to verify the equality of parameters and identity of non-linear models, as proposed by REGAZZI (2003). For the FW, regardless of sex, the parametric model constraints, where the parameter b is common among those lines was the most suitable to describe the growth of poultry, with the largest Hubbard strain P_m and t^* . For most of the cuts was the most appropriate model which had the common parameter P_m between strains, being the earliest Hubbard strain due to its higher b , over the Ross and Cobb birds. For the male BW, the most appropriate model was that all parameters were similar, requiring the adjustment of only one equation to describe the BW growth of the three strains. For DW females Cobb strains, Ross and Hubbard showed no similarity in any of the parameters (P_m , b or t^*), adjusted individual equations for each strain.

Keywords: poultry, growth curves, genetics, no linear models

INTRODUÇÃO

As linhagens de frangos de corte atualmente disponíveis no mercado apresentam alto potencial de crescimento com atributos específicos dependendo do melhoramento genético realizado para a sua conformação. A escolha entre as diferentes linhagens, como também o sexo, deve ser direcionada conforme o objetivo dos produtores e das indústrias alimentícias, de modo que, se a forma de comercialização é o frango vivo, o rápido ganho de peso aliado à baixa conversão alimentar são características desejáveis na linhagem, entretanto, se a indústria alimentícia prioriza os cortes, uma linhagem com alto rendimento de carcaça e cortes deve ser privilegiada.

Comumente os estudos envolvendo diferentes linhagens são realizados em idades pontuais ou em períodos limitados, fornecendo informações acerca de características economicamente importantes, como o consumo de ração e a conversão alimentar das aves, no período de avaliação. Entretanto, alguns segmentos da cadeia de produção avícola necessitam de informações que descrevam o crescimento da ave e suas partes ao longo do tempo, o que possibilita, entre outras informações, predizer o melhor momento de abate para determinada característica.

As curvas de crescimento são modelos não-lineares que possibilitam a descrição do peso da ave ou das partes do corpo ao longo do tempo, que variam principalmente em função da espécie, linhagem, sexo e nutrição (Aggrey, 2002).

Dentre os modelos não-lineares com aplicabilidade na produção animal estão os modelos de Brody, Richards, Von Bertalanffy, Logístico e Gompertz, sendo este último, amplamente, utilizado para descrever o crescimento das aves, por ser tratar de um modelo relativamente

simples, apresentando todos os seus parâmetros interpretação biológica (Hurwitz et al., 1991; Hancock et al., 1995; Gous et al., 1999).

Diversas empresas alimentícias atendem os mercados interno e externo, produzindo em suas plataformas de abate desde aves inteiras com diferentes pesos, até diversos tipos de cortes, como peito, asas, coxas e sobrecoxas, sendo imprescindível que estes cortes estejam dentro do padrão exigido pelo mercado consumidor. Neste sentido, o conhecimento das curvas de crescimento específicas para aves inteiras e cortes, de acordo com a linhagem e o sexo, é fundamental para que as empresas possam predizer melhor idade de abate para maximizar a produção de carcaças inteiras ou determinados cortes, subsidiando a escolha dos produtores e das empresas, o que viabiliza a otimização da cadeia produtiva.

Neste contexto, objetivou-se comparar as curvas de crescimento do peso corporal e das partes (peito, coxas e sobrecoxas) de frangos de corte machos e fêmeas de três linhagens comerciais (Cobb 500, Ross 308 e Hubbard Flex).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de 11 de março a 06 de maio de 2014 no Setor de Avicultura do Colégio Técnico de Bom Jesus, no Campus Professora Cinobelina Elvas, da Universidade Federal do Piauí, localizado no município de Bom Jesus, PI, situado a 09°04'26'' Sul e 44°21'32'' Oeste, com altitude média de 277m. Conforme a classificação climática de Köppen o clima da região enquadra-se no tipo Aw, considerado zona tropical com inverno seco (Alvares et al., 2013).

Foram utilizados 2160 pintos de corte, metade de cada sexo, provenientes de matrizes das linhagens Ross 308, Cobb 500 e Hubbard Flex com 42, 37 e 38 semanas de idade, respectivamente. Os ovos férteis, das respectivas linhagens, foram adquiridos em granjas de

matrizes situadas nos estados do Ceará, Minas Gerais e Goiás, e transportados em caminhões adequados para Teresina, PI, onde foram direcionados para a incubação. Após a recepção, os ovos foram processados em condições semelhantes e incubados em incubadora da marca Coopermarq com capacidade para 5400 ovos.

As aves foram distribuídas com um dia de idade em 36 boxes de 2 m² cada, construídos em um galpão experimental de 26 m de comprimento por 8 m de largura, coberto com telhas de cerâmica, com pé direito de 3 m, equipado com cortinas laterais móveis amarelas para auxílio do controle da ambiência. Cada box foi provido de um comedouro tubular e um bebedouro pendular, cama de palha de arroz de 10 cm de espessura e uma lâmpada incandescente de 150 watts para aquecimento das aves até o 10º dia de idade. As temperaturas ambientais e umidades relativas, máximas e mínimas, foram registradas diariamente por termo-higrômetro localizado no centro geométrico do galpão.

Os pintos de um dia foram pesados e distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 2 (linhagens e sexo), totalizando seis tratamentos, cada um com seis repetições de 60 aves por unidade experimental, sendo os pesos médios ($\pm s$) iniciais: 40,4 \pm 0,03; 41,4 \pm 0,10 e 42,2 \pm 0,12 g para os machos das linhagens Cobb, Ross e Hubbard, e 40,4 \pm 0,05; 39,7 \pm 0,13 e 41,3 \pm 0,14 g para as fêmeas, respectivamente.

As rações foram compostas à base de milho e farelo de soja, formuladas para atender as exigências nutricionais de frangos de corte machos de desempenho superior, conforme recomendações das Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2011) (Tabela 1).

Tabela 1. Composição calculada e percentuais das rações experimentais.

Ingredientes (%)	1 a 7	8 a 21	22 a 42	43 a 56
Milho	48,738	54,589	58,803	63,427
Farelo de soja	43,826	37,994	33,214	28,929
Óleo de soja	3,439	3,718	4,772	4,956
Fosfato bicálcico	1,880	1,518	1,198	0,990

Calcário calcítico	0,779	0,814	0,732	0,653
Sal comum	0,452	0,482	0,452	0,432
Premix ^{1,2,3,4}	0,400	0,400	0,400	0,200
DL-Metionina (99%)	0,306	0,290	0,256	0,225
L-Lisina HCL (78,5)	0,136	0,158	0,152	0,169
L-Treonina (99%)	0,044	0,037	0,021	0,019
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição nutricional				
EM (kcal/kg)	2.960	3.050	3.175	3.250
Proteína Bruta (%)	24,00	22,00	20,25	18,64
Cálcio (%)	0,920	0,841	0,711	0,614
Fósforo disponível (%)	0,470	0,401	0,332	0,286
Sódio (%)	0,220	0,210	0,198	0,190
Lisina dig. (%)	1,324	1,217	1,096	1,006
Metionina dig. (%)	0,615	0,579	0,525	0,477
Metionina+Cistina dig. (%)	0,953	0,876	0,800	0,734
Treonina dig. (%)	0,861	0,791	0,712	0,654
Triptofano dig. (%)	0,283	0,249	0,223	0,201
Valina dig (%)	1,024	0,936	0,855	0,785
Fibra Bruta (%)	3,437	2,958	2,778	2,631

Fornece/kg de dieta ¹(pré-inicial): ácido fólico – 200,00 mg; biotina-10,00mg; clorohidroxiquinolina-7500,00mg; zn – 17,50g ; vit. A – 1680000,00 UI; vit. B1 – 436,50 mg; vit. B12 2400,00 mcg; vit. B2 – 1200,00 mg; vit. B6 - 624 mg; vit. D3 – 400000,00 UI; vit. E, 3500,00UI; vit. K 3 – 360,00 mg; niacina – 8399,00 mg; nicarbazina -25,00g; ácido pantotênico – 3120,00 mg; colina – 78,10g; se-75,00mg; fe 11,25g; mn – 18,74g; cu -1997,00 mg; I – 187,00mg. ²(Inicial) : ácido fólico – 199,00 mg;biotina-10,00mg; clorohidroxiquinolina-7500,00mg; zn – 17,50g ; vit. A – 1680000,00 UI; vit. B1 – 436,50 mg; vit. B12 2400,00 mcg; vit. B2 – 1200,00 mg; vit. B6 – 624,00 mg; vit. D3 – 400000,00 UI; vit. E, 3500,00UI; vit. K 3 – 360,00 mg; niacina – 8400,00 mg; monensina-25,00g; ácido pantotênico – 3119,00 mg; colina – 80,71g; se-75,00mg; ferro 11,25g; mn – 18,74g; cobre -1996,00 mg; id – 187,47mg. ³(Crescimento): ácido fólico – 162,50 mg; clorohidroxiquinolina-7500,00mg; zn – 17,50g ; vit. A – 1400062,50 UI; vit. B1 – 388,00 mg; vit. B12 2000,00 mcg; vit. B2 – 1000,00 mg; vit. B6 520,00mg; vit. D3 – 360012,00UI; vit. E, 2500,00UI; vit. K 3 – 300,00 mg; niacina – 7000,00 mg; salinomicina -16,50g; ácido pantotênico – 2600,00 mg; colina – 71,59g; se-75,00mg; fe 11,25g; mn – 18,74g; cu -1996,00 mg; I – 187,47mg. ⁴(Final/Abate) :ácido fólico – 162,50 mg; óxido de zinco – 17,500mg ; Se – 75mg; vit. A – 1.400.00 UI; vit. B1 – 388 mg; vit. B12 2.000 mc; vit. B2 – 1.000 mg; vit. B6 - 520 mg; vit. D3 - 1.600 UI; vit. E, 2.500 mg; vit. K 3 – 300 mg; Zn - 70 ppm; niacina – 7.000 mg; ácido pantotênico – 2.600 mg; colina – 71.593,49 mg;fe 11,250mg; mn – 18,750 mg; cu -2.000 mg; I – 187,50mg, aditivo antioxidante 25 000 mg; halquinol 7.500 mg; salinomicina 16.500mg.

O esquema de alimentação foi composto por quatro rações fornecidas de acordo com a idade das aves: de 1 a 7 dias, de 8 a 21 dias, de 22 a 42 dias e de 43 a 56 dias. Os animais tiveram livre acesso à água e às rações durante todo período experimental. O programa de luz ao longo do período experimental consistiu em 23h (luz natural + artificial) até o sétimo dia,

20h (luz natural + artificial) do oitavo até o 42º dia, sendo aumentado à partir daí o período luminoso para 22h (luz natural + artificial).

Semanalmente (1º, 7º, 14º, 21º, 28º, 35º, 42º, 49º e 56º dias de idade) todas as aves de cada box foram pesadas, sendo retirada uma amostra com peso próximo ao peso médio de cada parcela ($\pm 5\%$) para o abate. Nos abates referentes ao 1º, 7º e 14º dias de idade, as amostras de cada parcela foram constituídas por cinco aves, totalizando 180 aves em cada abate. Nos abates subsequentes (21º, 28º, 35º, 42º, 49º e 56º dias de idade), as amostras de cada parcela foram constituídas por três aves, totalizando 108 aves em cada abate. Ao longo do período experimental (1 a 56 dias) foram abatidas 198 aves de cada tratamento (linhagem x sexo), totalizando 1188 aves.

Em cada abate as aves foram identificadas e mantidas em jejum alimentar por 24 horas, para redução do conteúdo do trato digestório, recebendo apenas água à vontade.

Após o período de jejum, as aves foram pesadas, para a obtenção do peso em jejum, abatidas por deslocamento cervical, depenadas, sendo posteriormente evisceradas. As carcaças depenadas e evisceradas foram processadas para a obtenção dos cortes, sendo avaliados, semanalmente, o peso de peito, coxas e sobrecoxas.

Utilizando os dados obtidos nos abates semanais, foram ajustadas para cada linhagem, em cada sexo, curvas de crescimento (peso-idade) das seguintes características: peso em jejum (PJ), peso do peito (PP), coxas (PCX) e sobrecoxas (PSCX).

As curvas de crescimento para as diferentes características, para cada sexo e linhagem, foram obtidas por meio do modelo de GOMPERTZ (1825), conforme a descrição:

$$P_t = P_m \cdot \exp(-\exp(-b \cdot (t - t^*))) ;$$

Em que: P_t = peso (g) da característica avaliada no tempo t (dias); P_m = peso (g) à maturidade para a característica; b = taxa de maturidade (por dia); t^* = idade (dias) em que a taxa de crescimento da característica avaliada é máxima.

Para verificar o efeito da linhagem sobre os parâmetros (P_m , b e t^*) das curvas de cada característica avaliada, dentro de cada sexo, foram realizados testes para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos não-lineares, conforme proposto por Regazzi (2003), testando-se as seguintes hipóteses, para machos e fêmeas separadamente:

- 1- $H_{01}: P_{mCobb} = P_{mRoss} = P_{mHubbard} = P_m$ vs H_{a1} : nem todos P_{m_i} são iguais.
- 2- $H_{02}: b_{Cobb} = b_{Ross} = b_{Hubbard} = b$ vs H_{a2} : nem todos b_i são iguais.
- 3- $H_{03}: t^*_{Cobb} = t^*_{Ross} = t^*_{Hubbard} = t^*$ vs H_{a3} : nem todos t^*_i são iguais.
- 4- $H_{04}: P_{mCobb} = P_{mRoss} = P_{mHubbard} = P_m$ e $t^*_{Cobb} = t^*_{Ross} = t^*_{Hubbard} = t^*$ vs H_{a4} : pelo menos uma igualdade é uma desigualdade.
- 5- $H_{05}: P_{mCobb} = P_{mRoss} = P_{mHubbard} = P_m$ e $b_{Cobb} = b_{Ross} = b_{Hubbard} = b$ vs H_{a5} : pelo menos uma igualdade é uma desigualdade.
- 6- $H_{06}: P_{mCobb} = P_{mRoss} = P_{mHubbard} = P_m$ e $b_{Cobb} = b_{Ross} = b_{Hubbard} = b$ e $t^*_{Cobb} = t^*_{Ross} = t^*_{Hubbard} = t^*$ vs H_{a6} : pelo menos uma igualdade é uma desigualdade.

Para testar as diferentes hipóteses utilizou-se a estatística proposta por REGAZZI (2003):

$\chi^2_{calculado} = -n \cdot \ln\left(\frac{SQR_{\Omega}}{SQR_{\omega}}\right)$; em que: n = tamanho da amostra, \ln = logaritmo natural ($\log_{2,7183}$), SQR_{Ω} = soma do quadrado do resíduo do modelo completo (Ω) sem restrições paramétricas, ou seja, são ajustados parâmetros individuais para as curvas de cada linhagem e sexo; SQR_{ω} = soma do quadrado do resíduo dos modelos com restrições paramétricas (ω_1 a ω_6) impostas para testar as hipóteses (H_{01} a H_{06}). A regra de decisão consiste em: se $\chi^2_{calculado} \geq \chi^2_{tabelado}$, rejeita-se H_0 . Caso contrário, não se rejeita H_0 . Sendo $\chi^2_{tabelado}$, determinado em função do nível de significância ($\alpha = 0,05$) e do número de graus de liberdade, obtido por meio da diferença entre o número de parâmetros estimados no modelo Ω (9) e o número de parâmetros de cada modelo ω_i .

Considerando a decisão em relação a H_{0i} ($i=1$ a 6), as estimativas das taxas de crescimento (g/dia) das diferentes características avaliadas foram obtidas por meio da derivada da equação

de Gompertz, expressa em função do peso no tempo t , como segue: $\frac{dP}{dt} = b \cdot P_t \cdot \ln(P_m/P_t)$; em que: $\frac{dP}{dt}$ = taxa de crescimento das características avaliadas (g/dia).

Os ajustes dos modelos individuais para cada linhagem e sexo, bem como dos modelos irrestritos (Ω) e restritos (ω_1 a ω_6) dentro de cada sexo, foram realizados por meio do procedimento “NLIN” do software SAS 9.0 (2003), utilizando-se o método iterativo de Gauss-Newton.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas média, mínima e máxima e a umidade relativa do ar no interior do galpão ao longo do período experimental (1 a 56 dias) foram de $28,1 \pm 0,6$ °C; $22,1 \pm 1,2$ °C; $34,1 \pm 0,9$ °C e $72,3 \pm 14,7\%$, respectivamente. Observou-se que as temperaturas média e máximas, registradas especialmente a partir da segunda semana permaneceram acima das temperaturas ideais recomendadas pelos manuais das linhagens, que indicam temperaturas inferiores à 26 °C a partir dos 18 dias de idade (Hubbard, 2007; Cobb, 2008; Ross, 2012).

Para todas as características avaliadas (peso em jejum, PJ; peso de peito, PP; coxas, PCX e sobrecoxas, PSCX) houve convergência ($P < 0,001$) pelo método iterativo de Gauss-Newton, possibilitando a obtenção das estimativas dos parâmetros (P_m , b e t^*) das curvas de Gompertz, individualmente para machos e fêmeas, das linhagens Cobb, Ross e Hubbard (Tabela 2).

Tabela 2. Estimativas dos parâmetros ($\pm s$) do modelo de Gompertz para o peso em jejum (PJ), de peito (PP), coxas (PCX), sobrecoxas (PSCX) e penas (PPE), de frangos de corte de diferentes linhagens e sexos (n=198).

Linhagem	Machos			Fêmeas		
	Parâmetro			Parâmetro		
	P_m^1	b^2	t^{*3}	P_m	b	t^*
Peso em Jejum (PJ)						

Cobb	4915,1±373,5	0,036±0,002	41,4±2,3	3659,1±190,1	0,041±0,002	35,5±1,4
Ross	5909,8±494,9	0,033±0,002	45,2±2,6	4636,6±328,2	0,035±0,002	41,9±2,2
Hubbard	5275,6±364,9	0,037±0,002	41,2±2,0	4306,1±235,9	0,039±0,002	38,3±1,5
Peso de Peito (PP)						
Cobb	1765,3±296,7	0,032±0,003	50,1±5,1	1132,5±99,4	0,041±0,003	40,1±2,4
Ross	1404,8±156,1	0,038±0,003	43,5±3,1	1316,2±139,9	0,037±0,003	44,3±3,0
Hubbard	1258,7±126,3	0,042±0,004	40,7±2,6	1236,7±86,7	0,045±0,003	39,4±1,9
Peso de Coxa (PCX)						
Cobb	727,2±114,1	0,030±0,003	52,2±5,0	432,1±48,9	0,036±0,003	42,3±3,4
Ross	579,3±60,1	0,037±0,003	43,6±2,9	345,1±24,4	0,046±0,003	34,7±1,8
Hubbard	619,1±55,9	0,039±0,003	42,8±2,5	422,8±29,6	0,044±0,003	37,3±1,8
Peso de Sobrecoxa (PSCX)						
Cobb	1256,0±369,8	0,024±0,004	67,8±10,4	732,9±142,0	0,028±0,003	55,8±6,6
Ross	779,9±129,4	0,032±0,004	50,7±5,1	423,0±42,0	0,040±0,004	39,1±2,7
Hubbard	937,2±160,3	0,030±0,003	53,8±5,4	554,2±57,0	0,037±0,003	43,2±2,9
Peso de Penas (PPE)						
Cobb	234,6±64,4	0,033±0,006	47,2±8,5	204,5±43,7	0,035±0,006	40,9±6,5
Ross	214,5±47,1	0,035±0,006	42,8±6,5	221,5±46,4	0,037±0,006	42,1±6,1
Hubbard	247,3±63,9	0,034±0,006	47,0±7,8	154,4±16,6	0,056±0,008	32,2±2,4

¹Pm = peso à maturidade (g); ²b = taxa de maturidade (por dia); ³t* = idade em que a taxa de crescimento é máxima (dias).

De um modo geral, as fêmeas apresentaram valores numericamente inferiores para os pesos à maturidade (Pm), e superiores para as taxas de maturidade (b), sendo conseqüentemente, mais precoces para a maioria das características avaliadas, em relação aos machos. Exceção foi observada para o PP da linhagem Ross, em que as fêmeas tenderam a ser mais tardias (t*=44,3 dias) em relação aos machos (t*=43,5 dias) (Tabela 2).

Os efeitos de sexo sobre os parâmetros das curvas de crescimento do corpo e das partes de frangos de corte foram avaliados por diversos autores (Hancock et al., 1995; Scheuermann et al., 2003; Wang e Zuidhof, 2004; Marcato et al., 2008) e parece consenso que frangos de corte apresentam particularidades de acordo com o sexo, de modo que, as fêmeas tendem a ser mais precoces no crescimento corporal e na maioria das características de carcaça, por apresentarem

menores P_m e maiores b . Como consequência, as fêmeas tendem a alcançar a máxima taxa de crescimento em idades inferiores em relação aos machos (Tholon e Queiroz, 2009), conforme observado no presente estudo.

Em razão das particularidades no crescimento de frangos de corte machos e fêmeas, a criação de lotes separados por sexo possibilita otimizar práticas de manejo, como regulagem da altura de bebedouros e comedouros, além de dinamizar o processo de abate por possibilitar a padronização de equipamentos na linha de abate dos frigoríficos, sendo prática corriqueira na indústria avícola. Neste sentido, os efeitos da linhagem sobre os parâmetros (P_m , b e t^*) das características avaliadas no presente estudo foram estatisticamente comparados dentro de cada sexo, não sendo realizadas comparações de sexo dentro de cada linhagem.

Os efeitos de linhagem sobre os parâmetros das curvas do PJ, PP, PCX e PSCX foram explorados por meio do teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear, testando-se a razão de verossimilhança ($-n \cdot \ln \left(\frac{SQR_{\Omega}}{SQR_{\omega}} \right)$), que tem aproximação pela estatística de qui-quadrado (χ^2) (Regazzi, 2003). Deste modo, foi possível verificar se os subconjuntos de parâmetros (ω_1 a ω_6), estimados quando restrições foram feitas em H_0 (H_{01} a H_{06}), diferem do conjunto de parâmetros estimados sem restrições (Ω).

Considerando o PJ dos machos, os modelos ω_1 , ω_2 e ω_3 , com uma restrição imposta em P_m (H_{01}), em b (H_{02}) ou em t^* (H_{03}), não diferiram ($P > 0,05$) do modelo Ω , tendo em vista a não-rejeição das hipóteses H_{01} ($P=0,249$), H_{02} ($P=0,387$) e H_{03} ($P=0,375$). Uma vez que os modelos referentes a estas hipóteses apresentam o mesmo número de parâmetros (7), o modelo considerado mais apropriado para descrever o crescimento do PJ foi o modelo ω_2 , por apresentar a menor soma de quadrados do resíduo ($SQR=3110777$) (Tabela 3).

Tabela 3. Estimativas dos parâmetros do modelo sem restrição (Ω) e dos modelos com restrições paramétricas (ω_1 a ω_6), soma dos quadrados dos resíduos (SQR), qui-quadrado calculado (χ^2) e nível de significância (P) para o peso em jejum (PJ) de frangos de corte machos de diferentes linhagens.

Linhagem	Parâmetro	Modelos ¹						
		Ω	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4	ω_5	ω_6
Cobb	Pm	4915,1	-	4975,1	5110,9	-	-	-
	b	0,036	0,033	-	0,035	0,036	-	-
	t*	41,37	44,05	41,73	-	-	44	-
Ross	Pm	5909,8	-	5458,3	5411,3	-	-	-
	b	0,033	0,036	-	0,036	0,036	-	-
	t*	45,22	42,36	42,79	-	-	42,88	-
Hubbard	Pm	5275,6	-	5607,8	5523,1	-	-	-
	b	0,037	0,037	-	0,036	0,036	-	-
	t*	41,21	41,73	43,00	-	-	42,46	-
Comum	Pm	-	5372,0	-	-	5240,9	5450,7	5354,2
	b	-	-	0,035	-	-	0,035	0,035
	t*	-	-	-	42,55	41,94	-	42,58
SQR (no ²) ²		3092823	3119154	3110777	3111391	3651436	3322388	3659791
χ^2 calculado ³			2,781	1,899	1,963	54,460	23,485	55,120
χ^2 tabelado ⁴			5,991	5,991	5,991	9,488	9,488	12,593
$P(\chi^2_{tab} > \chi^2_{calc})$ ⁵			0,249	0,387	0,375	<0,001	<0,001	<0,001
Decisão em relação H_{0i}			Não Rejeitar	Não Rejeitar	Não Rejeitar	Rejeitar	Rejeitar	Rejeitar

¹ ω_1 a ω_6 ajustados de acordo com as hipóteses H_{01} a H_{06} , respectivamente; ²Soma de quadrados dos resíduos (n=328); ³ χ^2 calculado = $-n \cdot \ln(SQR_{\Omega} / SQR_{\omega_i})$; ⁴ χ^2 tabelado_(α ; p Ω -p ω); ⁵ $P(\chi^2_{tab} > \chi^2_{calc})$ = nível de significância do teste.

Observou-se que as curvas de crescimento do PJ de frangos machos das linhagens Cobb, Ross e Hubbard têm o parâmetro b comum (b=0,035g/dia/g), diferindo, entretanto, com relação aos parâmetros Pm e t*. Os machos da linhagem Hubbard apresentaram maior peso à maturidade (Pm=5607,8g), seguidos das linhagens Ross (Pm=5458,3g) e Cobb (Pm=4975,1g), alcançando a máxima taxa de crescimento em idade levemente superior (t*=43,0 dias) às

linhagens Ross ($t^*=42,8$ dias) e Cobb ($t^*=41,7$ dias). Esses resultados indicam que o padrão de crescimento do PJ de frangos machos difere entre as linhagens avaliadas.

Quando o parâmetro b é comum, e o P_m é diferente entre linhagens ou genótipos, uma implicação importante do ponto de vista prático é que a linhagem que apresentar maior P_m crescerá mais rapidamente ao longo do tempo, apresentando maiores taxas de crescimento (g/dia) para um dado peso corporal (Hancock et al., 1995). Os resultados do presente estudo confirmam essa afirmação, tendo em vista que a taxa de crescimento (g/dia) das diferentes linhagens foram diretamente proporcionais aos seus P_m , de modo que a linhagem Hubbard apresentou maiores taxas de crescimento (g/dia) em relação à Ross, enquanto a linhagem Cobb apresentou as menores taxas (Tabela 4).

Tabela 4. Estimativas dos pesos em jejum (PJ) e das taxas de crescimento (Tx) de frangos de corte machos de diferentes linhagens comerciais.

Idade	Linhagem					
	Cobb		Ross		Hubbard	
	PJ ¹ (g)	Tx ⁴ (g/dia)	PJ ² (g)	Tx (g/dia)	PJ ³ (g)	Tx (g/dia)
1	66,9	10,09	62,4	9,77	62	9,78
7	170,7	20,15	164,9	20,20	165,1	20,37
14	355,2	32,81	352,7	33,81	355,1	34,30
21	630,4	45,58	639,7	48,00	646,9	48,90
28	987,6	55,89	1019,2	59,86	1034,3	61,19
35	1403,3	62,16	1467,7	67,47	1493,4	69,16
42	1847,5	64,06	1952,5	70,25	1990,8	72,16
49	2291,3	62,18	2441,2	68,75	2493,2	70,73
56	2711,7	57,60	2907,6	64,09	2973,4	66,03

¹ $P_i=4975,1 \cdot \exp(-\exp(-0,035 \cdot (\text{Idade}-41,73)))$; ² $P_i=5458,3 \cdot \exp(-\exp(-0,035 \cdot (\text{Idade}-42,79)))$; ³ $P_i=5607,8 \cdot \exp(-\exp(-0,035 \cdot (\text{Idade}-43,00)))$; ⁴Calculada pelas derivadas das equações de Gompertz de cada linhagem ($\frac{dP}{dt} = b \cdot P_i \cdot \ln(P_m/P_i)$).

Para o PP dos machos, observou-se que todos os subconjuntos de parâmetros (ω_1 a ω_6) foram similares ao conjunto estimado sem restrições (Ω), uma vez que nenhuma das hipóteses (H_{01} a H_{06}) foi rejeitada ($P > 0,05$). Levando-se em consideração o “Princípio da Parcimônia”, o

modelo ω_6 foi considerado o mais apropriado para descrever o crescimento do PP, por ser aquele que apresenta o menor número de parâmetros (3) (Tabela 5).

Tabela 5. Estimativas dos parâmetros do modelo sem restrição (Ω) e dos modelos com restrições paramétricas (ω_1 a ω_6), soma dos quadrados dos resíduos (SQR), qui-quadrado calculado (χ^2) e nível de significância (P) para o peso de peito (PP) de frangos de corte machos de diferentes linhagens.

Linhagem	Parâmetro	Modelos ¹						
		Ω	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4	ω_5	ω_6
Cobb	Pm	1765,3	-	1425,6	1422,7	-	-	-
	b	0,032	0,037	-	0,037	0,037	-	-
	t*	50,14	43,94	43,94	-	-	43,96	-
Ross	Pm	1404,8	-	1429,4	1426,7	-	-	-
	b	0,038	0,038	-	0,038	0,038	-	-
	t*	43,47	43,82	43,95	-	-	43,92	-
Hubbard	Pm	1258,7	-	1424,7	1419,5	-	-	-
	b	0,042	0,038	-	0,038	0,038	-	-
	t*	40,65	43,93	44,02	-	-	44,06	-
Geral	Pm	-	1422,7	-	-	1424,6	1427,1	1427,0
	b	-	-	0,038	-	-	0,037	0,037
	t*	-	-	-	43,90	43,93	-	43,97
SQR ($n\sigma^2$) ²		441911	446650	446924	446633	446788	446935	447137
χ^2 calculado ³			3,403	3,598	3,391	3,501	3,606	3,750
χ^2 tabelado ⁴			5,991	5,991	5,991	9,488	9,488	12,593
$P(\chi^2_{tab} > \chi^2_{calc})$ ⁵			0,182	0,165	0,183	0,477	0,462	0,710
Decisão em relação H_{0i}			Não Rejeitar					

¹ ω_1 a ω_6 ajustados de acordo com as hipóteses H_{01} a H_{06} , respectivamente; ² Soma de quadrados dos resíduos ($n=319$); ³ χ^2 calculado = $-n \cdot \ln(SQR_{\Omega} / SQR_{\omega_i})$; ⁴ χ^2 tabelado ($\alpha; p \cdot \Omega - p \cdot \omega$); ⁵ $P(\chi^2_{tab} > \chi^2_{calc})$ = nível de significância do teste.

Este resultado evidencia que o padrão de crescimento do peito é semelhante entre os machos Cobb, Ross e Hubbard, havendo a necessidade de apenas uma curva para descrever o

PP em função da idade, sendo os parâmetros P_m (1427g), b (0,037g/dia/g) e t^* (43,97 dias) comuns entre as linhagens.

Assim como no PJ, o PP atingiu as maiores taxa de crescimento (g/dia) entre 42 e 45 dias, sendo esta faixa de idade usualmente utilizada para o abate de frangos de corte nas indústrias avícolas brasileiras (Tabela 6).

Tabela 6. Estimativas dos pesos (PP) e taxas de crescimento (Tx) do peito de frangos de corte machos Cobb, Ross e Hubbard.

Idade	PP ¹ (g)	Tx ² (g/dia)
1	8,8	1,66
7	28,1	4,08
14	68,9	7,73
21	137,5	11,90
28	234,6	15,67
35	354,2	18,26
42	486,7	19,37
49	622,1	19,11
56	751,9	17,83

¹ $P_t = 1427 * \exp(-\exp(-0,037 * (Idade - 43,97)))$; ²Calculada pelas derivadas das equações de Gompertz de cada linhagem ($\frac{dP}{dt} = b * P_t * \ln(P_m / P_t)$).

Com base nos resultados apresentados nas Tabelas 4 e 6, se as aves forem abatidas aos 42 dias de idade, o PP representará 26,3; 24,9 e 24,4% do PJ nas linhagens, Cobb, Ross e Hubbard, respectivamente, evidenciando que, no momento do abate o rendimento de peito é diferenciado, trazendo implicações importantes no momento da escolha da linhagem, tendo em vista o elevado valor econômico deste corte.

De forma semelhante ao PJ, para o PCX dos machos, os modelos ω_1 , ω_2 e ω_3 não diferiram ($P > 0,05$) do modelo Ω , contudo, o modelo ω_1 foi aquele que apresentou a menor soma de quadrados do resíduo (SQR=64039,7), sendo considerado o mais apropriado para descrever o crescimento do PCX (Tabela 7).

Tabela 7. Estimativas dos parâmetros do modelo sem restrição (Ω) e dos modelos com restrições paramétricas (ω_1 a ω_6), soma dos quadrados dos resíduos (SQR), qui-quadrado calculado (χ^2) e nível de significância (P) para o peso de coxa (PCX) de frangos de corte machos de diferentes linhagens.

Linhagem	Parâmetro	Modelos ¹						
		Ω	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4	ω_5	ω_6
Cobb	Pm	727,2	-	576,8	576,8	-	-	-
	b	0,030	0,033	-	0,036	0,0276	-	-
	t*	52,16	47,63	45,15	-	-	48,56	-
Ross	Pm	579,3	-	606,6	612,8	-	-	-
	b	0,037	0,035	-	0,036	0,0264	-	-
	t*	43,55	45,79	44,88	-	-	47,13	-
Hubbard	Pm	619,1	-	682,2	673,7	-	-	-
	b	0,039	0,038	-	0,036	0,025	-	-
	t*	42,79	43,10	45,55	-	-	45,1	-
Geral	Pm	-	629,2	-	-	1005,8	659,5	628,0
	B	-	-	0,036	-	-	0,034	0,035
	t*	-	-	-	45,17	60,54	-	45,55
SQR ($n\sigma^2$) ²		63726,9	64039,7	64582,3	64509,9	86957,4	69077,4	92027
χ^2 calculado ³			1,582	4,307	3,944	100,392	26,041	118,695
χ^2 tabelado ⁴			5,991	5,991	5,991	9,488	9,488	12,593
$P(\chi^2_{tab} > \chi^2_{calc})$ ⁵			0,453	0,116	0,139	<0,001	<0,001	<0,001
Decisão em relação H_{0i}			Não Rejeitar	Não Rejeitar	Não Rejeitar	Rejeitar	Rejeitar	Rejeitar

¹ ω_1 a ω_6 ajustados de acordo com as hipóteses H_{01} a H_{06} , respectivamente; ²Soma de quadrados dos resíduos ($n=323$); ³ χ^2 calculado = $-n \cdot \ln(SQR_{\Omega} / SQR_{\omega_i})$; ⁴ χ^2 tabelado_(α ; $p\Omega$ - $p\omega$); ⁵ $P(\chi^2_{tab} > \chi^2_{calc})$ = nível de significância do teste.

Observou-se que as curvas de crescimento do PCX nas linhagens Cobb, Ross e Hubbard apresentaram o parâmetro Pm comum ($Pm = 629,2g$), diferindo, contudo, nos parâmetros b e t*. Os machos da linhagem Hubbard apresentaram maior b ($b=0,038g/dia/g$), seguidos das linhagens Ross ($b=0,035g/dia/g$) e Cobb ($b=0,033g/dia/g$), atingindo a máxima taxa de crescimento em uma idade inferior ($t^*=43,10$ dias) às linhagens Ross ($t^*=45,79$ dias) e Cobb

($t^*=47,63$ dias), justificando o maior crescimento (g/dia) ao longo do tempo apresentado pela linhagem Hubbard (Tabela 8).

Tabela 8. Estimativas dos pesos de coxa (PCX) e das taxas de crescimento (Tx) de frangos de corte machos de diferentes linhagens comerciais de acordo com a idade.

Idade	Linhagem					
	Cobb		Ross		Hubbard	
	PCX ¹ (g)	Tx ⁴ (g/dia)	PCX ² (g)	Tx (g/dia)	PCX ³ (g)	Tx (g/dia)
1	5,1	0,88	4,4	0,76	3,7	0,72
7	13,8	1,89	12,9	1,76	12,2	1,83
14	30,3	3,31	30,0	3,20	30,7	3,52
21	56,6	4,91	58,2	4,85	62,1	5,46
28	93,1	6,40	97,6	6,37	106,6	7,19
35	138,0	7,54	146,3	7,47	161,4	8,34
42	188,7	8,18	200,9	8,03	221,8	8,79
49	241,9	8,32	257,4	8,05	283,0	8,59
56	294,7	8,05	312,6	7,65	341,0	7,94

¹ $P_t=629,2*\exp(-\exp(-0,033*(Idade-47,63)))$; ² $P_t=629,2*\exp(-\exp(-0,035*(Idade-45,79)))$; ³ $P_t=629,2*\exp(-\exp(-0,038*(Idade-43,10)))$; ⁴Calculada pelas derivadas das equações de Gompertz de cada linhagem ($\frac{dP}{dt} = b.P_t.\ln(P_m/P_t)$).

Diferente do observado para o PP, em que as três linhagens atingiram a máxima taxa de crescimento (g/dia) em idade semelhante ($t^*\cong 44$ dias), para o PCX, os machos da linhagem Hubbard ($t^*=43,1$ dias) foram mais precoces em relação às linhagens Ross ($t^*=45,8$ dias) e Cobb ($t^*=47,6$ dias). Considerando as estimativas do PJ das diferentes linhagens (Tabela 4) e as estimativas do PCX (Tabela 8) aos 42 dias de idade, o PCX representou 10,2; 10,3 e 11,1% do PJ dos machos das linhagens, Cobb, Ross e Hubbard, respectivamente. Esses resultados reforçam a importância do conhecimento do padrão de crescimento corporal e das partes de frangos de corte de acordo com a linhagem, tendo em vista que o crescimento relativo das partes pode variar de acordo com o genótipo, de modo que essas variações devem ser consideradas dependendo da finalidade para a qual o lote será alojado.

De maneira semelhante ao observado para o PCX, para o PSCX os modelos ω_1 , ω_2 e ω_3 não diferiram ($P>0,05$) do modelo Ω , sendo ω_1 considerado mais apropriado por apresentar a menor soma de quadrados do resíduo (SQR=102650) (Tabela 9).

Tabela 9. Estimativas dos parâmetros do modelo sem restrição (Ω) e dos modelos com restrições paramétricas (ω_1 a ω_6), soma dos quadrados dos resíduos (SQR), qui-quadrado calculado (χ^2) e nível de significância (P) para o peso de sobrecoxa (PSCX) de frangos de corte machos de diferentes linhagens.

Linhagem	Parâmetro	Modelos ¹						
		Ω	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4	ω_5	ω_6
Cobb	Pm	1256,0	-	901,6	885,5	-	-	-
	b	0,024	0,028	-	0,029	0,025	-	-
	t*	67,83	57,99	56,57	-	-	58,57	-
Ross	Pm	779,9	-	902,4	923,4	-	-	-
	b	0,032	0,028	-	0,029	0,024	-	-
	t*	50,69	56,58	55,34	-	-	57,33	-
Hubbard	Pm	937,2	-	1007,9	1006,7	-	-	-
	b	0,030	0,030	-	0,029	0,023	-	-
	t*	53,78	53,85	56,11	-	-	55,62	-
Geral	Pm	-	939,4	-	-	1362,9	972,2	947,5
	b	-	-	0,029	-	-	0,029	0,029
	t*	-	-	-	56,05	68,71	-	56,42
SQR ($n\sigma^2$) ²		101885	102650	102768	102881	113229	106689	125028
χ^2 calculado ³			2,416	2,787	3,142	34,298	14,882	66,16
χ^2 tabelado ⁴			5,991	5,991	5,991	9,488	9,488	12,593
$P(\chi^2_{tab} > \chi^2_{calc})$ ⁵			0,298	0,248	0,207	<0,001	0,005	<0,001
Decisão em relação H_{0i}			Não Rejeitar	Não Rejeitar	Não Rejeitar	Rejeitar	Rejeitar	Rejeitar

¹ ω_1 a ω_6 ajustados de acordo com as hipóteses H_{01} a H_{06} , respectivamente; ²Soma de quadrados dos resíduo ($n=323$); ³ χ^2 calculado = $-n \cdot \ln(SQR_{\Omega} / SQR_{\omega_i})$; ⁴ χ^2 tabelado ($\alpha; p\Omega-p\omega$); ⁵ $P(\chi^2_{tab} > \chi^2_{calc})$ = nível de significância do teste.

As curvas de crescimento do PSCX de frangos de corte machos apresentaram Pm comum (Pm=939,4g), diferindo nos parâmetros b e t*. Os machos da linhagem Hubbard

apresentaram maior b ($b=0,030\text{g}/\text{dia}/\text{g}$), seguidos das linhagens Ross ($b=0,028\text{g}/\text{dia}/\text{g}$) e Cobb ($b=0,028\text{g}/\text{dia}/\text{g}$), que não diferiram entre si. Diante disso, as aves Hubbard foram mais precoces ($t^*=53,85$ dias) que as aves das linhagens Ross ($t^*=56,58$ dias) e Cobb ($t^*=57,99$ dias), apresentando maiores taxas de crescimento (g/dia) do PSCX ao longo do tempo (Tabela 10).

Tabela 10. Estimativas dos pesos de sobrecoxa (PSCX) e das taxas de crescimento (Tx) de frangos de corte machos de diferentes linhagens comerciais de acordo com a idade.

Idade	Linhagem					
	Cobb		Ross		Hubbard	
	PSCX ¹ (g)	Tx ⁴ (g/dia)	PSCX ² (g)	Tx(g/dia)	PSCX ³ (g)	Tx(g/dia)
1	7,8	1,04	8,2	1,09	6,1	0,93
7	18,2	2,01	19,1	2,08	15,9	1,95
14	36,8	3,34	38,2	3,42	34,5	3,42
21	65,5	4,88	67,5	4,98	64,5	5,18
28	105,2	6,45	107,8	6,54	107,1	6,98
35	155,3	7,83	158,5	7,90	161,6	8,53
42	213,9	8,86	217,6	8,91	225,5	9,65
49	278,4	9,48	282,3	9,50	295,5	10,25
56	345,7	9,68	349,6	9,68	367,9	10,35

¹ $P_t=939,4*\exp(-\exp(-0,028*(\text{Idade}-57,99)))$; ² $P_t=939,4*\exp(-\exp(-0,028*(\text{Idade}-56,58)))$; ³ $P_t=939,4*\exp(-\exp(-0,030*(\text{Idade}-53,85)))$; ⁴Calculada pelas derivadas das equações de Gompertz de cada linhagem ($\frac{dP}{dt} = b.P_t.\ln(P_m/P_t)$).

Apesar do padrão de crescimento do PSCX diferir entre as linhagens, com base nos resultados das Tabelas 4 e 10 observou-se que os pesos relativos da sobrecoxa foram semelhantes aos 42 dias de idade, representando 11,6; 11,1 e 11,3% do PJ nas linhagens, Cobb, Ross e Hubbard, respectivamente.

Nas fêmeas, os efeitos da linhagem sobre o PJ foi semelhante ao observado nos machos, sendo o parâmetro b comum ($b=0,038\text{g}/\text{dia}/\text{g}$) e os parâmetros P_m e t^* específicos para cada linhagem, tendo em vista a não rejeição da hipótese H_{02} , referente ao modelo ω_2 (Tabela 11).

Tabela 11. Estimativas dos parâmetros do modelo sem restrição (Ω) e dos modelos com restrições paramétricas (ω_1 a ω_6), soma dos quadrados dos resíduos (SQR), qui-quadrado calculado (χ^2) e nível de significância (P) para o peso em jejum (PJ) de frangos de corte fêmeas de diferentes linhagens.

Linhagem	Parâmetro	Modelos ¹						
		Ω	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4	ω_5	ω_6
Cobb	Pm	3659,1	-	3900,4	4041,1	-	-	-
	b	0,041	0,036	-	0,037	0,039	-	-
	t*	35,52	39,3	37,34	-	-	39,32	-
Ross	Pm	4636,6	-	4119,5	4111,5	-	-	-
	b	0,035	0,038	-	0,038	0,040	-	-
	t*	41,97	38,86	38,44	-	-	39,12	-
Hubbard	Pm	4306,1	-	4437,4	4320,4	-	-	-
	b	0,039	0,041	-	0,039	0,042	-	-
	t*	38,29	37,43	39,15	-	-	38,03	-
Geral	Pm	-	4174,5	-	-	3977,3	4222	4163
	b	-	-	0,038	-	-	0,038	0,038
	t*	-	-	-	38,38	37,12	-	38,42
SQR (no ²) ²		1827032	1876309	1858676	1866803	2181506	2078512	2260090
χ^2 calculado ³			8,170	5,272	6,611	54,438	39,591	65,303
χ^2 tabelado ⁴			5,991	5,991	5,991	9,488	9,488	12,593
$P(\chi^2_{tab} > \chi^2_{calc})$ ⁵			0,016	0,071	0,036	<0,001	<0,001	<0,001
Decisão em relação H _{0i}			Rejeitar	Não Rejeitar	Rejeitar	Rejeitar	Rejeitar	Rejeitar

¹ ω_1 a ω_6 ajustados de acordo com as hipóteses H₀₁ a H₀₆, respectivamente; ²Soma de quadrados dos resíduo (n=307); ³ χ^2 calculado = $-\ln(SQR_{\Omega}/SQR_{\omega_i})$; ⁴ χ^2 tabelado_(α ; p Ω -p ω); ⁵ $P(\chi^2_{tab} > \chi^2_{calc})$ = nível de significância do teste.

Assim como nos machos, as fêmeas da linhagem Hubbard apresentaram maior Pm (Pm=4437,4g), seguidas das linhagens Ross (Pm=4199,5g) e Cobb (Pm=3900,4g), atingindo a máxima taxa de crescimento em idade superior (t*=39,15 dias) às fêmeas das linhagens Ross (t*=38,44 dias) e Cobb (t*=37,34dias). As taxas de crescimento (g/dia) das fêmeas das diferentes linhagens também foram diretamente proporcionais aos Pm, de modo que as fêmeas

Hubbard apresentaram maiores taxas de crescimento (g/dia) em relação às fêmeas Ross e Cobb (Tabela 12).

Tabela 12. Estimativas dos pesos em jejum (PJ) e das taxas de crescimento (Tx) de frangos de corte fêmeas de diferentes linhagens comerciais de acordo com a idade.

Idade	Modelos ¹					
	Cobb		Ross		Hubbard	
	PJ ¹ (g)	Tx ⁴ (g/dia)	PJ ² (g)	Tx (g/dia)	PJ ³ (g)	Tx (g/dia)
1	62,6	9,83	55,4	9,07	53,0	8,92
7	164,3	19,77	151,5	19,02	149,1	19,23
14	344,2	31,75	327,7	31,52	329,4	32,55
21	606,8	42,90	592,0	43,64	604,7	45,80
28	937,1	50,78	931,3	52,62	963,2	55,91
35	1307,5	54,30	1318,0	57,08	1376,1	61,22
42	1687,7	53,72	1719,9	57,09	1808,9	61,68
49	2052,4	50,08	2109,1	53,66	2230,7	58,30
56	2384,5	44,59	2466,1	48,08	2619,4	52,47

¹ $P_i=3900,4*\exp(-\exp(-0,038*(Idade-37,34)))$; ² $P_i=4119,5*\exp(-\exp(-0,038*(Idade-38,44)))$; ³ $P_i=4437,4*\exp(-\exp(-0,038*(Idade-39,15)))$; ⁴Calculada pelas derivadas das equações de Gompertz de cada linhagem ($\frac{dP}{dt} = b.P_i.\ln(P_m/P_i)$).

Comumente os lotes de fêmeas têm sido destinados à produção do frango tipo Griller, caracterizado como aves inteiras sem miúdos, que são abatidas entre 33 e 35 dias de idade com peso médio de 1,450 kg (Sandi et al., 2011). Diante do peso preconizado para o abate dessas aves, o emprego de linhagens com maiores taxas de crescimento (g/dia) ao longo das primeiras semanas de vida resultará na redução da idade de abate, diminuindo assim, a permanência do lote no campo e, conseqüentemente, os custos de produção. Nesse sentido, o conhecimento do padrão de crescimento das diferentes linhagens de acordo com o sexo ganha importância, uma vez que, dependendo da finalidade para a qual o lote será alojado, a opção por determinada linhagem resultará no aumento ou redução no lucro dos produtores e das indústrias.

Em relação ao PP das fêmeas, os modelos ω_1 , ω_2 e ω_3 não diferiram ($P>0,05$) do modelo Ω , sendo o modelo ω_1 o mais adequado para descrever o crescimento deste corte, uma vez que apresentou a menor soma de quadrados do resíduo (SQR=279504).

Ao contrário dos machos, o padrão de crescimento do PP das fêmeas foi diferenciado de acordo com a linhagem, de modo que as curvas de crescimento deste corte apresentaram apenas o Pm semelhante (Pm=1182,1g), havendo a necessidade de parâmetros b e t* específicos para as aves Cobb, Ross e Hubbard (Tabela 13).

Tabela 13. Estimativas dos parâmetros do modelo sem restrição (Ω) e dos modelos com restrições paramétricas (ω_1 a ω_6), soma dos quadrados dos resíduos (SQR), qui-quadrado calculado (χ^2) e nível de significância (P) para o peso de peito (PP) de frangos de corte fêmeas de diferentes linhagens.

Linhagem	Parâmetro	Modelos ¹						
		Ω	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4	ω_5	ω_6
Cobb	Pm	1132,5	-	1126,1	1168,5	-	-	-
	b	0,041	0,039	-	0,039	0,041	-	-
	t*	40,08	41,25	39,93	-	-	41,38	-
Ross	Pm	1316,2	-	1165,2	1164,0	-	-	-
	b	0,037	0,040	-	0,041	0,042	-	-
	t*	44,34	41,38	40,97	-	-	40,60	-
Hubbard	Pm	1236,7	-	1253,2	1207,9	-	-	-
	b	0,045	0,043	-	0,042	0,044	-	-
	t*	39,38	40,36	41,9	-	-	40,83	-
Geral	Pm	-	1182,1	-	-	1139,9	1195,0	1189,4
	b	-	-	0,041	-	-	0,040	0,041
	t*	-	-	-	40,94	40,02	-	41,14
SQR ($n\sigma^2$) ²		277934	279504	281045	280139	288946	292092	297481
χ^2 calculado ³			1,718	3,395	2,410	11,851	15,154	20,730
χ^2 tabelado ⁴			5,991	5,991	5,991	9,488	9,488	12,593
$P(\chi^2_{tab} > \chi^2_{calc})$ ⁵			0,423	0,183	0,299	<0,001	<0,001	<0,001
Decisão em relação H_{0i}			Não Rejeitar	Não Rejeitar	Não Rejeitar	Rejeitar	Rejeitar	Rejeitar

¹ ω_1 a ω_6 ajustados de acordo com as hipóteses H_{01} a H_{06} , respectivamente; ²Soma de quadrados dos resíduos (n=305); ³ χ^2 calculado = $-n \cdot \ln(SQR_{\Omega} / SQR_{\omega_i})$; ⁴ χ^2 tabelado (α ; $p \cdot \Omega - p \cdot \omega$); ⁵ $P(\chi^2_{tab} > \chi^2_{calc})$ = nível de significância do teste.

As fêmeas Hubbard apresentaram maior b ($b=0,043$ g/dia/g), seguidas da linhagem Ross ($b=0,040$ g/dia/g) e Cobb ($b=0,039$ g/dia/g), tendo atingido a máxima taxa de crescimento (g/dia) em idade inferior ($t^*=40,36$ dias) às demais linhagens. Observou-se que as diferenças no parâmetro b entre as linhagens Ross e Cobb foram menos pronunciadas entre si, do que em relação a linhagem Hubbard, de modo que as fêmeas Ross e Cobb atingiram a máxima taxa de crescimento em idades semelhantes ($t^*_{Ross}=41,38$ vs $t^*_{Cobb}=41,25$ dias), sendo mais tardias em aproximadamente um dia quando comparadas às fêmeas Hubbard.

Observou-se que as fêmeas Hubbard apresentaram a maior estimativa do PP aos 42 dias (PP=465,5g), sendo as fêmeas Cobb (PP=447,6g) levemente superiores às Ross (PP=445,7g) (Tabela 14). Com base na relação PP:PJ aos 42 dias (Tabelas 12 e 14), observou-se que o PP representou 26,5; 25,9 e 25,7% do PJ nas fêmeas Cobb, Ross e Hubbard, respectivamente, sendo essas diferenças menos pronunciadas que nos machos.

Tabela 14. Estimativas dos pesos de peito (PP) e das taxas de crescimento (Tx) de frangos de corte fêmeas de diferentes linhagens comerciais de acordo com a idade.

Idade	Modelos ¹					
	Cobb		Ross		Hubbard	
	PP ¹ (g)	Tx ⁴ (g/dia)	PP ² (g)	Tx(g/dia)	PP ³ (g)	Tx(g/dia)
1	8,0	1,56	6,3	1,32	4,1	0,99
7	26,4	3,91	22,6	3,58	17,8	3,21
14	65,4	7,38	59,5	7,11	52,9	7,07
21	130,6	11,22	123,4	11,15	118,6	11,73
28	221,1	14,45	214,3	14,64	215,6	15,78
35	330,0	16,42	325,2	16,79	335,6	18,17
42	447,6	16,95	445,7	17,39	465,5	18,65
49	564,5	16,27	565,5	16,68	593,1	17,59
56	673,5	14,78	677,1	15,09	709,5	15,57

$^1P_t=1182,1*\exp(-\exp(-0,039*(Idade-41,25)))$; $^2P_t=1182,1*\exp(-\exp(-0,040*(Idade-41,38)))$; $^3P_t=1182,1*\exp(-\exp(-0,043*(Idade-40,36)))$; 4 Calculada pelas derivadas das equações de Gompertz de cada linhagem ($\frac{dP}{dt} = b.P_t.\ln(P_m/P_t)$).

De maneira semelhante ao PP, para o PCX das fêmeas os modelos ω_1 , ω_2 e ω_3 não diferiram ($P>0,05$) do modelo Ω , sendo novamente o modelo ω_1 mais apropriado para descrever o crescimento do PCX por apresentar a menor soma de quadrados do resíduo (SQR=42219,6) (Tabela 15).

Tabela 15. Estimativas dos parâmetros do modelo sem restrição (Ω) e dos modelos com restrições paramétricas (ω_1 a ω_6), soma dos quadrados dos resíduos (SQR), qui-quadrado calculado (χ^2) e nível de significância (P) para o peso de coxa (PCX) de frangos de corte fêmeas de diferentes linhagens.

Linhagem	Parâmetro	Modelos ¹						
		Ω	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4	ω_5	ω_6
Cobb	Pm	432,1	-	361,1	365,6	-	-	-
	b	0,036	0,038	-	0,041	0,045	-	-
	t*	42,29	40,01	37,22	-	-	41,07	-
Ross	Pm	345,1	-	372,8	383,5	-	-	-
	b	0,046	0,040	-	0,041	0,048	-	-
	t*	34,72	38,57	36,73	-	-	39,77	-
Hubbard	Pm	422,8	-	440,8	426,7	-	-	-
	b	0,044	0,047	-	0,044	0,058	-	-
	t*	37,28	35,83	38,37	-	-	37,29	-
Geral	Pm	-	399,3	-	-	332,6	419,3	395,8
	b	-	-	0,042	-	-	0,039	0,042
	t*	-	-	-	37,53	33,35	-	37,78
SQR ($n\sigma^2$) ²		41549,9	42219,6	42260,8	42221,7	57830,8	49238,4	65252,2
χ^2 calculado ³			4,877	5,174	4,892	100,841	51,783	137,666
χ^2 tabelado ⁴			5,991	5,991	5,991	9,488	9,488	12,593
$P(\chi^2_{tab} > \chi^2_{calc})$ ⁵			0,087	0,075	0,086	<0,001	<0,001	<0,001
Decisão em relação H_{0i}			Não Rejeitar	Não Rejeitar	Não Rejeitar	Rejeitar	Rejeitar	Rejeitar

¹ ω_1 a ω_6 ajustados de acordo com as hipóteses H_{01} a H_{06} , respectivamente; ²Soma de quadrados dos resíduos ($n=305$); ³ χ^2 calculado = $-n.\ln(SQR_{\Omega}/SQR_{0i})$; ⁴ χ^2 tabelado_(α ; $p\Omega-p\omega$); ⁵ $P(\chi^2_{tab} > \chi^2_{calc})$ = nível de significância do teste.

Observou-se que as curvas de crescimento do PCX das diferentes linhagens têm o parâmetro Pm comum (Pm=399,3), sendo a linhagem Hubbard aquela que apresentou o maior b (b=0,047 g/dia/g), seguida das linhagens Ross (b=0,040 g/dia/g) e Cobb (b=0,038 g/dia/d), sendo desta forma, mais precoce (t*= 35,83 dias) em comparação às linhagens Ross (t*=38,57 dias) e Cobb (t*=40,41dias) para esse corte, resultando nas maiores taxas de crescimento (g/dia) do PCX nas fêmeas Hubbard (Tabela 16).

Tabela 16. Estimativas dos pesos de coxa (PCX) e das taxas de crescimento (Tx) de frangos de corte fêmeas de diferentes linhagens comerciais de acordo com a idade.

Idade	Modelos ¹					
	Cobb		Ross		Hubbard	
	PCX ¹ (g)	Tx ⁴ (g/dia)	PCX ² (g)	Tx (g/dia)	PCX ³ (g)	Tx (g/dia)
1	4,1	0,72	3,7	0,69	1,8	0,46
7	12,0	1,60	11,6	1,65	8,3	1,51
14	27,2	2,78	27,6	2,95	24,5	3,22
21	50,9	3,99	53,0	4,28	53,6	5,06
28	82,4	4,94	86,8	5,30	94,1	6,39
35	119,1	5,48	126,0	5,81	141,2	6,90
42	158,0	5,57	167,0	5,82	188,9	6,64
49	196,2	5,30	206,6	5,45	233,0	5,90
56	231,6	4,79	242,7	4,83	271,0	4,94

¹P_t=399,3*exp(-exp(-0,038*(Idade-40,01))); ²P_t=399,3*exp(-exp(-0,039*(Idade-38,57))); ³P_t=399,3*exp(-exp(-0,046*(Idade-35,83))); ⁴Calculada pelas derivadas das equações de Gompertz de cada linhagem ($\frac{dP}{dt} = b.P_t \ln(P_m/P_t)$).

Considerando os resultados das Tabelas 12 e 16, observou-se que, nas fêmeas a relação entre o PCX e o PJ aos 42 dias foi de 9,4; 9,7 e 10,4% para as linhagens Cobb, Ross e Hubbard, respectivamente. As diferenças entre as linhagens observadas no PCX das fêmeas foram semelhantes às observadas nos machos, em que a linhagem Hubbard apresentou rendimento de coxa aos 42 dias (11,1%) levemente superior às linhagens Cobb (10,2%) e Ross (10,3%).

Em situações práticas, os lotes de fêmeas destinados à produção de cortes, especialmente àqueles cujo crescimento nos machos é superior, são geralmente abatidos em

idades mais avançadas para que o peso padrão estabelecido pelo mercado consumidor seja atingido. Diante disso, frequentemente as fêmeas são abatidas após o ponto de inflexão das curvas de crescimento de cortes específicos, sendo importante o acompanhamento da taxa de crescimento (g/dia) das diferentes partes em idades mais avançadas.

Em contraste com as demais características avaliadas em ambos os sexos, para o PSCX das fêmeas, a linhagens Cobb, Ross e Hubbard não apresentaram similaridade em nenhum dos parâmetros (Pm, b ou t*), tendo em vista que todos os modelos com restrições paramétricas (ω_1 a ω_6) diferiram do modelo sem restrições (Ω), sendo rejeitadas ($P < 0,05$) todas as hipóteses (H_{01} a H_{06}) (Tabela 17). Com isso, as estimativas dos parâmetros das curvas de crescimento do PSCX das fêmeas foram coincidentes àquelas obtidas com ajuste de curvas individuais para cada linhagem dentro de cada sexo (Tabela 2).

Tabela 17. Estimativas dos parâmetros do modelo sem restrição (Ω) e dos modelos com restrições paramétricas (ω_1 a ω_6), soma dos quadrados dos resíduos (SQR), qui-quadrado calculado (χ^2) e nível de significância (P) para o peso de sobrecoxa (PSCX) de frangos de corte fêmeas de diferentes linhagens.

Linhagem	Parâmetro	Modelos ¹						
		Ω	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4	ω_5	ω_6
Cobb	Pm	732,9	-	519,2	516,7	-	-	-
	b	0,028	0,034	-	0,035	0,040	-	-
	t*	55,78	46,21	44,75	-	-	46,46	-
Ross	Pm	423,0	-	489,5	511,2	-	-	-
	b	0,040	0,033	-	0,034	0,040	-	-
	t*	39,11	46,48	43,32	-	-	47,48	-
Hubbard	Pm	554,2	-	599,0	582,5	-	-	-
	b	0,037	0,038	-	0,036	0,045	-	-
	t*	43,19	42,66	45,45	-	-	44,69	-
Geral	Pm	-	543,8	-	-	437	572,5	542,4
	b	-	-	0,035	-	-	0,034	0,035
	t*	-	-	-	44,62	38,799	-	44,92
SQR (no^2) ²		54691,8	56175,2	56082	56184,4	74813	61398,4	75423,7

χ^2 calculado ³	8,162	7,656	8,212	95,550	35,279	98,029
χ^2 tabelado ⁴	5,991	5,991	5,991	9,488	9,488	12,593
$P(\chi^2_{tab} > \chi^2_{calc})$ ⁵	0,016	0,021	0,016	<0,001	<0,001	<0,001
Decisão em relação H_{0i}	Rejeitar	Rejeitar	Rejeitar	Rejeitar	Rejeitar	Rejeitar

¹ ω_1 a ω_6 ajustados de acordo com as hipóteses H_{01} a H_{06} , respectivamente; ²Soma de quadrados dos resíduos ($n=305$); ³ χ^2 calculado = $-n \cdot \ln(SQR_{\Omega} / SQR_{\omega_i})$; ⁴ χ^2 tabelado (α ; $p \cdot \Omega - p \cdot \omega$); ⁵ $P(\chi^2_{tab} > \chi^2_{calc})$ = nível de significância do teste.

As fêmeas Cobb apresentaram P_m ($P_m = 732,9$ g) superior e b ($0,028$ g/dia/g) inferior em relação às linhagens Ross ($P_m = 423,0$ g e $b = 0,040$ g/dia/g) e Hubbard ($P_m = 554,2$ g e $b = 0,037$ g/dia/g). Como consequência, as fêmeas Cobb foram mais tardias para o PSCX ($t^*=55,6$ dias) em relação às fêmeas Hubbard ($t^*=43,2$ dias) e Ross ($t^*=39,1$ dias). Diante disso, observou-se que a sobrecoxa das fêmeas Cobb se desenvolveu mais lentamente ao longo do tempo, permanecendo com taxas de crescimento (g/dia) crescentes após os 42 dias de idade, momento em que o crescimento deste corte se tornou decrescente nas demais linhagens (Tabela 18).

Tabela 18. Estimativas dos pesos de sobrecoxa (PSCX) e das taxas de crescimento (Tx) de frangos de corte fêmeas de diferentes linhagens comerciais de acordo com a idade.

Idade	Modelos ¹					
	Cobb		Ross		Hubbard	
	PSCX ¹ (g)	Tx ⁴ (g/dia)	PSCX ² (g)	Tx (g/dia)	PSCX ³ (g)	Tx (g/dia)
1	6,2	0,83	3,6	0,68	4,0	0,72
7	14,6	1,60	11,4	1,65	12,2	1,72
14	29,2	2,64	27,6	3,01	29,2	3,18
21	51,9	3,85	53,7	4,43	57,1	4,80
28	83,1	5,07	88,9	5,55	95,9	6,22
35	122,4	6,13	130,1	6,14	143,1	7,17
42	168,4	6,93	173,6	6,18	194,9	7,54
49	218,8	7,41	215,7	5,81	247,4	7,38
56	271,3	7,55	254,3	5,18	297,4	6,85

¹ $P_i = 732,9 \cdot \exp(-\exp(-0,028 \cdot (\text{Idade} - 55,78)))$; ² $P_i = 423 \cdot \exp(-\exp(-0,040 \cdot (\text{Idade} - 39,11)))$; ³ $P_i = 554,2 \cdot \exp(-\exp(-0,037 \cdot (\text{Idade} - 43,19)))$; ⁴Calculada pelas derivadas das equações de Gompertz de cada linhagem ($\frac{dP}{dt} = b \cdot P_i \cdot \ln(P_m/P_i)$).

Apesar do crescimento diferenciado do PSCX ao longo do tempo, com base nos resultados das Tabelas 12 e 18, observou-se que os pesos relativos deste corte foram semelhantes entre as linhagens aos 42 dias de idade, representando 10,0; 10,1 e 10,8% do PJ nas linhagens, Cobb, Ross e Hubbard, respectivamente.

Maiores valores de b implicam em crescimento mais concentrado ao redor do ponto de inflexão da curva, ao passo que menores b significam crescimento mais distribuído ao longo do tempo (Fialho, 1999). Nesse contexto, genótipos que apresentarem maiores b para determinada característica, tenderão a alcançar a máxima taxa de crescimento (g/dia) mais precocemente, não se traduzindo, necessariamente, em maiores rendimentos, conforme observado para o PSCX das fêmeas.

É importante enfatizar que a precocidade de uma linhagem para determinada característica não implicará em menor idade de abate, uma vez que o peso do corte alcançado na máxima taxa de crescimento pode estar fora do padrão estabelecido pelo mercado consumidor, reforçando a importância do conhecimento do padrão de crescimento dos diferentes cortes nos diferentes genótipos, para que a opção por determinada linhagem ou sexo, possa ser respaldada de acordo com o propósito para o qual o lote será alojado.

No presente estudo, cujo foco foi descrever o crescimento das diferentes linhagens dentro de cada sexo, observou-se que os efeitos da linhagem sobre o PJ, independente do sexo, seguiram o mesmo padrão, apresentando a linhagem Hubbard maiores P_m e t^* , seguidos das linhagens Cobb e Ross, sendo o parâmetro b comum entre as linhagens. Estes resultados estão de acordo com Hancock et al. (1995) que observaram similaridade entre o parâmetro b das curvas de crescimento de diferentes linhagens comerciais de frangos de corte. Em relação aos efeitos do genótipo sobre o PP, PCX e PSCX, observou-se que dentre os parâmetros da curva de crescimento, o P_m foi o que apresentou maior similaridade entre as linhagens, de modo que

as aves Hubbard de maneira geral apresentaram maior b e menor t^* quando confrontadas com as demais linhagens.

Diversos estudos têm avaliado o potencial de crescimento de diferentes genótipos, e mudanças nos parâmetros das curvas de crescimento, em especial na taxa de maturidade, têm sido observadas ao longo do tempo, apresentando o crescimento de frangos de corte em recentes estudos maiores taxas de maturidade e maior precocidade, sendo estes resultados justificados principalmente pelo melhoramento genético realizado nos últimos anos (Hancock et al., 1995; Gous et al., 1999; Goliomytis et al., 2003; Scheuermann et al., 2003; Marcato et al., 2008; Sakomura et al., 2011).

De acordo com os resultados, o ponto de inflexão das curvas de crescimento para o PJ ($t^* = 38$ dias para fêmeas e $t^* = 42$ dias para machos) foram superiores aos relatados por Scheuermann et al. (2003), que observaram idades de máxima taxa de crescimento de 32,7 e 34,9 dias para fêmeas e machos respectivamente. Diferenças em t^* (dias) para o PP, PCX e PSCX também foram observadas, sendo as linhagens no presente estudo mais tardias em relação àquelas apresentadas nos trabalhos de Goliomytis et al. (2003), Scheuermann et al. (2003) e Sakomura et al. (2011). Estas diferenças são reflexos dos menores valores de b encontrados no presente trabalho em comparação aos observados nos estudo supracitados, fazendo com que as aves das linhagens Cobb, Ross e Hubbard alcançassem o ponto de inflexão em idades mais avançadas.

Um aspecto de relevância no presente estudo é que as condições experimentais, especificamente as ambientais, foram limitantes para as aves, uma vez que as altas temperaturas ambientais registradas ao longo do experimento provavelmente não permitiram que as linhagens expressassem seu potencial genético, justificando assim as diferenças no comportamento das curvas de crescimento entre as aves das linhagens do presente estudo e as utilizadas em experimentos em que as condições foram controladas e não limitantes

(Goliomytis et al., 2003; Scheuermann et al., 2003; Marcato et al., 2008; Sakomura et al., 2011).

Em condições de estresse por calor, o crescimento de uma determinada linhagem com altas taxas de crescimento (g/dia/g) em condições não limitantes, pode ser modificado, traduzindo na redução das taxas de crescimento e peso corporal ou das partes ao longo do tempo. De acordo com Gous et al. (1999), diferenças entre as linhagens poderão existir em qualquer situação, embora estas tendem a diminuir devido a pressão de seleção exercida pelas empresas genéticas, podendo estas selecionarem genótipos cada vez mais específicos para determinado ambiente, o que acarretaria mudanças nas condições ótimas nutricionais e ambientais conforme o genótipo.

CONCLUSÃO

Nas condições ambientais do presente estudo, evidenciou-se que as linhagens Cobb, Ross e Hubbard apresentaram crescimentos diferenciados, exibindo a linhagem Hubbard de um modo geral as maiores taxas de crescimento e pesos estimados, não significando necessariamente maior potencial para rendimento de cortes e nem maior lucratividade ao optar por esta linhagem, uma vez que a maximização dos lucros irá depender de fatores como o valor agregado no corte e a forma de comercialização do produto.

AGRADECIMENTOS

ASA Alimentos, CIALNE e Granja Planalto LTDA pela doação dos ovos férteis e COAVE pela incubação dos mesmos.

REFERÊNCIAS

Aggrey, S. E. 2002. Comparison of three nonlinear and spline regression models for describing chicken growth curves. *Poultry Science* 81:1782–1788.

Alvares, C. A.; Stapez, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M.; and Sparovek, G. 2013. Koppens's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22: 711-728.

Cobb. Guia de manejo para frangos de corte cobb 500. S.I.: s.n., 2005. 58p.

Fialho, F. B. 1999. Interpretação da curva de crescimento de Gompertz. Concórdia. Embrapa-CNPSA p.1-4. (Comunicado Técnico 237).

Goliomytis, M.; Panopoulou, E. and Rogdakis, E. 2003. Growth curves for body weight and major component parts, feed consumption, and mortality of male broiler chickens raised to maturity. *Poultry Science* 82:1061-1068.

Gous, R. M., Moran JR, E. T.; Stilborn, H. R., Bradford, G. D.; and Emmans, G. C. 1999. Evaluation of the parameters needed to describe the overall growth, the chemical growth, and the growth of feathers and breast muscles of broilers. *Poultry Science* 78:812–821.

Hancock, C. E.; Bradford, G. D.; Emmans, G. C. and Gous, R. M. 1995. The evaluation of the growth parameters of six strains of commercial broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 36:247–264.

Hurwitz, S.; Talpaz, H.; Bartov, I. and Plavnik, I. 1991. Characterization of growth and development of male British United turkeys. *Poultry Sci.* 70:2419–2424.

Hubbard flex. Performance summary. 2007, 4 p.

Marcato, S.M; Sakomura, N. K.; Munari, D. P.; Fernandez, J. B. K.; Kawauchi, I. M. and Bonato, M. A. 2008. Growth and body nutrient deposition of two broiler commercial genetic lines. *Brazilian Journal of Poultry Science/Revista Brasileira de Ciência Avícola* 10:117-123.

Regassi, A. J. 2003. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e identidades de modelos de regressão não linear. *Revista Ceres* 50:9-26.

Ross. Frango. Objetivos de desempenho. 2009, 16 p.

Rostagno, H. S., Albino, L. F. T.; Donzele, J. L.; Gomes, P. C.; Oliveira, R. F. M.; Lopes, D. C.; Ferreira, A. S.; Barreto, S. L. T. Euclides, F. R. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3. ed., Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

Sakomura, N. K.; Gous, R. M.; Marcato, S.M and Fernandez, J. B. K. 2011. A description of the growth of the major body components of 2 broiler chicken strains. *Poultry. Science.* v.90, p.2888– 2896, 2011.

Sandi, A. J.; Santos Filho, J. I.; Mieli, M. and Martins, F. M. 2011. Consolidação do Custo do Avicultor para a Produção de Frango de Corte “Griller” em Santa Catarina, ano 2011. Comunicado Técnico Embrapa, Concórdia SC.

Scheuermann, G. N.; Bilgili, S. F.; Hess, J. B and Mulvaney, D. R. 2003. Breast muscle development in commercial broiler Chickens. *Poultry Science* 82:1648–1658.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. SAS. System for linear models. Cary: SAS Institute, 1997. 211p.

Tholon, P. and Queiroz, S. A. 2009. Modelos matemáticos utilizados para descrever curvas de crescimento em aves aplicados ao melhoramento genético animal. *Ciência Rural*, Santa Maria 39:2261-2269.

Wang, Z. and Zuidho, E M. J. F. 2004. Estimation of growth parameters using a non-linear mixed Gompertz model. *Poult. Sci.* 83:847– 852.

CAPÍTULO 4

(Artigo redigido de acordo com as normas da Revista Internacional Journal of Biometeorology)

ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE CALOR DE FRANGOS DE CORTE MACHOS E FÊMEAS DE TRÊS LINHAGENS COMERCIAIS

RESUMO - Objetivou-se avaliar e comparar a produção de calor das linhagens Cobb 500, Ross 308 e Hubbard Flex, machos e fêmeas, em condições ambientais de alta temperatura. Foram utilizados 1200 aves, de ambos os sexos, distribuídas em delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 2 (linhagem e sexo), com cinco repetições de 40 aves cada. Foram avaliados a ingestão de energia metabolizável (IEM), a retenção de energia corporal (ER), a produção de calor (PC) e a produção de calor por peso metabólico (PCMET) nos períodos de 07 a 14, 21 a 28, 35 a 42 e 42 a 49 dias de idade. A PC foi obtida pelo método do abate comparativo, em que a PC foi calculada pela diferença entre a IEM e a ER. Não foram observado efeito de linhagem em nenhuma das variáveis avaliadas. Em relação ao sexos os machos foram superiores no período de 10 a 14 e 24 a 28 dias de idade, não havendo diferenças na PC nos períodos com idades avançadas. Apenas uma equação ($PC = -335,93 + 57,077 ID - 0,9014 ID^2$) foi necessária para descrever a PC em função da idade das três diferentes linhagens de ambos os sexos, sendo a máxima PC atingida com 31,7 dias.

Palavras-chave: Avicultura. Cobb. Genética. Hubbard. Incremento calórico. Ross

HEAT PRODUCTION ESTIMATION OF MALE AND FEMALE FROM THREE BROILER STRAINS

ABSTRACT – The objective of the study was evaluating and comparing the heat production from Cobb 500, Ross 308 and Hubbard Flex strains, both sexes, in environmental conditions of high temperature. A total of 1200 chicks, both sexes, were distributed in an experimental design completely randomized in factorial arrangement (three strains and two sexes) with five replicates of 40 birds each. Metabolizable energy intake (MEI), body energy retained (BR), heat production (HP), heat production (HP) and heat production per metabolic weight (HPM) were analyzed at 07 to 14, 21 to 28, 35 to 42 and 42 to 49 days old period. The HP was obtained by the comparative method slaughter, wherein the HP was calculated by the difference between the MEI and the BR.

The strains didn't differed in any variable studied. Regarding the sex, the male were higher in HP the period from 07 to 14 and 21 to 28 days of age, with no differences at older ages. Just an equation ($HP = -335,93 + 57,077 AG - 0,9014 AG^2$) for the three different strains of both sexes was necessary to describe the HP according to the age, being the maximum HP reached with 31.7 days.

Keywords: Cobb. Genetics. Heat increment. Hubbar. Poultry. Ross

INTRODUÇÃO

As linhagens comerciais de frango de corte ao longo dos anos sofreram profundas mudanças em suas características corporais e no seu desempenho produtivo, sendo estas mudanças em grande parte resultado do intenso trabalho genético realizado sobre essas aves.

O aumento do potencial para o ganho de peso e o maior rendimento de cortes economicamente importantes, como o peito, são aspectos que contribuíram positivamente com o progresso da cadeia produtiva do frango de corte, entretanto alguns problemas advindos do rápido crescimento dessas aves começaram a serem exibidos, como por exemplo os distúrbios metabólicos e locomotores (Gonzales et al., 1998; Olkowski, 2007). Outra consequência do maior crescimento proteico nos frangos de corte é o aumento da quantidade de calor produzido pelas aves (Gous, 2014), o que não se traduz em um percalço em condições de baixas temperaturas ambientais, podendo a energia produzida ser utilizada para os animais manterem sua homeotermia, uma vez que esta não é utilizada para os processos produtivos (Sakomura e Rostagno, 2007).

Contudo, em locais com altas temperaturas ambientais a exemplo do nordeste brasileiro, o aumento da produção de calor pode acarretar prejuízo para as aves mantidas em ambientes quentes. Os efeitos da temperatura ambiental elevada sobre a produção de frango de corte é amplamente discutida na literatura (Costa et al., 2012; Diniz et al., 2014; Silva et al., 2015) e entre as respostas das aves frente ao estresse por calor está a redução do consumo de ração, na tentativa de diminuir o incremento calórico, não permitindo desta forma, que seu potencial de crescimento seja alcançado.

De acordo com Gous (2014), a temperatura ambiental recomendada para frangos de corte no passado não é adequada para o frango atual e a projeção é que as aves aumentem sua produção de calor em virtude do rápido crescimento corporal e necessitem de temperaturas cada vez menores para atingirem seu potencial de ganho.

A produção de calor pode ser mensurada em princípio por três maneiras: por calorimetria direta, na qual as determinações são realizadas com o animal dentro de um calorímetro; por calorimetria indireta, por da quantidade de oxigênio usado nos processos de oxidação e por meio da análise corporal, denominada calorimetria animal, determinada pela diferença entre a energia metabolizável ingerida e a energia retida corporal, a qual é quantificada pela técnica do abate comparativo (Sakomura e Rostagno, 2007; Nielsen, 2013).

As diferentes linhagens disponíveis comercialmente apresentam características peculiares podendo diferirem em suas produções de calor corporal, sendo mais adequadas à ambientes quentes aquelas que gerem menor quantidade de calor.

Neste contexto o objetivo do presente estudo foi mensurar e comparar a produção de calor das linhagens de frango corte Cobb 500, Ross 308 e Hubbard Flex, de ambos os sexos, pela técnica do abate comparativo, bem como estimar a produção de calor em função da idade das diferentes linhagens e sexo em ambiente de elevadas temperaturas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de 11 de março a 29 abril de 2014 no Setor de Avicultura do Colégio Técnico de Bom Jesus, no Campus Professora Cinobelina Elvas, da Universidade Federal do Piauí, localizado no município de Bom Jesus, PI, situado a 09°04'26'' Sul e 44°21'32'' Oeste, com altitude média de 277 m. Conforme a classificação climática de Köppen o clima da região enquadra-se no tipo Aw, considerado zona tropical com inverno seco (Alvares et al., 2013).

Foram utilizados 1200 pintos de corte, metade de cada sexo, provenientes de matrizes das linhagens Ross 308, Cobb 500 e Hubbard Flex com 42, 37 e 38 semanas de idade, respectivamente. Os ovos férteis, das respectivas linhagens, foram adquiridos em granjas de matrizes situadas nos estados do Ceará, Minas Gerais e Goiás, e transportados em caminhões adequados para Teresina, PI, onde foram direcionados para a incubação. Após a recepção, os ovos foram processados em condições semelhantes e incubados em incubadora da marca Coopermarq com capacidade para 5400 ovos.

As aves foram pesadas e distribuídas com um dia de idade em gaiolas metabólicas (1x1x0,5 m), providas com comedouros, bebedouros e bandejas para coleta das excretas para cada unidade experimental, localizadas em um galpão experimental de 26 m de comprimento por 8 m de largura, coberto com telhas de cerâmica, com pé direito de 3 m, equipado com cortinas laterais móveis amarelas para auxílio do controle da ambiência. As aves foram

distribuídas em delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x2 (3 linhagens x 2 sexos) com 5 repetições, totalizando 30 unidades experimentais. Foram alojadas no início do experimento 40 aves por gaiola, sendo este número reduzido na medida em que os abates foram sendo realizados. Para o aquecimento dos pintinhos foram utilizadas lâmpadas incandescente de 150 watts, quando necessário. As temperaturas ambientais e umidades relativas, máximas e mínimas, foram registradas diariamente por termo-higrômetro. O programa de luz ao longo do período experimental consistiu em 23h (luz natural + artificial) até o sétimo dia, 20h (luz natural + artificial) do oitavo até o 42º dia, sendo aumentado à partir daí o período luminoso para 22h (luz natural + artificial) até o final do período experimental.

Nos períodos de 10 a 14, 24 a 28, 38 a 42 e 45 a 49 dias de idade foram realizados as coletas das excretas e o controle do consumo de ração, sendo o controle de ração também realizado nos períodos de 07 a 14, 21 a 28, 35 a 42 e 45 a 49 dias de idade.

As rações foram compostas à base de milho e farelo de soja, formuladas para atender as exigências nutricionais de frangos de corte machos de desempenho superior conforme recomendações das Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2011). O esquema de alimentação foi composto por quatro rações fornecidas de acordo com a idade das aves: de 1 a 7 dias, de 8 a 21 dias, de 22 a 42 dias e de 43 a 49 dias (Tabela 1).

Tabela 1 Composição calculada e percentuais das rações experimentais.

Ingredientes (%)	1 a 7	8 a 21	22 a 42	43 a 49
Milho	48,738	54,589	58,803	63,427
Farelo de soja	43,826	37,994	33,214	28,929
Óleo de soja	3,439	3,718	4,772	4,956
Fosfato bicálcico	1,880	1,518	1,198	0,990
Calcário calcítico	0,779	0,814	0,732	0,653
Sal comum	0,452	0,482	0,452	0,432
Premix ^{1,2,3,4}	0,400	0,400	0,400	0,200
DL-Metionina (99%)	0,306	0,290	0,256	0,225
L-Lisina HCL (78,5)	0,136	0,158	0,152	0,169
L-Treonina (99%)	0,044	0,037	0,021	0,019
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição nutricional				
EM (kcal/kg)	2.960	3.050	3.175	3.250
Proteína Bruta (%)	24,00	22,00	20,25	18,64
Cálcio (%)	0,920	0,841	0,711	0,614
Fósforo disponível (%)	0,470	0,401	0,332	0,286
Sódio (%)	0,220	0,210	0,198	0,190
Lisina dig. (%)	1,324	1,217	1,096	1,006
Metionina dig. (%)	0,615	0,579	0,525	0,477
Metionina+Cistina dig. (%)	0,953	0,876	0,800	0,734
Treonina dig. (%)	0,861	0,791	0,712	0,654
Triptofano dig. (%)	0,283	0,249	0,223	0,201
Valina dig (%)	1,024	0,936	0,855	0,785
Fibra Bruta (%)	3,437	2,958	2,778	2,631

Fornece/kg de dieta ¹(pré-inicial): ácido fólico – 200,00 mg; biotina-10,00mg; clorohidroxiquinolina-7500,00mg; zn – 17,50g ; vit. A – 1680000,00 UI; vit. B1 – 436,50 mg; vit. B12 2400,00 mcg; vit. B2 – 1200,00 mg; vit. B6 - 624 mg; vit. D3 – 400000,00 UI; vit. E, 3500,00UI; vit. K 3 – 360,00 mg; niacina – 8399,00 mg; nicarbazina -25,00g; ácido pantotênico – 3120,00 mg; colina – 78,10g; se-75,00mg; fe 11,25g; mn – 18,74g; cu -1997,00 mg; I – 187,00mg. ²(Inicial) : ácido fólico – 199,00 mg;biotina-10,00mg; clorohidroxiquinolina-7500,00mg; zn – 17,50g ; vit. A – 1680000,00 UI; vit. B1 – 436,50 mg; vit. B12 2400,00 mcg; vit. B2 – 1200,00 mg; vit. B6 – 624,00 mg; vit. D3 – 400000,00 UI; vit. E, 3500,00UI; vit. K 3 – 360,00 mg; niacina – 8400,00 mg; monensina-25,00g; ácido pantotênico – 3119,00 mg; colina – 80,71g; se-75,00mg; ferro 11,25g; mn – 18,74g; cobre -1996,00 mg; id – 187,47mg. ³(Crescimento): ácido fólico – 162,50 mg; clorohidroxiquinolina-7500,00mg; zn – 17,50g ; vit. A – 1400062,50 UI; vit. B1 – 388,00 mg; vit. B12 2000,00 mcg; vit. B2 – 1000,00 mg; vit. B6 520,00mg; vit. D3 – 360012,00UI; vit. E, 2500,00UI; vit. K 3 – 300,00 mg; niacina – 7000,00 mg; salinomicina -16,50g; ácido pantotênico – 2600,00 mg; colina – 71,59g; se-75,00mg; fe 11,25g; mn – 18,74g; cu -1996,00 mg; I – 187,47mg. ⁴(Final/Abate) :ácido fólico – 162,50 mg; óxido de zinco – 17,500mg ; Se – 75mg; vit. A – 1.400.00 UI; vit. B1 – 388 mg; vit. B12 2.000 mc; vit. B2 – 1.000 mg; vit. B6 - 520 mg; vit. D3 - 1.600 UI; vit. E, 2.500 mg; vit. K 3 – 300 mg; Zn - 70 ppm; niacina – 7.000 mg; ácido pantotênico – 2.600 mg; colina – 71.593,49 mg;fe 11,250mg; mn – 18,750 mg; cu -2.000 mg; I – 187,50mg, aditivo antioxidante 25 000 mg; halquinol 7.500 mg; salinomicina 16.500mg.

Os animais tiveram livre acesso à água e às rações durante todo o período experimental, sendo os comedouros reabastecidos com pequenas quantidades de ração várias vezes ao dia para evitar desperdício .

As rações foram pesadas no início e final de cada período de adaptação e coleta de excretas para quantificar o consumo de ração por unidade experimental. O consumo de ração quantificado no período de coleta (CRPC) foi utilizado para o cálculo da energia metabolizável da ração e o consumo de ração quantificado no período de adaptação (CRPA) foi utilizado para o cálculo do consumo de ração semanal ($CR \text{ semanal} = CRPA + CRPC$). As amostras das rações foram identificadas e armazenadas em freezer para posteriores análises.

Para determinar a produção de calor das linhagens comerciais Hubbard Flex, Ross 308 e Cobb 500 de ambos os sexos foram realizados quatro ensaios de metabolismo, nos períodos de 10 a 14; 24 a 28, 38 a 42 e 45 a 49 dias de idade, e empregado a técnica do abate comparativo de acordo com Sakomura e Rostagno (2007) em que a produção de calor (PC) foi determinada por análise corporal, pela diferença:

$$PC = IEM - ERc$$

Em que: IEM é a ingestão de energia metabolizável

ERc é a energia retida corporal

A IEM foi quantificada considerando o consumo de ração da semana e a energia metabolizável da dieta determinada nos 4 ensaios de metabolismo. A ERc foi determinada pela técnica do abate comparativo, sendo realizados abates referenciais, no início do período de cada coleta, de um grupo representativo de aves com 10, 24, 38 e 45 dias de idade para quantificar a energia bruta corporal inicial (EBci) e abates no final de cada período de coleta (14, 28, 42 e 49 dias de idade) para quantificar a energia bruta corporal final (EBcf). A ERc nas aves em cada ensaio foi quantificada pela diferença entre EBcf e a EBci.

Foram selecionadas e abatidas três aves por parcela experimental com peso próximo ao peso médio da parcela ($\pm 5\%$), totalizando 180 aves em cada ensaio metabólico (90 aves no abate inicial e 90 aves no abate final). As aves selecionadas foram identificadas e mantidas em jejum alimentar por um período de 24 horas para limpeza do trato digestório, recebendo apenas água à vontade. Posteriormente, estas foram pesadas para obtenção do peso em jejum, abatidas por deslocamento cervical, coletadas uma amostra representativa de penas, depenadas e pesadas novamente para obtenção do peso de pena pela diferença entre o peso da ave em jejum e o peso da ave depenada.

As aves e suas respectivas amostras de penas foram acondicionadas em sacos plásticos identificados, sendo as aves congeladas, cortadas em serra de fita e moídas em moinho de carne industrial para obtenção de amostras homogêneas. Da amostra total foi retirada uma amostra menor, de aproximadamente 20 a 35 g, a qual foi acondicionada em placa de petri de plástico descartável e liofilizada em temperatura de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ em equipamento liofilizador tipo L108, para

obtenção da matéria pré-seca. Em seguida, foram novamente moídas em um micromoinho tipo IKA e realizadas as análises de matéria seca e energia bruta. As amostras de penas foram picadas manualmente com tesouras e realizadas as mesmas análises químicas. As metodologias utilizadas para análises são descritas por Silva e Queiroz (2002).

Para a determinação da energia metabolizável da ração foi utilizada a metodologia de coleta total de excreta (Sibbald, 1982) para todos os ensaios metabólicos. Para a determinação exata do início e término do período de coleta de excretas, foi utilizado 1 % de óxido de ferro misturado à ração no primeiro e no último dia de coleta.

As excretas de todas as unidades experimentais foram coletadas em bandejas revestidas por lona plástica colocadas sob as gaiolas duas vezes ao dia com intervalos de 12 horas para evitar fermentação. O material colhido foi acondicionado em sacos plásticos identificados por gaiola, pesados e congelados.

Ao final do período experimental as excretas foram descongeladas à temperatura ambiente, homogeneizadas e submetidas à pré-secagem em estufa de circulação forçada de ar à 55 °C por 72 horas. Em seguida as amostras foram processadas em micromoinho tipo IKA e realizadas as análises de matéria seca e energia bruta, sendo estas duas análises também realizadas para as rações experimentais (Silva e Queiroz, 2002).

O cálculo da energia metabolizável aparente (EMA) foi realizado com base nos dados de consumo de ração, produção de excreta, análises de matéria seca e energia bruta das rações de acordo com Sakomura e Rostagno (2007), utilizando a seguinte equação:

$$\text{EMA ração} = \frac{\text{EBing} - \text{EBexc}}{\text{MSing}} ;$$

Em que: EMA= Energia Metabolizável Aparente

EBing = Energia Bruta Ingerida

EBexc = Energia Bruta Excretada

MSing = Matéria Seca Ingerida

Para comparar a produção de calor das diferentes linhagens e sexos, bem como a ingestão de energia metabolizável e a energia retida corporal, os dados de cada ensaio inicialmente foram submetidos aos testes de normalidade (Cramer-Von Mises) e homocedasticidade (Levene), e atendidas estas pressuposições, os mesmos foram submetidos à análise de variância de acordo com o modelo estatístico:

$$Y_{ij}(k) = \mu + L_i + S_j + L \times S_{ij} + \epsilon_{ij}(k);$$

Em que: $Y_{ij}(k)$ = ingestão de energia metabolizável, energia retida corporal, produção de calor e produção de calor por peso metabólico, das aves da i -ésima linhagem no j -ésimo sexo; μ = efeito da média geral; L_i = efeito da i -ésima linhagem; S_j = efeito do j -ésimo sexo; $L \times S_{ij}$ = efeito da interação entre as linhagens e o sexo e $\epsilon_{ij}(k)$ = erro experimental.

Posteriormente, as médias foram comparadas pelo teste SNK considerando um nível de significância de até 5%, utilizando-se o Software SAS 9.0 (2002).

Para comparar as curvas da produção de calor em função da idade das diferentes linhagens e sexos, realizou-se um teste de paralelismo utilizando-se como variável classificatória os grupos (linhagem x sexo = trat) e como co-variável a idade (ID), segundo modelo adaptado de Kaps e Lamberson (2004):

$Y_{ij} = \beta_0 + \text{trat}_i + \beta_1 \times \text{ID}_{ij} + \sum_i \beta_{2i} \times (\text{trat} \times \text{ID})_{ij} + \beta_3 \times \text{ID}_{ij}^2 + \sum_i \beta_{4i} \times (\text{trat} \times \text{ID})_{ij}^2 + \epsilon_{ij}$; onde, Y_{ij} é o valor da variável correspondente à observação j do trat y ; trat_i é o efeito dos grupos; β_0 , β_1 , β_{2i} , β_3 , β_{4i} são os parâmetros da regressão; $(\text{trat} \times \text{ID})_{ij}$ é o efeito da interação entre a variável classificatória e a co-variável para o componente linear; $(\text{trat} \times \text{ID})_{ij}^2$ é o efeito da interação entre a variável classificatória e a co-variável para o componente quadrático e ϵ_{ij} é o erro aleatório associado a observação j do grupo i .

As análises foram realizadas com o auxílio do Software SAS 9.0 (2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas média, mínima e máxima e a umidade relativa média no interior do galpão durante o período experimental foram de $28,1 \pm 0,7$ °C; $22,0 \pm 1,2$ °C; $34,2 \pm 0,9$ °C e $73,6 \pm 13,7\%$, respectivamente (tabela 2).

Tabela 2 Médias semanais da temperatura ambiental (°C) e umidade relativa (%) durante o período de 11 de março a 29 de abril de 2014.

Período (dias)	Temperatura (°C)		Umidade (%)	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
1 a 7	23,3	34,2	63,0	82,1
8 a 14	22,9	34,0	63,0	81,9
15 a 21	21,1	34,9	63,1	84,1
22 a 28	22,4	34,1	65,3	84,8
29 a 35	22,1	34,0	69,4	87,6
36 a 42	20,5	34,4	57,1	84,8
43 a 49	21,5	33,4	48,6	87,1

Os valores de ingestão de energia metabolizável (IEM), energia retida no corpo (ER), produção de calor (PC) e produção de calor por peso metabólico (PCMET), no período de 07 a 14 dias de idade, das linhagens Cobb, Ross e Hubbard de ambos os sexos estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3 Médias da ingestão de energia metabolizável (IEM), energia retida no corpo (ER), produção de calor (PC) e produção de calor por peso metabólico (PCMET), de diferentes linhagens de frangos de corte, machos e fêmeas, no período de 07 a 14 dias de idade.

Variáveis	Sexo (S)	Linhagens (L)			Médias	CV(%)	Probabilidade		
		Cobb	Ross	Hubbard			L	S	LxS
IEM (Kcal/ave)	Macho	741,30	726,17	724,69	730,72	7,89	0,395	0,271	0,645
	Fêmea	725,25	721,92	673,43	706,87				
	Médias	733,28	724,05	699,21					
ER (Kcal/ave)	Macho	129,46	125,04	141,50	132,00	17,97	0,628	0,198	0,069
	Fêmea	153,70	156,68	122,22	144,20				
	Médias	141,58	140,86	131,85					
PC (Kcal/ave/dia)	Macho	152,96	150,28	145,80	149,68A	7,69	0,473	0,041	0,979
	Fêmea	142,89	141,31	137,80	140,67B				
	Médias	147,91	145,80	141,80					
PCMET (kcal/kg ^{0,75} /dia)	Macho	459,62	448,28	428,31	231,84	6,34	0,198	0,080	0,772
	Fêmea	434,48	425,37	419,77	207,48				
	Médias	447,05	436,83	424,04					

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem pelo teste SNK ($P>0,05$).

Não foram observadas interações ($P>0,05$) entre linhagem e sexo para nenhuma das variáveis avaliadas no período de 07 a 14 dias de idade, indicando que os fatores linhagem e sexo atuaram de maneira independente. As linhagens Cobb, Ross e Hubbard não influenciaram ($P>0,05$) a IEM, ER, PC e PCMET, sendo observado diferenças entre os sexos apenas para a PC, dentre os quais os machos apresentaram uma maior PC em relação às fêmeas ($P<0,05$).

Embora não tenha sido observado diferenças na IEM e na ER entre os sexos, a maior PC dos machos pode ser justificada em virtude de algumas diferenças fisiológicas entre os sexos, as quais a partir da primeira semana de vida das aves começam a ser evidenciadas de uma maneira mais pronunciada, apresentando os machos, em condições ambientais adequadas, maior peso vivo em relação as fêmeas (Hubbard, 2007; Cobb, 2008; Ross, 2012).

Com o aumento da massa corporal há um aumento na taxa metabólica total, traduzindo em maior produção de calor. De acordo com Nascimento (2015), a produção de calor de frangos de corte aumenta de acordo com o peso vivo, e tendo em vista o maior peso vivo dos machos, é esperado que sua PC seja superior em relação às fêmeas.

No período de 21 a 28 dias de idade não houve interação entre os fatores estudados e nenhuma das variáveis analisadas foram influenciadas pela linhagens ($P>0,05$), apresentando os machos a maior IEM e PC ($P<0,05$) (tabela 4).

Tabela 4 Médias da ingestão de energia metabolizável (IEM), energia retida no corpo (ER), produção de calor (PC) e produção de calor por peso metabólico (PCMET), de diferentes linhagens de frangos de corte, machos e fêmeas, no período de 21 a 28 dias de idade.

Variáveis	Sexo (S)	Linhagens (L)			Médias	CV(%)	Probabilidade		
		Cobb	Ross	Hubbard			L	S	LxS
IEM (Kcal/ave)	Macho	2379,5	2345,4	2468,1	2397,6A	7,45	0,580	0,022	0,463
	Fêmea	2166,8	2300,5	2247,5	2238,3B				
	Médias	2273,2	2323,0	2357,8					
ER (Kcal/ave)	Macho	281,17	196,97	271,63	249,92	41,04	0,827	0,772	0,431
	Fêmea	247,53	280,44	256,21	261,39				
	Médias	264,35	238,70	263,92					
PC (Kcal/ave/dia)	Macho	524,57	537,10	549,12	536,93A	10,52	0,660	0,046	0,923
	Fêmea	479,82	505,01	497,83	502,76B				
	Médias	502,20	521,06	523,48					
PCMET (kcal/kg ^{0,75} /dia)	Macho	665,54	715,90	696,59	692,68	10,60	0,531	0,064	0,872
	Fêmea	625,54	645,16	653,22	641,31				
	Médias	645,54	680,53	674,91					

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem pelo teste SNK ($P>0,05$).

A superioridade na PC dos machos pode ser atribuída a diferença no consumo de ração entre machos e fêmeas no período de 21 a 28 dias de idade, consumindo os machos maior quantidade de ração e apresentando conseqüentemente a maior IEM, o que contribuiu com a maior PC. Considerando a produção de calor como parte da energia gerada pelos processos de digestão, absorção e metabolismo dos nutrientes, é esperado que os machos por apresentarem maior consumo de ração apresentem também maior PC.

De maneira semelhante aos demais períodos, no de 35 a 42 dias de idade, não houve interação entre os fatores linhagens e sexo, como também não foi observado influencia das três linhagens na IEM, ER, PC e na PCMET ($P>0,05$) (tabela 5).

Tabela 5 Médias da ingestão de energia metabolizável (IEM), energia retida no corpo (ER), produção de calor (PC) e produção de calor por peso metabólico (PCMET), de diferentes linhagens de frangos de corte, machos e fêmeas, no período de 35 a 42 dias de idade.

Variáveis	Sexo (S)	Linhagens (L)			Médias	CV(%)	Probabilidade		
		Cobb	Ross	Hubbard			L	S	LxS
IEM (Kcal/ave)	Macho	2467,4	2576,6	2549,2	2531,1	7,60	0,758	0,349	0,878
	Fêmea	2446,0	2464,1	2466,1					
	Médias	2456,7	2520,4	2507,7					
ER (Kcal/ave)	Macho	385,05	386,97	505,87	425,96	41,33	0,058	0,278	0,084
	Fêmea	512,52	128,21	414,42					
	Médias	448,65	257,59	460,14					
PC (Kcal/ave/dia)	Macho	520,59	547,45	510,84	526,29	14,13	0,216	0,988	0,603
	Fêmea	483,38	583,96	512,92					
	Médias	501,99	565,71	511,88					
PCMET (kcal/kg ^{0,75} /dia)	Macho	365,73	389,70	361,23	372,22	14,21	0,223	0,799	0,795
	Fêmea	360,35	416,55	356,05					
	Médias	363,04	403,13	358,64					

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem pelo teste SNK ($P>0,05$).

Em relação ao sexo, não houve diferença na PC entre machos e fêmeas como relatado nos dois períodos anteriores. A semelhança na PC entre os sexos pode ser explicada pelas altas temperaturas ambientais registradas no experimento (tabela 2), ocasionando redução no consumo de ração dos machos, uma vez que aves em estresse por calor diminuem o consumo de ração na tentativa de reduzir o incremento calórico, o que pode ter ocorrido com os machos no período de 35 aos 42 dias. Nos períodos anteriores observou-se que a PC dos machos foi superior e esse comportamento deveria ser mantido em virtude do maior consumo de ração destes, porém como os machos são mais sensíveis às altas temperaturas ambientais, principalmente em idades mais avançadas, estes reduziram seu consumo de ração ao ponto de não existir diferença na IEM entre os sexos, e desta forma reduziram sua produção de calor, a qual igualou-se com a PC das fêmeas.

No período de 42 aos 49 dias de idade os fatores agiram de maneira independente, não sendo observado em nenhuma das variáveis estudadas influências de linhagens e sexos ($P>0,05$) (tabela 6).

Tabela 6 Médias da ingestão de energia metabolizável (IEM), energia retida no corpo (ER), produção de calor (PC) e produção de calor por peso metabólico (PCMET), de diferentes linhagens de frangos de corte, machos e fêmeas, no período de 42 a 49 dias de idade.

Variáveis	Sexo (S)	Linhagens (L)			Médias	CV(%)	Probabilidade		
		Cobb	Ross	Hubbard			L	S	LxS
IEM (Kcal/ave)	Macho	2258,4	2339,8	1955,80	2184,7	8,65	0,053	0,199	0,304
	Fêmea	2070,3	2141,4	2031,73	2081,1				
	Médias	2164,4	2240,6	1993,8					
ER (Kcal/ave)	Macho	626,42	539,29	667,74	611,2	39,28	0,631	0,162	0,138
	Fêmea	381,79	667,86	386,07	478,6				
	Médias	504,11	603,56	526,91					
PC (Kcal/ave/dia)	Macho	408,01	450,13	322,01	393,38	18,64	0,421	0,817	0,100
	Fêmea	422,12	368,39	411,42	400,64				
	Médias	415,07	409,26	366,72					
PCMET (kcal/kg ^{0,75} /dia)	Macho	228,95	255,33	180,16	221,48	18,14	0,287	0,442	0,092
	Fêmea	253,96	215,79	235,57	235,11				
	Médias	241,46	235,56	207,87					

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem pelo teste SNK ($P>0,05$).

Observando os valores de IEM, PC e PCMET nos dois últimos período avaliados, verificou-se em valores absolutos menor IEM, PC e PCMET das aves no último período em comparação ao período de 35 a 42 dias de idade, o que pode ser justificado por maior sensibilidade das aves em idade avançada à alta temperatura ambiental registrada na última semana experimental, estando acima dos 20 °C preconizados como a temperatura de conforto para frangos de corte após os 42 dias, fazendo com que as aves reduzissem a ingestão de energia metabolizável em virtude do menor consumo de ração, e diminuíssem assim a produção de calor.

A diminuição na IEM, PC e na PCMET demonstrou que a alta temperatura registrada no experimento fez com que as aves utilizassem mecanismos para diminuir a sua produção de calor e desta forma conseguissem manter sua homeotermia. Em condições de termoneutralidade, uma ave adulta que produza menor quantidade de calor, pode ser indicativo de um menor potencial de crescimento, contudo em ambientes quentes tal afirmação é passível de questionamento, tendo em vista que a redução do calor gerado é consequência da redução do consumo de alimento.

De acordo com Gous (2014), as linhagens modernas apresentam maior potencial para o ganho de peso em relação as linhagens produzidas anos atrás, e conseqüentemente geram uma maior quantidade de calor corporal. A semelhança no comportamento da resposta das três linhagens envolvidas no presente estudo, caracterizada pela ausência do efeito destas na PC,

indica que o potencial para ganho de peso das aves das linhagens Cobb, Ross e Hubbard é possivelmente aproximado.

As equações individuais da PC em função da idade para as três diferentes linhagens de ambos os sexos estão apresentadas na tabela 7.

Tabela 7 Equações ajustadas para a produção de calor de frangos de corte de diferentes linhagens e sexo em função da idade, coeficientes de determinação (R²).

Grupos	Equação	R ²
	Produção calor (kcal/ave/dia)	
Cobb macho	PC= -320,81+56,552 ID-0,8992 ID ²	0,99
Ross macho	PC= -375,81+62,154 ID-0,9864 ID ²	0,99
Hubbard Macho	PC= -360,99+61,358 ID-1,0100 ID ²	0,98
Cobb fêmea	PC= -235,56+45,102 ID-0,6696 ID ²	0,98
Ross fêmea	PC= -434,19+66,442 ID-1,0631 ID ²	0,94
Hubbard fêmea	PC= -301,12+52,137 ID-0,7997 ID ²	0,99

Pelo teste de paralelismo não foram observados efeitos nos parâmetros linear ou quadrático, sendo necessário o ajuste de apenas uma equação para descrever a produção de calor das diferentes linhagens e sexos em função da idade (figura 1).

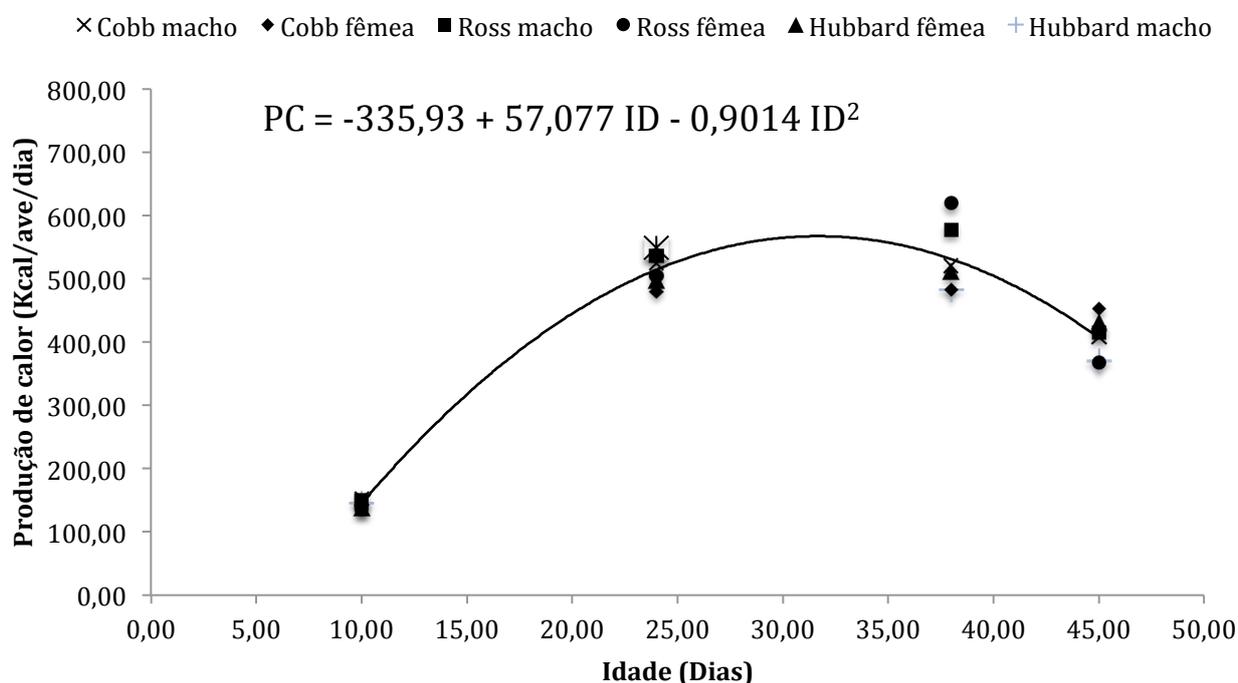


Fig. 1 Relação entre a idade (dias) e a produção de calor (Kcal/ave/dia) de frangos de corte de diferentes linhagens e sexo.

A produção de calor de frangos de corte em função da idade apresentou um comportamento quadrático, com a máxima PC atingida aos 31,7 dias de idade, sendo esta idade próxima a idade de máxima taxa de crescimento corporal das linhagens modernas (Marcato et al., 2010; Sakomura et al., 2011).

De acordo com Gous (2014), com o avançar da idade ocorre aumento da produção de calor, contudo no presente estudo observamos que após os 31,7 dias de idade, as aves apresentaram redução na PC, e este comportamento possivelmente ocorreu devido às médias semanais da temperatura ambiental registradas durante o presente estudo, as quais estiveram acima das temperaturas de conforto recomendadas nos manuais das linhagens a partir da segunda semana de vida das aves (Hubbard, 2007; Cobb, 2008; Ross, 2012), fazendo com que as aves utilizassem mecanismos para diminuir a geração de calor, demonstrando a sensibilidade das linhagens modernas em idades avançadas ao ambiente quente.

Na produção do frango de corte é desejável que a ave apresente um crescente consumo de ração com o avançar da idade, visando atingir o peso de abate o mais breve possível, o que propiciaria uma redução dos custos produtivos em virtude do menor tempo da ave no campo. A redução da PC após os 31,7 dias de idade nas condições ambientais do presente experimento, foi em parte resultado da diminuição do consumo de alimento, sendo na prática esta redução limitante para otimizar o ganho de peso e conseqüentemente reduzir a idade de abate.

Neste sentido é importante proporcionar as linhagens de frango de corte com características de rápido crescimento em um ambiente térmico adequado para que estas possam expressar seu potencial produtivo, uma vez que este tipo de ave, quando submetida ao estresse por calor apresenta resultados muito aquém de sua capacidade.

CONCLUSÃO

As linhagens Cobb, Ross e Hubbard não influenciaram a PC e PCMET, indicando que o trabalho genético realizado nestas linhagens não geraram características que contribuíssem com uma diferenciação na PC entre elas. Em relação ao sexo os machos apresentaram maior PC nos dois primeiros períodos, não havendo diferenças entre os sexos em idades mais avançadas. A maior PC para as três linhagens de ambos os sexos foi atingida aos 31,7 dias de idades, havendo um decréscimo após este período, indicando que as três linhagens avaliadas, de ambos os sexos, são sensíveis à alta temperatura ambiental, necessitando de um ambiente controlado para expressar seu potencial genético.

AGRADECIMENTOS

ASA Alimentos, CIALNE e Granja Planalto LTDA pela doação dos ovos férteis e COAVE pela incubação dos mesmos.

REFERÊNCIAS

Alvares, CA et al. Koppens's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, p.711-728, 2013.

Costa JHS, Saraiva EP, Santos LFP (2012) Efeito do ambiente sobre indicadores fisiológicos na produção de frangos de corte. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 7:54 –58.

Gonzales E, Buyse J, Takita TS, Sartori JR, Decuypere E (1998) Metabolic disturbances in male broilers of different strains. 1. Performance, mortality and right ventricular hyper-trophy. *Poultry Science* 77:1646-1653.

Gous, RM Modeling as a research tool in poultry science (2014) *Poultry Science* 33:1–7.

Hubbard flex. Performance summary. 2007, 4 p.

Kaps M, Lamberson WR (2004) *Biostatistics for animal science*. Wallingford: CABI Publishing, 2004. 445p.

Marcato SM, Sakomura NK, Fernandes JBK, Siqueira JC, Dourado LRB, Freitas ER (2010) Crescimento e deposição de nutrientes nos órgãos de frangos de corte de duas linhagens comerciais. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39:1082-1091.

Nascimento ST. Modelagem do equilíbrio térmico de frangos de corte: um estudo da geração e transferência de calor. 2015. 139 f. Tese (Doutorado) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2015.

Olkowski, AA (2007) Pathophysiology of heart failure in broiler chickens: Structural, biochemical, and molecular characteristics. *Poultry Science* 86:999–1005.

Ross. manual técnico de manejo para frangos de corte. 2009, 109 p.

Rostagno HS, Albino LFT, Donzele JL, Gomes PC, Oliveira RFM, Lopes DC, Ferreira AS, Barreto SLT, Euclides FR (2011) *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 3. ed. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa.

Sakomura NK, Rostagno, HS (2007) *Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos*. Jaboticabal: Funep. 283p.

Sakomura NK, Gous RM, Marcato SM, Fernandes JBK (2011) A description of the growth of the major body components of 2 broiler chicken strains. *Poultry Science* 90:2888– 2896.

Sakomura NK, Silva JHV, Costa FGP, Fernandes, JBK.; Hauschild, L (2014) *Nutrição de não ruminantes. Seção II, Capítulo 3: Metabolismo Energético*, Jaboticabal: Funep. 678 p.

Schmidt-Nielsen KS(2013) *Fisiologia Animal. Capítulo 5: Metabolismo Energético*, Santos, 5^a ed. Ed. Santos.

Sibbald IR (1982) Measurement of bioavailable energy in poultry feedingstuffs: a review. *Canadian Journal of Animal Science* 62:983-1048.

Silva DJ, Queiroz, AC (2002) *Análise de alimentos: (métodos químicos e biológicos)*. Viçosa: Imprensa Universitária, 3.ed. 235 p.

Silva GC, Nascimento MRBN, Silva NP, Fernandes EA, Vilela DR, Souto MM (2015) Suplementação com zinco e selênio em frangos de corte submetidos a estresse cíclico de calor, *Revista Ceres* 62:372-378.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. SAS. System for linear models. Cary: SAS Institute, 1997. 211p.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atuais linhagens de frango de corte apresentam alto desempenho produtivo, o que vem contribuindo positivamente com os setores ligados à produção do frango de corte, atendendo de forma eficiente a demanda crescente pela carne dessas aves e beneficiando economicamente produtores. Contudo, o incremento do potencial para deposição proteica desses animais, aumentou a geração de calor por parte destes, tornando-os mais sensíveis à temperaturas ambientais elevadas. Desta forma, as linhagens modernas quando criadas em locais com altas temperaturas ambientais podem não expressar seu potencial produtivo, necessitando de instalações que proporcionem conforto térmico para que estas atinjam o objetivo para o qual foram geneticamente selecionadas.

A construção de instalações climatizadas ou apenas climatizar os galpões de frango de corte nem sempre é possível, visto o preço das instalações e equipamentos; neste sentido é importante conhecer o desempenho das principais linhagens de corte em ambiente adverso ao desejável para maximizar a produtividade das aves.

Em conforto térmico as linhagens de frango de corte apresentam diferenças conforme o trabalho genético realizado, e a escolha da linhagem é direcionada de acordo o objetivo do produtor. O presente estudo indicou que em criações com temperaturas ambientais elevadas, as aves, independente da linhagem ou sexo, apresentaram menor consumo de ração, ganho de peso e peso vivo em relação ao desempenho padrão esperado pelas linhagens quando mantidas em condições adequadas; e as diferenças no desempenho podem ser em virtude de uma maior sensibilidade ao calor de uma linhagem em relação à outra.

Embora a avaliação das linhagens possa ser realizado em períodos determinados ou idades pontais, informações adicionais, como o crescimento corporal das aves ao longo do tempo, descrito por meio de curvas de crescimentos, fornece informações importantes para o planejamento da melhor idade de abate, planos alimentares e formulação de dietas, sendo dessa forma o objetivo de estudos envolvendo diferentes linhagens. Entretanto, fatores como condições ambientais podem modificar o crescimento das aves, conforme observado no presente estudo, em que as três linhagens, de ambos os sexos, apresentaram menor taxa de crescimento relativo, sendo mais tardias em comparação às aves em estudos em que a condição ambiental não foi limitante.

Frente a influência da temperatura ambiental sobre o desempenho das aves, outro aspecto interessante é estimar a produção de calor destas, pois em um sistema de criação

não climatizado, a utilização de uma linhagem com menor produção de calor seria mais adequada em ambientes quentes. No presente estudo a produção de calor não foi influenciado pelas linhagens, sendo influenciado pelo sexo somente em idades inferiores. Em condições com temperaturas ambientais elevadas as aves diminuíram a produção de calor após os 31 dias de idade, sendo essa redução em parte em virtude da redução do consumo de ração e menor ingestão de energia metabolizável.

Com a expansão da criação de frango de corte em locais com temperaturas ambientais elevadas, estudos que descrevam características de crescimento e desempenho das linhagens, de ambos os sexos, devem ser efetuados, pois conforme o presente estudo as linhagens de frango de corte atuais são mais sensíveis a temperaturas ambientais elevadas, especialmente os machos, necessitando de modificações ambientais e estratégias que amenizem os efeitos deletérios das altas temperaturas.