



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CAMPUS PROFESSORA CINOBELINA ELVAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA TROPICAL

MARISLANE RESENDE DA SILVA

MODELAGEM DO CRESCIMENTO E BALANÇO DIETÉTICO DA PROTEÍNA
PARA GALINHA-D'ANGOLA (*Numida Meleagris*)

TERESINA
2025

MARISLANE RESENDE DA SILVA

**MODELAGEM DO CRESCIMENTO E BALANÇO DIETÉTICO DA PROTEÍNA
PARA GALINHA-D'ANGOLA (*Numida Meleagris*)**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia Tropical - PPGZT da Universidade Federal do Piauí - UFPI, na área de concentração Produção Animal nos Trópicos, e linha de pesquisa Produção de Alimento e Nutrição Animal nos Trópicos, como requisito para obtenção do título de Mestre em Zootecnia Tropical.

Orientador: Prof^a. Dra. Leilane Rocha Barros Dourado

Coorientador: Prof. Dr. Natanael Pereira da Silva Santos

TERESINA -PI

2025

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí Biblioteca
Setorial CCA
Serviço de Representação Temática da Informação

S586m Silva, Marislane Resende da.
Modelagem do crescimento e balanço dietético da proteína
para galinha-d'angola (*Numida meleagris*). / Marislane Resende da
Silva.
-- 2025.
114 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Centro
de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Tropical, 2025.
“Orientadora: Profa. Dra. Leilane Rocha Barros Dourado.”

1. Galinha-d'angola. 2. Proteína ideal - alimentação. 3. Curva de
crescimento. I. Dourado, Leilane Rocha Barros. II. Título.

Bibliotecário: Rafael Gomes de Sousa - CRB3/1163

2025

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**MODELAGEM DO CRESCIMENTO E BALANÇO DIETÉTICO DA
PROTEÍNA PARA GALINHA-D'ANGOLA (*NUMIDA MELEAGRIS*)**

Dissertação aprovada em: 30/09/2025

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **LEILANE ROCHA BARROS DOURADO**
Data: 15/10/2025 08:08:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Leilane Rocha Barros Dourado (Presidente) / DZO/CCA/UFPI

Documento assinado digitalmente
 **JOSE LINDENBERG ROCHA SARMENTO**
Data: 15/10/2025 17:12:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. José Lindenberg Rocha Sarmiento (Interno) / DZO/CCA/UFPI

Documento assinado digitalmente
 **NATANAEL PEREIRA DA SILVA SANTOS**
Data: 15/10/2025 17:51:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Natanael Pereira da Silva Santos (Interno) / DZO/CCA/UFPI

Documento assinado digitalmente
 **RAFAEL DE SOUSA FERREIRA**
Data: 15/10/2025 14:17:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Pesquisador Dr. Rafael de Sousa Ferreira (Externo) / UNESP

Documento assinado digitalmente
 **RONY RIVEROS LIZANA**
Data: 15/10/2025 15:08:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Pesquisador Dr. Rony Riveros Lizana (Externo) / UNESP

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, pela fé, pela força e pelas bênçãos recebidas. Foram momentos difíceis ao longo dessa jornada, pois perdi a pessoa que eu mais amava. Ainda assim, segui em frente. Mesmo quando achava que não ia aguentar ou conseguir, eu me lembrava de quem sou, de onde vim e qual é o meu objetivo – sempre com um sorriso no rosto e o coração apertado.

À Profa. Dra. Leilane Rocha Barros Dourado, pela orientação, pelos ensinamentos e pelo apoio na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Natanael Pereira da Silva Santos, pela coorientação e pelo apoio ao longo deste projeto.

Ao Prof. Dr. Rony Riveros Lizana, pela coorientação, disponibilidade, dedicação e pelo apoio na realização deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À minha mãe, à minha família e aos amigos, por sempre me darem suporte.

Aos alunos de graduação do Biotério de Experimentação em Aves (BEA) e do Grupo de Estudo em Nutrição e Produção de Aves e Suínos (GENPAS), minha eterna gratidão. Todos vocês foram essenciais para a realização deste trabalho.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia Tropical (PPPZT) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da UFPI, e aos amigos que fiz durante essa caminhada, que, direta ou indiretamente, contribuíram para a minha formação.

"No tempo certo, eu, o SENHOR, farei acontecer."

Isaías 60.22

RESUMO

DA SILVA, Marislane Resende. **Modelagem do crescimento e balanço dietético da proteína para galinha-d'angola (*Numida meleagris*)**. 2025. Dissertação (Mestrado em Zootecnia Tropical) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2025.

A galinha-d'angola (*Numida meleagris*) representa uma alternativa promissora para diversificação da avicultura tropical, mas ainda carece de informações científicas sobre crescimento, nutrição e desempenho. Este trabalho avaliou de forma integrada a modelagem do crescimento, as diferenças fenotípicas entre machos e fêmeas e o efeito de dietas com diferentes balanceamentos de proteína sobre o desempenho produtivo, rendimento de carcaça, qualidade da carne e viabilidade econômica. Foram utilizadas 235 aves do nascimento até 120 dias de idade, com pesos médios iniciais de 32,28 g e finais de 2.141,32 g. Foram testados os modelos Brody, Von Bertalanffy, Logístico, Gompertz e Richards, sendo o modelo de Gompertz em estrutura mista o que apresentou melhor ajuste, segundo os critérios de informação de Akaike e Bayesiano. A curva indicou ponto de inflexão próximo aos 45 dias, com rápido crescimento até os 64 dias, seguido de desaceleração. Entre 43 e 64 dias, observou-se maior variabilidade nos pesos, que reduziu a partir de 78 dias, sugerindo estabilização do crescimento. Na avaliação fenotípica entre sexos, os machos apresentaram peso assintótico (P_m) de 2.319 g, enquanto as fêmeas foram em média 56 g mais leves ($p = 0,031$). A taxa de crescimento (b) foi de $0,031 \text{ dia}^{-1}$ nos machos e $0,026 \text{ dia}^{-1}$ nas fêmeas, com diferença significativa ($p = 0,019$). O ponto de inflexão (t^*) foi estimado em 45 dias nos machos, não diferindo estatisticamente das fêmeas ($p = 0,298$). As análises revelaram dimorfismo sexual, com machos exibindo maior potencial de crescimento, mas fêmeas com maior variabilidade individual. Para avaliação nutricional, foram utilizadas 160 aves de 17 dias. As dietas experimentais foram: (i) balanceamento de proteína mantendo a exigência de proteína bruta (BPPB) e (ii) balanceamento de proteína com redução da exigência de proteína bruta (BPLPB), ambas ajustadas para lisina e aminoácidos digestíveis essenciais (metionina+cistina, treonina e triptofano). As dietas foram formuladas à base de milho, soja, farelo de glúten, aminoácidos sintéticos e suplemento vitamínico-mineral. Os resultados de desempenho entre 17 e 90 dias mostraram que as dietas BPLPB, mesmo com menor proteína bruta, não comprometeram o ganho de peso, o consumo de ração ou a conversão alimentar em relação à BPPB. O rendimento de carcaça aos 90 dias foi semelhante entre os tratamentos, sem prejuízos à qualidade da carne (pH, cor, maciez e perdas por cocção). Do ponto de vista econômico, a dieta com redução da proteína bruta apresentou menor custo de formulação e maior retorno financeiro, demonstrando viabilidade de aplicação prática. De forma conjunta, os resultados confirmam que: (i) o modelo Gompertz misto é o mais adequado

para descrever o crescimento da espécie; (ii) há dimorfismo sexual com vantagem de crescimento para os machos; (iii) a redução da proteína bruta em dietas balanceadas por aminoácidos mantém o desempenho produtivo e melhora a eficiência econômica. Assim, a pesquisa contribui para consolidar a galinha-d'angola como alternativa sustentável e rentável na avicultura tropical, oferecendo subsídios técnicos para programas de melhoramento, estratégias de manejo alimentar e práticas de produção mais eficientes.

Palavras-chave: galinha-d'angola, curva de crescimento, proteína ideal

ABSTRACT

DA SILVA, Marislane Resende. **Growth modeling and dietary protein balance for guinea fowl (*Numida meleagris*)**. 2025. Dissertation (Master in Tropical Animal Science) – University Federal of Piauí, Teresina, 2025.

The guinea fowl (*Numida meleagris*) represents a promising alternative for diversifying tropical poultry farming, but scientific information on growth, nutrition, and performance is still lacking. This study comprehensively evaluated growth modeling, phenotypic differences between males and females, and the effect of diets with different protein balances on production performance, carcass yield, meat quality, and economic viability. A total of 235 birds were used from hatch to 120 days of age, with average initial weights of 32.28 g and final weights of 2141.32 g. The Brody, Von Bertalanffy, Logistic, Gompertz, and Richards models were tested, with the Gompertz mixed-structure model presenting the best fit, according to the Akaike and Bayesian information criteria. The curve indicated an inflection point near 45 days, with rapid growth until 64 days, followed by a deceleration. Between 43 and 64 days, greater variability in weights was observed, which decreased after 78 days, suggesting growth stabilization. In the phenotypic evaluation between sexes, males had an asymptotic weight (W_m) of 2319 g, while females were on average 56 g lighter ($p = 0.031$). The growth rate (b) was 0.031 day^{-1} in males and 0.026 day^{-1} in females, with a significant difference ($p = 0.019$). The inflection point (t^*) was estimated at 45 days in males, not differing statistically from females ($p = 0.298$). The analyses revealed sexual dimorphism, with males exhibiting greater growth potential, but females with greater individual variability. For nutritional evaluation, 160 17-day-old birds were used. The experimental diets were: (i) protein balancing while maintaining crude protein requirement (BPPB) and (ii) protein balancing with reduced crude protein requirement (BPLPB), both adjusted for lysine and essential digestible amino acids (methionine + cystine, threonine, and tryptophan). The diets were formulated based on corn, soybean, gluten meal, synthetic amino acids, and vitamin and mineral supplements. Performance results between 17 and 90 days showed that the BPLPB diets, despite containing lower crude protein, did not compromise weight gain, feed intake, or feed conversion compared to the BPPB diet. Carcass yield at 90 days was similar between treatments, with no detriment to meat quality (pH, color, tenderness, and cooking losses). From an economic point of view, the diet with reduced crude protein had lower formulation costs and higher financial return, demonstrating its feasibility for practical application. Taken together, the results confirm that: (i) the mixed Gompertz model is the most appropriate to describe the species' growth; (ii) there is sexual dimorphism, with a growth advantage for males; (iii) reducing crude protein in amino acid-balanced diets maintains

productive performance and improves economic efficiency. Thus, the research contributes to consolidating the guinea fowl as a sustainable and profitable alternative in tropical poultry farming, offering technical support for breeding programs, feed management strategies, and more efficient production practices.

Keywords: guinea fowl, growth curve, ideal protein

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1.** Primeira derivada da curva de crescimento da galinha-d'angola (*Numida meleagris*) em machos e fêmeas.....57
- Figura 2.** Segunda derivada da curva de crescimento da galinha-d'angola (*Numida meleagris*) em machos e fêmeas.....58
- Figura 3.** Terceira derivada da curva de crescimento da galinha-d'angola (*Numida meleagris*) em machos e fêmeas.....58
- Figura 4.** Quarta derivada da curva de crescimento da galinha-d'angola (*Numida meleagris*) em machos e fêmeas.....59

CAPÍTULO II

- Figura 1.** Curvas de crescimento e ganho de peso diário de machos (A) e fêmeas (B) de galinha-d'angola (*Numida meleagris*) ajustadas pela função de Gompertz.....75
- Figura 2.** (A) Descrição da taxa de crescimento absoluto (ou ganho de peso diário) em função da idade das aves, e (B) expressão da taxa de crescimento em função do grau de maturidade (u), de machos e fêmeas de galinha-d'angola (*Numida meleagris*).....76
- Figura 3.** (A) Descrição da taxa de crescimento (b) de galinha-d'angola (*Numida meleagris*) macho ($b = 0,031$) e fêmea ($b = 0,026$) calculado como a função variável de Gompertz (Gt) em função da idade (t), e (B) calculado a partir da taxa de crescimento relativo (R) em função do logaritmo natural (ℓ_n) do peso vivo.....77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Modelos não-lineares utilizados para curva de crescimento animal.....	21
--	----

CAPÍTULO I

Tabela 1. Modelos de regressão não linear com diferentes efeitos empregados na descrição do crescimento de galinha d'angola (<i>Numida meleagris</i>).....	48
---	----

Tabela 2. Estatística descritiva dos dados de crescimento para característica de peso vivo em galinha d'angola (<i>Numida meleagris</i>) de 1 até 120 dias de vida.....	52
--	----

Tabela 3. Critérios de seleção de modelo de regressão não linear com e sem efeito aleatório para característica de curva de crescimento de galinha d'angola (<i>Numida meleagris</i>).....	53
---	----

Tabela 4. Estimativas dos parâmetros fixos e aleatórios da curva de crescimento de galinhas d'angola (<i>Numida meleagris</i>) de acordo com o modelo de Gompertz.....	55
---	----

CAPÍTULO II

Tabela 1. Médias e erros-padrão dos registros individuais de pesos em machos e fêmeas de galinha-d'angola (<i>Numida meleagris</i>) em função à idade.....	72
---	----

Tabela 2. Parâmetros estimados pela curva de crescimento de Gompertz para galinhas-d'angola (<i>Numida meleagris</i>), com comparação entre sexos. A curva de crescimento padrão foi ajustada com os pesos dos machos, e a significância das diferenças em cada parâmetro foi avaliada para as fêmeas.....	74
---	----

CAPÍTULO III

Tabela 1. Balanceamento de proteína com mantendo a exigência de proteína bruta (BPPB)..	104
--	-----

Tabela 2. Balanceamento de proteína com redução da exigência de proteína bruta (BPLPB).	105
--	-----

Tabela 3. Desempenho de capotes de 17 a 28 dias submetidos as dietas com diferentes balanceamentos de proteína.....	106
--	-----

Tabela 4. Desempenho de capotes de 17 a 57 dias submetidos a duas dietas baseadas no	
---	--

balanceamento de proteína mantendo a exigência de proteína bruta (BPPB), e balanceamento de proteína com redução da exigência de proteína bruta (BPLPB).....	107
Tabela 5. Desempenho de capotes de 17 a 90 dias submetidos a duas dietas baseadas no Balanceamento de proteína mantendo a exigência de proteína bruta (BPPB), e balanceamento de proteína com redução da exigência de proteína bruta (BPLPB).....	108
Tabela 6. Rendimento de carcaça de capotes de 17 a 90 dias submetidos a duas dietas baseadas na proteína, mantendo a exigência de proteína bruta (BPPB), e balanceamento de proteína com redução da exigência de proteína bruta (BPLPB).....	109
Tabela 7. Qualidade de carne de capotes de 17 a 90 dias submetidos a duas dietas baseadas no balanceamento de proteína mantendo a exigência de proteína bruta (BPPB), e balanceamento de proteína com redução da exigência de proteína bruta (BPLPB).....	110
Tabela 8. Viabilidade econômica da criação de capotes de 17 a 90 dias submetidos a duas dietas baseadas no balanceamento de proteína mantendo a exigência de proteína bruta (BPPB) balanceamento de proteína com redução da exigência de proteína bruta (BPLPB).....	111
Tabela 9. Preços dos ingredientes utilizados no experimento.....	112
Tabela 10. Preços dos ingredientes utilizados no experimento.....	113

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	15
2. REFERENCIAL TEORICO.....	17
2.1 Importância da produção da galinha d'angola.....	17
2.2 Aspectos culturais da galinha d'angola.....	18
2.3 Crescimento animal.....	19
2.4 Modelos não-lineares.....	20
2.4.1 Modelo Brody.....	22
2.4.2 Modelo Gompertz.....	22
2.4.2.1 Gompertz modificado.....	23
2.4.3 Modelo Logístico II.....	24
2.4.4 Modelo Richards.....	24
2.4.5 Modelo Von Bertalanffy.....	25
2.5 Modelos não-lineares mistos.....	25
2.6 Proteína ideal.....	26
2.7 Desempenho galinha d'angola.....	27
2.8 Qualidade de carne.....	27
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
 CAPÍTULO I: Modelos não-lineares misto aplicados à curva de crescimento de galinhas-d'angola (<i>Numida meleagris</i>).....	 41
1. Introdução.....	45
2. Materiais e Métodos.....	46
2.1 Considerações Éticas.....	46
2.2 Localização, Animais, Descrição dos Dados e Manejo.....	47
2.3 Análise Estatística.....	47
3. Resultados.....	51
4. Discussão.....	59
5. Conclusão.....	62
6. Referências.....	62
 CAPÍTULO II: Modelagem do crescimento e descrição do potencial de desenvolvimento em machos e fêmeas de galinhas-d'angola (<i>Numida meleagris</i>).....	 65
1. Introdução.....	67

2. Materiais e Métodos.....	68
2.1 Considerações Éticas.....	68
2.2 Localização, Animais e Manejo.....	68
2.3 Sexagem dos Animais.....	68
2.4 Manejo das Aves.....	69
2.5 Coleta de Dados.....	69
2.6 Modelagem do Crescimento.....	70
2.7 Análise Estatística.....	71
3. Resultados.....	72
4. Discussão.....	78
5. Conclusão.....	85
6. Referências Bibliográficas.....	85

CAPÍTULO III: Efeito da proteína balanceada no desempenho, rendimento de carcaça e qualidade de carne de galinha-d'angola (*Numida meleagris*).....89

1. Introdução.....	91
2. Materiais e Métodos.....	92
2.1 Considerações Éticas.....	92
2.2 Localização, Animais, Descrição dos Dados e Manejo.....	92
2.3 Delineamento Experimental e Tratamentos.....	93
2.4 Variáveis Analisadas.....	94
2.5 Análises Estatísticas.....	96
3. Resultados e Discussão.....	96
3.1 Desempenho.....	96
3.2 Rendimento de Carcaça.....	97
3.3 Qualidade de Carne.....	98
3.4 Viabilidade Econômica da Criação de Capotes.....	98
5. Conclusão.....	99
6. Referências.....	99
7. Anexos.....	105

1. INTRODUÇÃO GERAL

A galinha-d'angola (*Numida meleagris*), também conhecida como capote ou pintada denominações que variam conforme o contexto regional e as tradições culturais, foi introduzida no Brasil durante o período da colonização portuguesa, inicialmente como ave de caça. No entanto, sua inserção em sistemas produtivos industriais na região Nordeste ocorreu apenas na década de 1980 (ALVES; SILVA, 2023).

As galinhas-d'angola requerem manejo simples e de baixo custo, adaptando-se facilmente a diferentes condições climáticas e podendo ser criadas com pouca infraestrutura. Uma de suas características comportamentais marcantes é o hábito gregário, com boa convivência entre si e com outras espécies avícolas. Além disso, destacam-se por sua contribuição significativa no controle biológico de pragas (TARGINO, 2015).

Atualmente, a África Ocidental, com destaque para Nigéria e Gana, é reconhecida como a principal região produtora de carne de galinha-d'angola no mundo, Nigéria Maior rebanho, produção voltada para carne e ovos, Gana com produção relevante, especialmente no Norte, fonte de renda e proteína, França produção industrializada, principalmente da variedade francesa para carne (ABDALLAH; OYEBAMIJI, 2024; ARAÚJO, et al., 2023; JOHNSON et al., 2021).

A viabilidade comercial da galinha-d'angola no continente sul-americano ainda não foi plenamente explorada. Em geral, a espécie é criada em sistemas de produção de baixa tecnologia, com pouco investimento em melhoramento genético e manejo técnico, o que limita seu desempenho produtivo e o aproveitamento de seu potencial econômico (ARAÚJO et al., 2023).

O melhoramento genético da galinha-d'angola tem avançado de forma modesta e lenta, principalmente devido às limitações nas pesquisas voltadas à espécie. Esse cenário compromete a evolução da produção, especialmente em aspectos fundamentais como nutrição, reprodução, qualidade da carne e dos ovos. Apesar do reconhecido potencial produtivo e das vantagens comparativas em relação ao frango, ainda não há um mercado formal consolidado para os produtos oriundos da galinha-d'angola, diferentemente do que se observa com os produtos derivados do frango (ABDUL-RAHMAN; ANGSONGNA; BABA et al., 2019).

Um dos principais desafios na produção da galinha-d'angola está relacionado à formulação de sua dieta, especialmente no que diz respeito às fontes de proteína. Essas aves demandam uma alimentação com maior teor proteico em comparação às galinhas domésticas. No entanto, na prática, são frequentemente alimentadas com rações formuladas para aves domésticas, além de resíduos orgânicos e larvas de insetos, o que pode comprometer seu

desempenho produtivo (NGUEFACK et al., 2023).

Além disso, o consumo de proteínas impacta diretamente os custos de produção, uma vez que os ingredientes proteicos estão entre os mais onerosos na formulação de rações. Paralelamente, a qualidade e a quantidade de proteína fornecida influenciam de forma significativa a saúde, o desenvolvimento e o desempenho produtivo das aves, tornando-se um fator crítico no manejo nutricional da galinha-d'angola (NGUEFACK et al., 2023).

Há uma carência significativa de informações científicas sobre o crescimento, os índices morfológicos (relacionados à forma e às proporções corporais), bem como os índices zootécnicos como ganho de peso diário (GPD), conversão alimentar (CA), rendimento de carcaça (RC), gordura abdominal (GA), entre outros da galinha-d'angola.

Esse cenário limita o avanço de estratégias voltadas ao melhoramento genético, nutricional e ao manejo eficiente da espécie. Para que a galinha-d'angola ganhe relevância na produção animal em larga escala, torna-se essencial o aprimoramento de suas características produtivas, de modo a torná-la mais competitiva frente a outras aves já consolidadas no mercado (DUDUSOLA et al., 2021).

Conforme apontado por Eleroğlu et al. (2014); Afroouziyeh et al. (2021); Mata-Estrada et al. (2020); Teleken et al. (2017), os estudos envolvendo a galinha-d'angola devem iniciar pela determinação dos parâmetros da curva de crescimento. Essa abordagem é fundamental para descrever o potencial genético de crescimento da espécie, estimar com maior precisão as exigências nutricionais em diferentes faixas etárias, otimizar a eficiência zootécnica e, ainda, determinar a idade ideal para o abate com base em critérios biológicos e econômicos.

Objetivo deste estudo é modelar a curva de crescimento de galinhas-d'angola por meio de modelos não-lineares mistos, caracterizar o crescimento de machos e fêmeas e estimar os níveis adequados de balanço de proteína na dieta para otimizar o desempenho dessas aves.

A dissertação foi estruturada conforme as normas para elaboração de qualificações, dissertações e teses do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia Tropical da UFPI de acordo com a seguinte organização: INTRODUÇÃO GERAL; REFERENCIAL TEÓRICO (em que consta a descrição da proposta geral do trabalho e tópicos de grande relevância ao tema da pesquisa; elaborada de acordo com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT); REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS; CAPÍTULO I: Modelos não-lineares misto aplicados a curva de crescimento de galinha-d'angola (*Numida meleagris*), elaborado de acordo com as normas da *Revista Brasileira de Zootecnia*; CAPÍTULO II: Modelagem do crescimento e descrição do potencial de desenvolvimento em machos e fêmeas de galinhas-d'angola (*Numida meleagris*), elaborado de acordo com as normas da *Revista Scientia Agricola*;

CAPÍTULO III: Efeito da proteína balanceada no desempenho, rendimento de carcaça e qualidade de carne de Galinha-d'angola (*Numida meleagris*), elaborado de acordo com as normas da *Revista Poultry Science*; e CONSIDERAÇÕES FINAIS.

2. REFERENCIAL TEORICO

2.1 Importância da produção da galinha d'angola

A produção de galinha-d'angola é muito importante para alguns países sob uma perspectiva socioeconômica e nutricional (KOUASSI et al., 2019). Sua criação e produção se espalharam rapidamente pelo mundo (YILDIRIM, 2012), principalmente no que diz respeito ao interesse em sua carne e ovos, por ser uma ave de dupla aptidão (RAYAN; MANSOUR; FATHI et al., 2022).

Sua importância na produção vai além da carne e ovos, e sua participação no controle biológico tem se destacado bastante nos últimos anos. Steinhaus et al. (2023) destacam que essas aves atuam auxiliando no equilíbrio ambiental através do consumo de insetos, formigas, carrapatos e pragas, além do controle biológico das cigarrinhas nas pastagens com Tifton-85 (*Cynodon dactylon*).

Mediante isso, as oportunidades alternativas e empreendedoras que a avicultura oferece têm impulsionado a presença de diversas espécies de aves voltadas para a produção industrial entre elas, destaca-se cada vez mais a galinha-d'angola (CANO, 2008). Sua adaptação a diferentes condições ambientais, sua resistência a doenças e o baixo custo de produção são fatores que contribuem para seu crescimento no mercado (NAHASHON et al., 2006 a; b). Além disso, a crescente demanda por produtos diferenciados e sustentáveis tem tornado a galinha-d'angola uma excelente opção tanto para pequenos quanto para grandes produtores. Com seu valor nutricional, sabor característico e versatilidade, a galinha-d'angola se consolida como uma alternativa viável e promissora na diversificação da produção avícola (TARGINO et al., 2015).

As maiores vantagens na produção da galinha-d'angola são o baixo custo de produção, que não exige uma estrutura complexa de criação, e sua maior resistência a doenças em comparação aos frangos. Além disso, ela se adapta facilmente a condições climáticas muito diferentes, tornando sua produção mais simples, mas com um retorno significativo (ALKAN; DURMUŞ, 2015).

A produção da galinha-d'angola se destaca como uma atividade sustentável e rentável, que pode beneficiar tanto pequenos quanto grandes produtores, além de contribuir para o meio ambiente. (TRAORE et al., 2020). Sendo uma ave de múltiplas aplicações, ela se torna uma

excelente escolha para diversificação na avicultura, contribuindo para o desenvolvimento econômico, cultural e ecológico em todas as regiões do mundo onde é produzida.

2.2 Aspectos culturais da galinha d'angola

A galinha-d'angola tem sua origem na Costa da Guiné, localizada na África. Atualmente, elas são encontradas principalmente na Ásia e na América Latina, geralmente em condições semi-domésticas. Já na Europa, nos Estados Unidos e na Austrália, são criadas em larga escala para produção comercial (PINTO, 2018).

Há três espécies de galinha-d'angola semi-domésticas: branca, cinza com manchas brancas e roxo-claro (FABICHAK, 1997). Cada uma delas possui características independentes. A mais comum no estado do Piauí é a cinza com manchas brancas, cuja beleza é notável e protuberante, pois possui penas e plumagem cinzas com pequenas bolinhas brancas espalhadas por todo o seu corpo.

Desempenha um papel nutricional, socioeconômico e cultural muito importante devido ao seu curto ciclo de produção, à ausência de proibições religiosas no seu consumo e ao seu custo acessível (TRAORE et al., 2020). A carne dessa ave era consumida não só pelas tribos da África, mas também as suas penas eram utilizadas em rituais religiosos. No Brasil, a ave é utilizada em religiões e seitas afro-brasileiras, como a umbanda (TARGINO, 2015).

Em termos culturais, o nome e a forma de criar a galinha-d'angola podem variar bastante de acordo com a região, refletindo as particularidades locais e as influências históricas e sociais. Neste contexto, são conhecidas mundialmente por diversos nomes, como: cocar, angolista, galinha-d'angola, guiné, capote, galinhola, tô-fraco, galinha-d'água, galinha-d'índia, galinha-do-mato, cocá, angolinha. Cada região nomeia essas aves de acordo com as tradições locais (ALVES; SILVA, 2023).

No Estado do Piauí, o termo utilizado em toda a região para se referir a elas é "capote". Isso demonstra que a galinha-d'angola possui atualmente uma distribuição global e é considerada uma fonte significativa de proteína, com grande importância comercial e cultural, tanto pela carne quanto pelos ovos. Sua produção é uma prática comum em diversas partes do Brasil, especialmente no Nordeste, onde a ave tem uma presença marcante nas tradições culinárias locais. Além disso, a galinha-d'angola tem se destacado pelo seu sabor característico e versatilidade na gastronomia, sendo uma opção nutritiva e valorizada no mercado (NAHASHON et al., 2006 a; b).

A galinha-d'angola também é produzida no Brasil, sendo a região Nordeste uma das maiores produtoras da espécie no país. Essa ave faz parte do patrimônio cultural local, e seu

sabor único e característico faz do capote um alimento apreciado pela população, além de ser um dos pratos típicos mais famosos e reconhecidos por diversos restaurantes da região. Sua presença nas festividades e no cotidiano gastronômico da região fortalece ainda mais seu valor cultural e social, refletindo a importância dessa espécie na culinária nordestina e no desenvolvimento econômico local (ARAÚJO et al., 2023).

Portanto, a galinha-d'angola no Brasil não é apenas um produto agrícola, mas também um elemento cultural e histórico, com grande valor nas tradições culinárias e na agropecuária nacional. Sua presença nas festas tradicionais, sua importância nas dietas regionais e o seu papel nas práticas religiosas fazem dela uma ave que vai além da produção de carne e ovos, refletindo a rica diversidade cultural do país (ALVES; SILVA, 2023). Além disso, sua criação contribui para a sustentabilidade econômica e ambiental, oferecendo uma alternativa viável para pequenos e médios produtores no Brasil.

2.3 Crescimento animal

O crescimento animal resulta da interação de inúmeros fatores, como herança genética, diferenças entre sexos, qualidade da dieta, ação hormonal, condições ambientais e estado de saúde. Esse processo se desenvolve ao longo do tempo e, de modo geral, pode ser expresso por uma curva sigmoide, que evidencia as distintas etapas de desenvolvimento do organismo (DEMUNER, 2016).

A maioria dos animais apresenta padrões de crescimento muito semelhantes, variando apenas em termos do tempo que leva para atingir o peso adulto. O crescimento animal pode ser avaliado por diferentes métodos, como medições de comprimento, largura, circunferência e peso. Entre esses parâmetros, o peso vivo destaca-se como o mais utilizado e relevante, tanto pela facilidade de mensuração quanto pela sua importância econômica na comercialização de animais destinados ao abate (MOLONEY; MCGEE, 2023).

A curva de crescimento animal é dividida em três fases: ascendente, estabilização e descendente. No caso das aves, a fase ascendente corresponde ao período logo após a eclosão, no qual o ganho de peso é elevado em razão da intensa deposição de proteínas e do desenvolvimento dos tecidos musculares.

A fase de estabilização ocorre quando a ave se aproxima da maturidade, momento em que o ritmo de crescimento diminui progressivamente. Já a fase descendente representa o ponto em que o crescimento do peso corporal praticamente se estabiliza, indicando que o animal atingiu o peso adulto (DE CARVALHO et al., 2021).

O entendimento do crescimento permite a implementação de estratégias de manejo

direcionadas à otimização da produção de carne, considerando as exigências nutricionais específicas de cada estágio de desenvolvimento. Além disso, esse conhecimento possibilita estimar a idade ideal de abate, associada ao ponto de máxima taxa de crescimento (THOLON; QUEIROZ, 2009).

2.4 Modelos não-lineares

Os modelos estatísticos que melhor descrevem as curvas de crescimento, de um modo geral, são os modelos de regressão não-linear, o processo de estimação dos parâmetros pode ser obtido pela minimização da soma de quadrados dos erros (PRADO; SAVIAN; MUNIZ et al., 2013).

Analisar modelos não-lineares permite uma grande sintetização das informações contidas nos dados (conjunto de dados), resumindo-as em poucos parâmetros com interpretações práticas (FERNANDES et al., 2014).

Estudos realizados com galinhas naturalizadas demonstram a importância da escolha adequada do modelo matemático para descrever a curva de crescimento. Ibiapina Neto et al., (2020) afirma que os modelos Logístico e de Gompertz são os mais indicados para representar o crescimento de galinhas naturalizadas.

Em outra pesquisa, com frangos da raça Canela-preta, verificou-se que o modelo de Richards apresentou melhor ajuste para a curva de crescimento (MACHADO et al., 2023).

Já ao descrever o crescimento de quatro linhagens de frangos caipiras e compará-las entre si, Moraes et al., (2015) observaram que o modelo Quadrático Logarítmico proporcionou melhor ajuste para as linhagens Pesadão, Carijó e Mista, enquanto, para a linhagem Pescoço Pelado, o modelo Polinomial Inverso foi o mais adequado.

Então é extrema importância conhecer o crescimento dos animais através modelos que ajuda descrever os fenômenos biológicos dentro da produção animal, vem se destacando nos últimos anos diversos pesquisadores têm trabalhado com modelos não-lineares para o estudo de curva de crescimento seja ele animal ou vegetal, onde os modelos não-lineares mais utilizados são: Brody Gompertz, Logístico II, Richards e Von Bertalanffy, para descrição de curva de crescimento, demonstrado modelos e equação na Tabela 1.

Tabela 1. Modelos não-lineares utilizados para representar a curva de crescimento animal

MODELO	EQUAÇÃO	AUTOR
Brody	$y_i = A(1 - Be^{-kt}) + e_i$	BRODY (1945)
Gompertz	$y_i = Ae^{(-e^{-B(kt)})} + e_i$	LAIRD (1965)
Gompertz modificado	$P = P_m e^{-e^{-b(t-t^*)}} + e_i$	EMMANS (1988; 2022)
Logístico II	$y_i = A(1 + Be^{-kt})^{-m} + e_i$	OLIVER (1964)
Richards	$y_i = \frac{A}{(1 + e^{-B(kt)})^{\frac{1}{m}}} + e_i$	RICHARDS (1959)
Von Bertalanffy	$y_i = A(1 - Be^{-kt})^3 + e_i$	VON BERTALANFFY (1957)

Fonte: adaptado de RESENDE, 2025.

em que:

y_i : peso corporal observado i ($i = 1, 2, \dots, N$; sendo N o número de animais) em gramas, à idade t ;

t : tempo (idade em dia) de cada observação;

A : peso assintótico (ou peso adulto) quando t tende a mais infinito (sendo n o número de medidas por animal, e N o número de animais), ou seja, este parâmetro é interpretado como peso à idade adulta;

B : constante de integração, relacionada ao peso inicial do animal e sem interpretação prática e/ou biológica bem definida, ou seja, o valor de B é estabelecido pelos valores iniciais y_i e t ;

k : taxa de maturação (ou velocidade de crescimento), que deve ser entendida como a mudança de peso em relação ao peso à maturidade, ou seja, como indicador da velocidade com que o animal se aproxima do seu tamanho adulto;

m : parâmetro que dá forma à curva, ou seja, sua fixação determina a forma da curva e, consequentemente, o ponto de inflexão; e os demais modelos, ou apresentam o ponto de inflexão fixo, ou não o possuem, como é o caso do modelo Brody;

e_i : erro associado a cada observação, onde $e \sim N(0, I\sigma^2)$;

P_m : peso assintótico na maturidade;

b : taxa de crescimento (em d^{-1}); e

t^* : ponto de inflexão (ou idade a máxima taxa de crescimento).

A seguir segue a descrição, função e particularidades de cada modelo não-linear para curva de crescimento, destacado na Tabela 1.

2.4.1 Modelo Brody

O modelo proposto por Brody sofreu alterações em (1945), modificado para ajustar dados de crescimento de animais, onde em que y_t é o peso do animal (kg) no tempo t ; A o valor assintótico de y ; b o parâmetro de conformidade da curva até o pico; c a variação na velocidade relativa com que o animal cresce; d descreve em que proporção do peso final ocorre o ponto de inflexão da curva.

Quanto maior o valor de b , menor o tempo em que o animal atingiu o peso adulto e, conseqüentemente, maior a velocidade de crescimento. (SAVEGNAGO, 2010).

Em um estudo que avaliou o crescimento de codornas, o modelo de Brody foi utilizado para descrever o crescimento de órgãos como o intestino e foi o modelo que melhor se ajustou para o parâmetro avaliado (GRIESER et al., 2017).

Outro estudo que avaliou o crescimento de patos da raça Rambon utilizou o modelo de Brody com outros modelos não-lineares. Os resultados indicaram que o modelo de Brody teve um bom ajuste para o crescimento das aves (ANANG, et al., 2017).

Embora o modelo de Brody tenha sido utilizado em diversos estudos avícolas, ele apresenta limitações significativas, especialmente em aves de corte, como frangos e codornas. Em muitas situações, o modelo não apresentou convergência, não consegue descrever adequadamente as fases iniciais de crescimento rápido dessas aves, superestimando ou subestimando o peso corporal em determinados períodos (KARADAVUT et al., 2017; ŞENGÜL et al., 2024).

2.4.2 Modelo Gompertz

O modelo de Gompertz é utilizado para descrever curvas de crescimento sigmóides. Proposto originalmente por Benjamin Gompertz, em 1825, para analisar taxas de mortalidade humana, esse modelo ganhou ampla aplicação em diferentes áreas do conhecimento, como biologia, zootecnia e agronomia.

Embora tenha surgido no contexto da dinâmica populacional, sua formulação também se mostrou adequada para o estudo de processos de crescimento em animais (MÁXIMO, 2023). Os parâmetros do modelo de Gompertz possuem significado biológico, permitindo a obtenção de informações relevantes sobre o padrão de crescimento do indivíduo. Em geral, os parâmetros para modelos que relacionam peso e tempo são interpretados como: α e o peso assintótico

quando o tempo $x \rightarrow \infty$, considerado o peso a idade adulta; γ' é a abcissa do ponto de inflexão, onde a taxa de crescimento é máxima; κ é a taxa de crescimento, a mudança de peso em relação ao peso a maturidade (NETO, 2013).

Este modelo apresenta a característica próprias, ponto de inflexão, localizado em aproximadamente 37% do valor assintótico, o que indica um crescimento acelerado nas fases iniciais seguido de desaceleração antecipada em comparação a outros modelos (TAVONI et al., 2017).

Segundo Brusamarelo et al. (2020) os achados de pesquisas indicaram que, na avicultura, o modelo de Gompertz tem sido o mais utilizado.

Pesquisas com diferentes genótipos de codornas de corte permitiram prever a taxa de crescimento e o peso à idade adulta modelo Gompertz indica seu melhor ajuste para os grupos genéticos de codornas (MOTA et al., 2015). Ao avaliar crescimento de poedeiras leves observaram que modelo de Gompertz apresentou os melhores ajustes para as médias dos parâmetros (OLIVEIRA et al., 2018).

O modelo de Gompertz vem sendo utilizado há anos por diversas áreas, ajudando a determinar o crescimento e o comportamento das aves. Ele é, por sua vez, o mais utilizado para representar o padrão de crescimento das aves.

Por meio de seus parâmetros, obtêm-se as médias das estimativas de massa assintótica, taxa de crescimento e idade (dias, semanas) para o máximo crescimento, fornecendo previsões e informações sobre o crescimento das aves (AFROUZIYEH et al., 2021). Ajudando produtores a otimizar a alimentação, o manejo e a saúde das aves para melhorar os resultados produtivos.

2.4.2.1 Modelo de Gompertz modificado

Emmans (1988, 2022) propôs uma reformulação do modelo de Gompertz para descrever o crescimento de suínos, adaptando a função original para estimar a taxa potencial de deposição de proteína. O objetivo de Emmans era criar um modelo que representasse o crescimento potencial em condições ideais, levando em conta que o crescimento relativo diminui à medida que o animal se aproxima do peso máximo.

Estimar peso ao longo do tempo em aves, suínos e outros animais, avaliar eficiência de crescimento sob diferentes dietas ou condições ambientais, ajustar curvas de crescimento para planejamento zootécnico (produção, alimentação, seleção genética).

Nesse sentido, Emmans (1988) descreve uma tendência sigmoidal para o acréscimo de proteínas ao longo do tempo, semelhante à observada para o peso corporal e em que o ponto de inflexão ocorre em um período precoce de maturidade (36,8% do peso adulto). Isso permite que

a taxa de acréscimo de proteínas seja mais lenta na fase descendente em comparação com a fase ascendente (CASAS et al., 2010). E o diferencial em relação ao Gompertz clássico é que a grande inovação de Emmans (1988) é que ele relaciona diretamente a taxa de crescimento relativa ao logaritmo do peso atual, permitindo então Ajuste mais preciso a dados experimentais, estimativa mais realista do crescimento em condições ideais.

Emmans (2022) realizou estudos a função de Gompertz modificada para descrever o potencial de crescimento pós-eclosão de aves domésticas, como frangos de corte, sua equação estar destacada na Tabela 1.

Por sua vez ele chegou a uma principal conclusão foi que, sob condições ideais de manejo e nutrição, o crescimento das aves segue um padrão que pode ser bem descrito pela função de Gompertz modificada.

2.4.3 Modelo Logístico II

O modelo logístico foi originalmente proposto por Pierre François Verhulst, matemático belga, em 1838, com o objetivo de descrever o crescimento populacional humano sob a influência de limites ambientais, partindo do pressuposto de que uma população não cresce de forma indefinida, mas tende a se estabilizar em um tamanho máximo sustentável. Posteriormente, a contribuição de Oliver (1964) aprimorou essa abordagem, tornando-a mais aplicável em diferentes contextos biológicos, se caracteriza por apresentar curva sigmoide e quase simétrica em relação ao PI.

No âmbito zootécnico, diversos estudos têm confirmado a eficiência desse modelo para descrever o crescimento de aves. Ao avaliar o crescimento de codornas de corte, Drumond et al. (2013) e Dudusola et al. (2019) verificaram que o modelo logístico apresentou melhor ajuste para machos. De forma semelhante, ao estudar a curva de crescimento de frangos de corte da linhagem COBB 700, Silva (2024) identificou que o modelo logístico foi o que apresentou melhor desempenho de ajuste.

2.4.4 Modelo Richards

O modelo de Richards foi proposto originalmente por F. J. Richards em 1959 como uma forma flexível de modelar crescimento biológico, permitindo assimetria na curva, diferentemente do logístico clássico.

A importância desse modelo está no ponto de inflexão dependente do parâmetro m , que deve ser estimado para cada análise para que possa ser feita uma melhor interpretação biológica, assim a sumindo no ponto de inflexão da equação de Richard é igual $1(m=1)$ (IBARRA et al.,

2017).

2.4.5 Modelo Von Bertalanffy

O modelo de Von Bertalanffy é uma formulação matemática proposta pelo biólogo austríaco Karl Ludwig Von Bertalanffy (1901-1972), amplamente empregada para descrever o crescimento de diferentes espécies animais. Esse modelo considera que a taxa instantânea de variação do peso é proporcional à área corporal do animal, mas sofre a influência de um fator limitante: à medida que o peso aumenta, a própria massa corporal passa a reduzir a velocidade de crescimento (FRANCO; DE LIMA, 2022).

Diversos estudos confirmam a eficiência desse modelo. Em frangos caipiras, o modelo de Von Bertalanffy foi o que apresentou melhor ajuste para representar o crescimento (VELOSO et al., 2015). De modo semelhante, também foi o mais adequado para descrever a curva de crescimento de perus locais (CARATACHEA et al., 2019). Além disso, sua aplicabilidade foi igualmente comprovada para frangos coloniais, reforçando sua consistência como ferramenta de modelagem biológica (DE OLIVEIRA et al., 2019).

2.5 Modelos não-lineares misto

A inclusão de efeitos aleatórios nos modelos tradicionais de crescimento (modelos mistos) permite capturar a variabilidade entre indivíduos, melhorando o ajuste e a precisão das previsões de peso corporal em diferentes idades. Estudos mostram que modelos mistos não lineares reduzem significativamente a variância residual em relação aos modelos apenas com efeitos fixos, além de apresentarem maior correlação entre valores observados e preditos (AGGREY, 2009). Portanto, permite a inclusão de covariáveis podendo envolver efeitos fixos e aleatórios nos parâmetros do modelo.

Os efeitos aleatórios estão relacionados aos parâmetros do modelo. À medida que o número de parâmetros aumenta, cresce também a capacidade de capturar a variabilidade individual no modelo. O conjunto desses parâmetros pode diferir entre os indivíduos e é incluído no modelo da seguinte maneira:

$$\beta_i = A_i\beta + B_i b_i, b_i \sim N(0, \sigma^2_D)$$

Neste modelo, β representa os efeitos fixos, enquanto B_i são os efeitos aleatórios específicos de cada indivíduo, distribuídos normalmente com média zero e matriz de covariância σ^2_D . As matrizes A_i e B_i estabelecem como os efeitos fixos e aleatórios se relacionam

a cada indivíduo.

Wang; Znidhof (2004) ao estudarem a curva de crescimento de frangos de corte, verificaram que a inclusão do efeito aleatório no modelo estatístico permitiu capturar variações individuais entre os animais, resultando em uma redução de 55% na variância do erro.

Isso evidencia que considerar efeitos aleatórios melhora a precisão da modelagem do crescimento, ao levar em conta a variabilidade não explicada pelos efeitos fixos. Vicente et al. (2020), em seu estudo com galinhas naturalizadas utilizando modelos mistos, observaram que este procedimento proporcionou o melhor ajuste da curva de crescimento da espécie.

2.6 Proteína Ideal

O conceito de proteína ideal foi inicialmente proposto por Mitchell (1964), sendo definido como uma mistura de aminoácidos ou de proteínas cuja composição atende de forma equilibrada às necessidades dos animais para os processos de manutenção e crescimento.

Parsons; Baker (1994) ampliaram essa definição, descrevendo a proteína ideal como uma combinação de aminoácidos ou proteínas com plena digestibilidade e aproveitamento metabólico, capaz de suprir as exigências absolutas de todos os aminoácidos, sem provocar excessos ou deficiências.

Dessa forma, garante-se a manutenção das funções vitais e a produção das aves, favorecendo a deposição proteica com máxima eficiência. Já Penz (1996) destacou que, para ser considerada ideal, a proteína ou sua combinação não deve conter aminoácidos em excesso, devendo estes estar presentes na dieta exatamente nos níveis requeridos para a manutenção e a máxima deposição proteica.

O conceito de proteína ideal baseia-se na escolha de um aminoácido de referência, a partir do qual as exigências dos demais são estabelecidas em proporção. De acordo com Pack (1996), a lisina é geralmente adotada como esse aminoácido de referência, embora, em dietas para frangos de corte, ela represente o segundo aminoácido limitante após a metionina. Essa escolha se deve ao fato de que a determinação da lisina é mais simples em comparação à da metionina e da cistina, além de a lisina estar diretamente relacionada à síntese proteica, sendo utilizada quase que exclusivamente para esse fim.

O emprego do conceito de proteína ideal tornou-se viável graças à disponibilidade comercial dos principais aminoácidos limitantes lisina, metionina, treonina, triptofano e valina que, a cada ano, apresentam maior competitividade em relação ao custo dos aminoácidos naturalmente presentes nos alimentos (PESSÔA et al., 2012). Além disso, há ampla base de pesquisas e informações sobre as exigências de lisina em aves, considerando diferentes dietas,

condições ambientais e variações na composição corporal.

Os melhores ganhos de peso em frangos de corte de 1 a 21 dias foram obtidos com dietas contendo farinha de vísceras de aves formuladas com base no conceito de proteína ideal (CANCHERINI et al., 2005). Em atualização desse conceito, Campos et al. (2012) verificaram que o aumento das relações isoleucina:lisina e valina:lisina proporciona melhor desempenho das aves no período de 7 a 21 dias de idade. Para frangos de corte entre 28 e 40 dias, os autores recomendaram as seguintes proporções ideais: isoleucina:lisina de 69%, valina:lisina de 76% e triptofano:lisina de 18%.

Complementando esses achados, Ferreira et al. (2015) relataram que, quando a relação ideal entre aminoácidos e lisina é atendida, é possível reduzir os níveis de proteína bruta (PB) das rações de frangos de corte do tipo caipira para 15,5% na fase de crescimento e 15,0% na fase final, sem comprometer o desempenho produtivo.

2.7 Desempenho Galinha D'angola

A galinha-d'angola (*Numida meleagris*) é uma ave de importância crescente na avicultura familiar e comercial, principalmente em sistemas extensivos e semi-intensivos, devido à sua rusticidade, resistência a doenças e valor nutricional elevado de sua carne. As galinhas-d'angola possuem crescimento mais lento em comparação a frangos de corte, com maior tempo necessário para atingir peso de abate (geralmente entre 16 e 24 semanas).

Estudos sobre o desempenho produtivo desta espécie têm destacado aspectos relacionados ao crescimento, consumo de ração, conversão alimentar e produção reprodutiva. é que são influenciados pela dieta, principalmente pela concentração de proteína e aminoácidos essenciais.

Segundo Hounkpêvi et al. (2024), o melhor desempenho de galinhas-d'angola machos, no período de 12 a 26 semanas de idade, foi obtido com dietas contendo 19% de proteína bruta. Em outro estudo, Alabi et al. (2023) relataram que as galinhas-d'angola (*Numida meleagris*) apresentaram melhora no crescimento e nos atributos de carcaça quando submetidas a dietas com níveis adequados de proteína. De forma semelhante, Okyere et al. (2020) observaram que aves alimentadas com dietas contendo 22% de proteína alcançaram maior peso corporal, maior ganho de peso e início da postura mais precoce.

2.8 Qualidade de carne

A qualidade da carne de galinha d'angola (ou galinha caipira/raça autóctone) é influenciada por fatores genéticos, ambientais e de manejo, além de características intrínsecas

como composição de gordura, textura e sabor. Pesquisas recentes destacam a importância de variáveis como idade de abate, alimentação, perfil de ácidos graxos e métodos de conservação para garantir carne de alta qualidade e valor agregado (BATKOWSKA et al.,2021).

De acordo com Yildirim et al. (2020), a suplementação com orégano não apresentou efeitos significativos sobre a qualidade da carne de galinhas-d'angola, não havendo alterações nos parâmetros de cor (L^* , a^* , b^* e H^*), nas características físicas ou na composição química, mantendo, assim, a integridade da carne para o consumo.

Além disso, a inclusão de tremoço descascado micronizado como fonte de proteína na dieta de galinhas-d'angola pode melhorar as características qualitativas da carcaça e o perfil lipídico da carne (TUFARELLI et al., 2017).

Estudos indicam que o músculo peitoral das aves alimentadas com fava apresentou maior valor de L^* e maior capacidade de retenção de água (TUFARELLI et al., 2015). Por sua vez, a alimentação com ervilhas aumentou a concentração de ácidos graxos poli-insaturados nos músculos do peito e da coxa, ao mesmo tempo em que reduziu a concentração de ácidos graxos saturados (LAUDADIO et al., 2012)

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDUL-RAHMAN, I.I.; ANGSONGNA, C.; BABA, H. Guinea fowl (*Numida meleagris*) value chain: Preferences and constraints of consumers. **African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development**, v.19, n.2, p.14393-14414, 2019. <https://doi.org/10.18697/ajfand.85.17335>.

ABDALLAH, N.; OYEBAMIJI, O.A. Guinea fowl production in Africa: economic importance and constraints. **Egyptian Journal of Veterinary Sciences**, p.1-15, 2024.

ABPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório anual 2024: setor de frango de corte**. São Paulo: ABPA, 2024. Disponível em: https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2024/04/ABPA-Relatorio-Anual-2024_capa_frango.pdf. Acesso em: 12 abr. 2025.

ABPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório anual 2023: setor de frango de corte**. São Paulo: ABPA, 2023. Disponível em: <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2023/04/Relatorio-Anual-2023.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2025.

AFROUZIYEH, M.; KWAKKEL, R.P.; ZUIDHOF, M.J. improving a nonlinear Gompertz

growth model using bird-specific random coefficients in two heritage chicken lines. **Poultry Science**, v.100, n.5, p.101059, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101059>.

AGGREY, S.E. Logistic nonlinear mixed effects model for estimating growth parameters. **Poultry Science**, v.88, n.2, p.276-280, 2009.

ALABI, O.O. et al. Growth performance and carcass traits of indigenous Nigerian guinea fowl fed on different dietary protein levels. **Journal of Advanced Veterinary and Animal Research**, v.10, n.3, p.403, 2023.

ALKAN, S.; DURMUŞ, İ. Alternative poultry breeding guinea fowl breeding. **Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology**, v.3, n.10, p.806-810, 2015. Disponível em: <https://agrifoodscience.com/index.php/TURJAF/article/view/486>. Acesso em: 09 abr. 2025.

ALVES, T.K.F.; SILVA, G.A. A galinha-d'angola no contexto etnodialetal do Tocantins: cocar ou angolista? **Muiraquitã: Revista de Letras e Humanidades**, v.11, n.1, 2023. DOI: 10.29327/210932.11.1-19.

ANANG, A. et al. Mathematical models of growth and feed intake in Rambon ducks. **International Journal of Poultry Science**, v.16, n.11, p.457-461, 2017.

ARAÚJO, I.C.S. et al. Guinea fowl production in the world. **World's Poultry Science Journal**, v.79, n.2, p.379-390, 2023. <https://doi.org/10.1080/00439339.2023.2189205>.

ARAÚJO, J.C.; MÁRQUEZ, R.M.G. Modelos de Von Bertalanffy e Gompertz para descrever os parâmetros de tamanho e peso médio de tilápias. **Cadernos do IME - Série Matemática**, v.16, p.9, 2008. Disponível em: <https://x.gd/ovnbg>. Acesso em: 12 abr. 2025.

BAIMBILL-JOHNSON, N.; ANAMAN, K.A.; AMEGASHIE, D. Evaluation of the resource efficiency of guinea fowl production in the Savelegu-Nanton district of the northern region of Ghana. **Journal of Development and Agricultural Economics**, v. 13, n. 2, p. 142-155, 2021.

BASTOS, Nathalia Schneider; DE FREITAS, Edmilson Santos. Fatores que influenciam no

rendimento da carcaça em frangos de corte. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária**, v. 2, n. 1, p. 63–72, 2019.

BATKOWSKA, J. et al. Desempenho de crescimento e qualidade da carne de galinhas-d'angola alimentadas com diferentes dietas comerciais. **Arquivos Criação de Animais**, v.64, n.2, p.325-334, 2021.

BIFFANI, Stefano et al. Environmental and genetic effects influencing the ponderal development up to weaning time of Nellore animals raised in the Northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, p. 693-700, 1999.

BRODY, S. **Bioenergetics and growth: with special reference to the efficiency complex in domestic animals**. [s.l.] Hafner, 1945. 1023p.

CAMPOS, A.M.A.; ROSTAGNO, H.S.; NOGUEIRA, E.T.; ALBINO, L.F.T.; PEREIRA, J.P.L.; MAIA, R.C. Atualização da proteína ideal para frangos de corte: arginina, isoleucina, valina e triptofano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.2, p.326-332, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000200014>

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Perspectivas para a agropecuária: ano de 2025**. Brasília, 2025. Disponível em: <https://x.gd/SAqg7>. Acesso em: 12 abr. 2025.

CANCHERINI, L.C. et al. Utilização de subprodutos de origem animal em dietas formuladas com base em proteína bruta e proteína ideal para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p.529-534, 2005.

CARNEIRO, A.P.S. et al. Aplicação do modelo Michaelis-Menten Modificado na análise de curva de crescimento de bovinos da raça Tabapuã. **Revista da Estatística da Universidade Federal de Ouro Preto**, v.2, p.83, 2012.

CASAS, G.A.; RODRÍGUEZ, D.; AFANADOR-TÉLLEZ, G. Propriedades matemáticas do modelo de Gompertz e sua aplicação ao crescimento de suínos. **Revista Colombiana de Ciências Pecuárias**, v.23, n.3, p.349-358, 2010.

DE CARVALHO, A.A. et al. Crescimento corporal, particularidades e importância econômica das galinhas caipiras: uma revisão. **Suinocultura e avicultura: do básico a zootecnia de precisão**, v.1, n.1, p.167-179, 2021.

DE OLIVEIRA, M.F.C.; MELLO, M.H.D.P.L. EQUAÇÃO DE VON BERTALANFFY APLICADA AO CRESCIMENTO DE FRANGO COLONIAL. **Cadernos Do IME - Série Matemática**, v.13, p.107-119, 2019. <https://doi.org/10.12957/cadmat.2019.47283>.

DEMUNER, L.F. **Ajustes de curvas de crescimento e deposição de nutrientes em linhagens de corte com análise econômica**. 141p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo. FAO. Superação da fome e da pobreza rural iniciativas brasileiras. 2016.

DRUMOND, E.S.C. et al. Curvas de crescimento para codornas de corte. **Ciência Rural**, v.43, n.10, p.1872-1877, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013001000023>.

DRUMOND, E.S.C. et al. Curvas de crescimento para codornas de corte. **Ciência Rural**, v.43, p.1872-1877, 2013.

DUDUSOLA, I.O.; BASHIRU, H.A.; ADEWUYI, A.A. Analysis of morphometric traits in heterogeneous population of adult guinea fowl (*Numida meleagris*). **Nigerian Journal of Animal Production**, v.48, n.2, p.6-17, 2021. <https://doi.org/10.51791/njap.v48i2.2925>.

DUDUSOLA, I.O.; OSENI, S.O.; ADEYEMI, E.A. Modeling the growth curve of Japanese quail under different nutritional environments. **Nigerian Journal of Animal Science**, v.21, n.2, p.53-58, 2019.

DZUNGWE, J.T.; GWAZA, D.S.; EGAHI, J.O. Phenotypic correlation between egg weight and egg linear measurements of the french broiler guinea fowl raised in the humid zone of Nigeria. **Curr Tre Biosta & Biometr**, v.104, p.22, 2018.

ELEROĞLU, H. et al. Comparison of growth curves by growth models in slow-growing chicken genotypes raised the organic system. **International Journal of Agriculture and**

Biology, v.16, n.3, p.529-535, 2014. Disponível em: <http://www.fspublishers.org>. Acesso em: 31 Oct. 2023.

EMMANS, G.C. Genetics: Components of potential and actual growth. In: Land RB Bulfield, G. and Hill WG, editors. **Animal Breeding Opportunities. British Society for Animal Production, Occasional Paper**, v.12; 1988. p153-181.

FABICHAK, I. **Criação de galinha d'angola**. 1 ed., v.1. Livraria Nobel S.A., 1997.

FERNANDES, A.A.T.; FIGUEIREDO FILHO, D.B.; ROCHA, E.C.; NASCIMENTO, W.S. Read this paper if you want to learn logistic regression. **Revista de Sociologia e Política**, v.8, n.74, p.1-20, 2020. <https://doi.org/10.1590/1678-987320287406en>.

FERNANDES, G.A. et al. Modelos não-lineares na descrição do crescimento ponderal de bovinos de corte. **PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia, Londrina**, v.7, p.1-24, 2014.

FERREIRA, C.B. et al. Níveis reduzidos de proteína na ração sobre desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de frangos de corte Label Rouge. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.16, n.1, p.82-92, 2015.

FRANCO, C.M.R.; LIMA, I.F. Aplicação do modelo de Von Bertalanffy na avicultura familiar. **Intermaths**, v.3, n.2, p.56-65, 2022. <https://doi.org/10.22481/intermaths.v3i2.11200>.

GARCIA, D.A.; GOMES, D.E. A avicultura brasileira e os avanços nutricionais. **Revista Científica Unilago**, [S.l.], v.1, n.1, 2019. Disponível em: <https://revistas.unilago.edu.br/index.php/revista-cientifica/article/view/167>. Acesso em: 17 abr. 2025.

GRIESER, D.O. et al. Comparison of the Quality Adjusting of Nonlinear Models for Organs, Carcass and Body Components in Meat-Type (*Coturnix Coturnix Coturnix*) and Laying-Type (*Coturnix Coturnix Japonica*) Quail. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.19, n.4, p.701-710, 2017.

HOUNKPÊVI, J.A. et al. Dietary protein levels during 12 to 26 week improve the growth

performance, bone quality, and testosterone in Pearl Gray male guinea fowl (*Numida meleagris*). **Poultry Science**, v. 103, n. 1, p. 103173, 2024.

IBARRA, J.T.U. et al. Tratamiento de modelo de Richards. **Acta Pesquera**, v.3, n.6, p.51-59, 2017.

IBIABINA NETO, V. Curva de crescimento de ecótipos de galinhas naturalizadas mantidos em rebanho de conservação no Piauí, Brasil. In book: **Estudos em Zootecnia e Ciência Animal**, v.2, 2020. p.107-121. <https://doi.org/10.22533/at.ed.12420240416>.

JUÁREZ-CARATACHEA, A. et al. Descrição da curva de crescimento de perus locais usando modelos não-lineares. **Revista MVZ Córdoba**, v.24, n.1, p.7104-7107, 2019.

KARADAVUT, U.; TASKIN, A.; GENC, S. Comparison of growth curve models in Japanese quail raised in cages enriched with different colored lights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.46, n.11, p.839-846, 2017.

KOUASSI, G.F. et al. Factors impacting guinea fowl (*Numida meleagris*) Production in ivory coast. **Journal of Applied Poultry Research**, v.28, n.4, p.1382-1388, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1056617119323049>. Acesso em: 6 abr. 2025.

LAIRD, A.K. Dynamics of relative growth. **Growth**, v.29, p.249-263, 1965.

LAUDADIO, V.; NAHASHON, S.N.; TUFARELLI, V. Growth performance and carcass characteristics of guinea fowl broilers fed micronized-dehulled pea (*Pisum sativum* L.) as a substitute for soybean meal. **Poultry Science**, v.91, n.11, p.2988-2996, 2012.

LOIBEL, S.; VAL, J.B.R.; ANDRADE, M.G. Comparação entre as abordagens bayesiana e clássica do problema de inferência com modelo de crescimento populacional de Richards. **Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação**, p.1-20, 2001.

LOPEZ, S. et al. A generalized Michaelis-Menten equation for the analysis of growth. **Journal of Animal Science**, v.78, p.1816-1828, 2000.

LÓPEZ, S.; FRANCE, J.; GERRITS, W.J.J.; DHANOA, M.S.; HUMPHRIES, D.J.;

DIJKSTRA, J. A generalized Michaelis–Menten equation for the analysis of growth. **Journal of Animal Science**, v.78, n.7, p.1816-1828, 2000. <https://doi.org/10.2527/2000.7871816x>

MACARI, M. et al. A cadeia avícola brasileira. In: **Produção de Frangos de Corte**, 2ed. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2014.

MANSANO, C.F.M. et al. Nonlinear models for morphometric analysis in Bullfrog Tadpoles. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.17, n.2, p.280-290, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbspa/a/dRKz5gQdbGtrxRHwFFJw8TK/?lang=en>. Acesso em: 6 abr. 2025.

MATA-ESTRADA, A. et al. Comparison of four nonlinear growth models in Creole chickens of Mexico. **Poultry Science**, v.99, n.4, p.1995–2000, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.11.031>.

MÁXIMO, K.A.M. Compreendendo o modelo de Gompertz e suas aplicações. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v.9, n.3, p.2134-2141, 2023. <https://doi.org/10.51891/rease.v9i3.9087>.

MELLO, M.H.D.P.L.; NUNES, C.D.A.P. Método de ford-walford aplicado ao modelo generalizado de Von Bertalanffy. **Cadernos Do IME - Série Matemática**, v.0, n.11, 2017. <https://doi.org/10.12957/cadmat.2017.30132>.

MELOUN, M.; MILITKÝ, J. **Statistické zpracování experimentálních dat**. Pardubice: Universita Pardubice, 1996. 308p.

MENCHETTI, Laura et al. Effect of genotype and nutritional and environmental challenges on growth curve dynamics of broiler chickens. **Poultry Science**, v.103, n.10, p.104095, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104095>.

MICHELL, HH. **Comparative nutrition of man and domestic animals**. New York: Academic Press, 1964.

MOLONEY, A.P.; MCGEE, M. **Fatores que influenciam o crescimento de animais de corte**

In: Ciência da Carne de Lawrie. Publicação: Woodhead, 2023. p.21-49.

MOTA, L.F.M. et al. Crescimento de codornas de diferentes grupos genéticos por meio de modelos não-lineares. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.5, p.1372-1380, 2015. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-7534>.

NAHASHON, S.N. et al. Growth characteristics of pearl gray guinea fowl as predicted by the Richards, Gompertz, and logistic models. **Poultry Science**, v.85, n.2, p.359-363, 2006a. <https://doi.org/10.1093/ps/85.2.359>.

NAHASHON, S.N. et al. Modeling growth characteristics of meat-type guinea fowl. **Poultry Science**, v.85, n.5, p.943-946, 2006b. <https://doi.org/10.1093/ps/85.5.943>.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL; SUBCOMMITTEE ON POULTRY NUTRITION. Nutrient requirements of poultry: 1994. National Academies Press, 1994.

NGUEFACK, G.D. et al. Effets du niveau de protéines de la ration sur les performances de croissances des pintades locales gris perlées (*Numida meleagris*) du Cameroun en phase démarrage (0-8 semaines). **International Journal of Biological and Chemical Sciences**, v.16, n.6, p.2715-2725, 2023. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v16i6.20>.

OKYERE, K. et al. Effects of graded dietary protein on growth and laying performance of pearl guinea fowl (*Numida meleagris*). **Journal of Applied Life Sciences International**, v.23, n.6, p.23-29, 2020.

OLIVER, F.R. Methods of estimating the logistic function. **Applied Statistics**, v.13, p57-66, 1964.

OLIVER, R. Methods of estimating the Logistic growth function. **Journal of the Royal Statistical Society**, v.13, n.2, p.57-66, 1964.

OLIVEIRA, C.F.S. et al. Mathematical models to describe the growth curves of white-egg layers. **Semina: Ciências Agrárias**, v.39, n.3, p.1327, 2018. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/30565>. Acesso em: 6 abr.

2025.

OLSHANSKY, S.J.; CARNES, B.A. Ever since Gompertz. **Demography**, v.34, n.1, p.1-15, 1997. <https://doi.org/10.2307/206165>.

PARSONS, C.M.; BAKER, D.H. The concept and usage of ideal proteins in the feeding of nonruminantes In: Simpósio Internacional de Produção de Não-Ruminantes. **Anais...**, 1994. Maringá, PR. Brasil. 119-128p.

PATRICIO, I. et al. Overview on the performance of Brazilian broilers (1990 to 2009). **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.14, n.4, p.233-238, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2012000400001>.

PEREIRA, D.F. et al. Modelos não-lineares para o crescimento de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.44, n.2, p.63-68, 2015. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902015000200001>

PENZ JÚNIOR, A.M. O uso do conceito de proteína ideal para monogástricos. In: Congresso Internacional de Zootecnia. **Anais...**, Porto Alegre, RS. Brasil. 1996. p.71-85.

PEREIRA, J.S. **Bibliometria e análise comparativa entre modelos de regressão não lineares para curvas crescimento em codornas de cortes**. 2022. 88f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia Tropical) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí, Teresina.

PESSÔA, G.B.S. et al. Novos conceitos em nutrição de aves. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, p. 755-774, 2012.

PINTO, P.O. **Galinha-d'angola: origem, características e sistema de criação**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária). Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2018. Disponível em: <https://x.gd/1lhBe>. Acesso em: 09 abr. 2025.

PRADO, T.K.L.; SAVIAN, T.V.; MUNIZ, J.A. Ajuste dos modelos Gompertz e Logístico aos dados de crescimento de frutos de coqueiro anão verde. **Ciência Rural**, v.43, n.5, p.803-809,

2013. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013005000044>.

RAYAN, G.N.; MANSOUR, A.; FATHI, M.M. Comparative study of egg and meat quality of guinea fowl under different tropical regions: a review. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.24, n.4, eRBCA-2022-1677, 2022. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2022-1677>.

RICHARDS, F.J.A Flexible growth function for empirical use. **Journal of Experimental Botany**, v.10, n.2, p.290-301, 1959. <https://doi.org/10.1093/jxb/10.2.290>.

ROMÁN-ROMÁN, P.; ROMERO, D.; TORRES-RUIZ, F. A diffusion process to model generalized von Bertalanffy growth patterns: Fitting to real data. **Journal of Theoretical Biology**, v.263, n.1, p.59-69, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2009.12.009>.

SALLUM NETO, F. **Comparação de ajustes do modelo de Gompertz a dados de crescimento**. 2013.

SANTOS, A.L.P. et al. Method to generate growth and degrowth models obtained from differential equations applied to agrarian sciences. **Semina: Ciências Agrárias**, v.39, n.6, p.2659, 2019. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n6p2659>.

SAVEGNAGO, R.P. **Ajuste de modelos não-lineares e estimativas de parâmetros genéticos para produção de ovos de uma linhagem de poedeiras White Leghorn**. 2010. 83f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

ŞENGÜL, T. et al. Investigation of growth curves with different nonlinear models and MARS algorithm in broiler chickens. **PlosOne**, v.19, n.11, p.e0307037, 2024.

SILVA, L. **Modelos não-lineares para crescimento de frangos de corte**. 2024. 31f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) – Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, Urutaí, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/5072>. Acesso em: 16 abr. 2025.

SOARES, K.R; XIMENES, L.F. Carne de frango. **Caderno Setorial ETENE**, v.9, n.343, p.1-

16, 2024. Disponível em: <https://x.gd/BSF2Y>. Acesso em: 12 abr. 2025.

SOARES, L. et al. Growing patterns of the branca chicken breed - concentrate vs. maize-based diet. **Agriculture (Switzerland)**, v.13, n.12, p.2282, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/13/12/2282/htm>. Acesso em: 6 abr. 2025.

SOUZA, I.F. et al. cadeia produtiva da avicultura de corte: avaliação da apropriação de valor bruto nas transações econômicas dos agentes envolvidos. **Gestão & Regionalidade**, v.24, n.72, 2009. <https://doi.org/10.13037/gr.vol24n72.95>.

SOUZA, L.A.; CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, C.H.M.; SILVA, F.F.; SILVEIRA, F.G. Traditional and alternative nonlinear models for estimating the growth of Morada Nova sheep. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.42, n.9, p 651–655, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982013000900007>.

STEINHAUS, J.C. et al. Produtividade, eficiência e opinião dos produtores sobre o uso de Galinha-de-Angola no controle biológico de cigarrinha-das-pastagens em grama Tifton-85. **Extensão em Foco**, n.30, p.141-156, 2023. <https://doi.org/10.5380/ef.v0i30.84428>.

TARGINO, L.C. et al. Viabilidade e oportunidade de mercado na criação de galinhas da angola (*Numida meleagris galeata*). In: **Anais...**, I CONIDIS, 2016. Campina Grande: Realize Editora, 2015.

TEIXEIRA NETO, M.R. et al. Description of Santa Ines sheep growth using non-linear models selected by multivariate analysis. **Revista Brasileira de Saude e Producao Animal**, v.17, n.1, p.26-36, 2016. Disponível em: <https://x.gd/ED1BZ>. Acesso em: 6 abr. 2025.

TEJERINA, D.; LÓPEZ-PARRA, M.M.; GARCÍA-TORRES, S. Potential used of near infrared reflectance spectroscopy to predict meat physico-chemical composition of guinea fowl (*Numida meleagris*) reared under different production systems. **Food Chemistry**, v.113, n.4, p.1290-1296, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.08.044>.

TELEKEN, J.T.; GALVÃO, A.C.; ROBAZZA, W.S. Avaliação comparativa de modelos matemáticos não-lineares para descrever o crescimento animal. *Acta Scientiarum - Animal*

Sciences, v.39, n.1, p.73-81, 2017. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v39i1.31366>.

THOLON, P.; QUEIROZ, S.A. Modelos matemáticos utilizados para descrever curvas de crescimento em aves aplicados ao melhoramento genético animal. **Ciência Rural**, v.39, p.2261-2269, 2009.

TRAORE, I. et al. Étude du comportement alimentaire de la pintade locale à l'Ouest du Burkina-Faso. **International Journal of Biological and Chemical Sciences**, v.14, n.1, p.154-169, 2020. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i1.13>.

TUFARELLI, V.; LAUDADIO, V. Feeding of dehulled-micronized faba bean (*Vicia faba* var. minor) as substitute for soybean meal in guinea fowl broilers: Effect on productive performance and meat quality. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.28, n.10, p.1471, 2015.

TUFARELLI, V.; OLIVEIRA, R.; LAUDADIO, V. Tremoço branco (*Lupinus albus* L.) micronizado-descascado na dieta em galinhas-d'angola de corte e sua influência no desempenho de crescimento, características de carcaça e perfil lipídico da carne. **Ciência Avícola**, v.94, n.10, p.2388-2394, 2015.

VELOSO, R.C. et al. Seleção e classificação multivariada de modelos não-lineares para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.68, n.1, p.191-200, 2016. Disponível em: <https://x.gd/hVcnT>. Acesso em: 6 abr. 2025.

VELOSO, R.C. et al. Crescimento de genótipos de frangos tipo caipira. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.5, p.1361-1371, 2015.

VERAS, A.G. **Desenvolvimento ósseo em poedeiras comerciais nas fases de cria e recria**. Universidade Estadual Paulista - UNESP, Jaboticabal, 2020.

VON BERTALANFFY, L. Quantitative laws in metabolism and growth. **The Quantitative Review of Biology**, v.32, p.217-230, 1957.

YILDIRIM, A. Nutrição de criadores de galinhas-d'angola: uma revisão. **Jornal de Avanços da Ciência Animal**, v.2, n.2, p.188-193, 2012. Disponível em: <https://europub.co.uk/articles/>-

A-97812. Acesso em: 20 abr. 2024.

YILDIRIM, A.; ELEROĞLU, H.; DUMAN, M. Meat physico-chemical composition of guinea fowl fed organic diets supplemented with dry oregano leaf. **Large Animal Review**, v.26, n.4, p.173-180, 2020.

WANG, Z.; ZUIDHOF, M.J. Estimation of growth parameters using a nonlinear mixed Gompertz model. **Poultry Science**, v.83, n.6, p.847-852, 2004.

ZEN, S. *et al.* A evolução da avicultura no Brasil. **Docência, Pesquisa e Liderança em Zootecnia**. [S.l.: s.n.], p.103-107, 2014. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6942111039>.

CAPÍTULO I

Modelos não-lineares misto aplicados à curva de crescimento de galinhas-d'angola (*Numida meleagris*)

Conforme as normas da:
Revista Brasileira de Zootecnia

Modelos não-lineares misto aplicados à curva de crescimento de galinhas-d'angola
(*Numida meleagris*)

Marislane Resende da Silva^{1*} ; Natanael Pereira da Silva Santos² ; Leilane Rocha
Barros² 

¹ *Mestranda em Zootecnia Tropical, Pós-Graduação em Zootecnia Tropical, Universidade Federal do Piauí - UFPI, Teresina, Piauí, Brasil.*

² *Professor Adjunto, Departamento de Zootecnia Tropical, Universidade Federal do Piauí - UFPI,*

*Corresponding author: marislaneresendezootecnia@gmail.com

Resumo: A produção de galinha-d'angola (*Numida meleagris*) configura-se como uma atividade tradicional e resiliente, com relevante valor socioeconômico, especialmente em sistemas de agricultura familiar e produção alternativa. O objetivo deste estudo foi identificar o modelo de regressão não linear mistos mais adequado, com ênfase em modelos mistos, para descrever a curva de crescimento das galinhas-d'angola desde o primeiro dia de vida até os 120 dias. Foram adquiridos 235 pintainhos de um dia de idade, com amostras de sangue coletadas para determinação do sexo (procedimento de sexagem), e realizados acompanhamentos do peso das aves ao longo de todo o período experimental. Para modelar o crescimento, foram ajustados os modelos Brody, Von Bertalanffy, Logístico, Gompertz e Richards, sendo avaliados pelos critérios de informação de Akaike e Bayesiano de Schwarz. Todas as análises foram conduzidas no software SAS. Os gráficos de predição e curvas simuladas foram gerados a partir do modelo ajustado, utilizando o procedimento não linear NLIN para estimar os parâmetros iniciais, que serviram como base para o procedimento NLMIXED de efeitos mistos. Conforme apresentado na Estatística descritiva dos dados de crescimento para característica de peso vivo, observou-se um crescimento p do peso vivo das aves, em 32,28 g no primeiro dia de vida e atingindo

2.141,32 g aos 120 dias. Entre os 43 e 64 dias, houve aumento no desvio padrão e no coeficiente de variação seguido de uma redução aos 78 dias. Critérios de seleção de modelo de regressão não linear com e sem efeito aleatório para característica de curva de crescimento no modelo Brody, a inclusão de efeito aleatório no parâmetro de taxa de maturidade (k) proporcionou melhor ajuste (AICC = 47,205) comparado à versão sem efeito aleatório (AICC = 51,792). No modelo Logístico, o melhor desempenho ocorreu quando os parâmetros assintótico (A) e taxa de maturidade (k) foram considerados aleatórios (AICC = 46,471). No modelo Von Bertalanffy, a inclusão de efeito aleatório apenas em k resultou no melhor ajuste (AICC = 45,890), enquanto a inclusão simultânea de A e k prejudicou a qualidade do modelo (AICC = 49,940). O modelo Richards apresentou melhor ajuste ao incluir efeito aleatório em A (AICC = 45,902). O modelo Gompertz destacou-se entre todos, com efeitos aleatórios em A e k , apresentando os menores valores nos critérios avaliados ($-2\text{Log} = 45,274$; $\text{AIC} = 45,294$; $\text{BIC} = 45,328$; $\text{AICC} = 45,294$). Estimativas dos parâmetros fixos e aleatórios da curva de crescimento, O parâmetro A não variou significativamente entre os sexos ($p > 0,05$), enquanto o parâmetro B foi significativamente maior nas fêmeas ($p < 0,05$). Já o parâmetro k também foi significativo ($p < 0,05$), Entre os componentes de variância, σ^2_A e σ^2_e foram significativos ($p < 0,05$), enquanto os componentes $\sigma_{A;k}$ e σ^2_k não apresentaram efeitos significativos ($p > 0,05$). Desta forma, conclui-se que a trajetória de crescimento difere entre os sexos, devendo essas diferenças ser consideradas em definição da idade ideal de abate.

Palavras-chave: peso corporal, modelagem, Gompertz, melhoramento genético

Nonlinear mixed models applied to the growth curve of guinea fowl (*Numida meleagris*)

Abstract: Guinea fowl (*Numida meleagris*) production is a traditional and resilient activity with significant socioeconomic value, especially in family farming and alternative production

systems. The objective of this study was to identify the most appropriate nonlinear regression model, with an emphasis on mixed models, to describe the growth curve of guinea fowl from day one to 120 days of age. Two hundred and thirty-five one-day-old chicks were acquired, blood samples collected for sex determination (sexing procedure), and their weight was monitored throughout the experimental period. Growth modeling was modeled using the Brody, Von Bertalanffy, Logistic, Gompertz, and Richards models, and the models were evaluated using the Akaike information criteria and Schwarz Bayesian criteria. All analyses were conducted using SAS software. Prediction plots and simulated curves were generated from the adjusted model, using the nonlinear NLIN procedure to estimate the initial parameters, which served as the basis for the NLMIXED mixed-effects procedure. As shown in the Descriptive Statistics of the growth data for the live weight trait, a p increase in the birds' live weight was observed, of 32.28 g on the first day of life and reaching 2141.32 g at 120 days. Between 43 and 64 days, there was an increase in the standard deviation and coefficient of variation, followed by a reduction at 78 days. Selection criteria for a nonlinear regression model with and without a random effect for the growth curve trait In the Brody model, the inclusion of a random effect on the maturity rate parameter (k) provided a better fit (AICC = 47.205) compared to the version without a random effect (AICC = 51.792). In the Logistic model, the best performance occurred when the asymptotic (A) and maturity rate (k) parameters were considered random (AICC = 46.471). In the Von Bertalanffy model, the inclusion of a random effect only in k resulted in the best fit (AICC = 45.890), while the simultaneous inclusion of A and k harmed the quality of the model (AICC = 49.940). The Richards model presented the best fit when including a random effect in A (AICC = 45.902). The Gompertz model stood out among all, with random effects in A and k , presenting the lowest values in the evaluated criteria ($-2\text{Log} = 45.274$; AIC = 45.294; BIC = 45.328; AICC = 45.294). Estimates of the fixed and random parameters of the growth curve. Parameter A did not show a significant difference between

sexes ($p > 0.05$), while parameter B was significantly higher in females ($p < 0.05$). Parameter k was also significant ($p < 0.05$). Among the variance components, σ^2_A and σ^2_e were significant ($p < 0.05$), while the components $\sigma^2_{A;k}$ and σ^2_k did not show significant effects ($p > 0.05$). Thus, it is concluded that the growth trajectory differs between sexes, and these differences should be considered in management strategies and in defining the ideal slaughter age.

Keywords: body weight, modeling, Gompertz, genetic improvement

1. Introdução

A produção de galinha-d'angola (*Numida meleagris*) apresenta-se como uma atividade tradicional e resiliente, com expressivo valor socioeconômico, especialmente em sistemas de agricultura familiar e produção alternativa. Apesar do seu potencial, o setor ainda enfrenta desafios técnicos e sanitários que limitam a expansão e a eficiência produtiva (Abdallah; Oulwaseun, 2024).

Nesse sentido, o monitoramento do crescimento dos animais constitui uma prática fundamental na produção animal, pois possibilita ajustes no manejo nutricional, sanitário e reprodutivo, além de contribuir para a prevenção de problemas de saúde e para a maximização do desempenho produtivo.

O acompanhamento regular do peso e do desenvolvimento corporal permite identificar precocemente deficiências nutricionais, ocorrência de doenças ou falhas de manejo, favorecendo intervenções rápidas e eficazes que evitam prejuízos futuros (Freitas et al., 2020; Scheller et al., 2015).

O entendimento do padrão de crescimento das aves é de particular relevância, uma vez que influencia diretamente o tempo até o abate, o peso corporal final e a conversão alimentar, fatores determinantes para a lucratividade do sistema produtivo (Zuidhof, 2020).

Descrever esse crescimento é uma ferramenta valiosa, pois no caso da galinha-d'angola, o

crescimento corporal tem sido frequentemente descrito por meio de modelos não-lineares, destacando-se os modelos Gompertz, Logístico e Richards (Nahashon et al., 2006; Eleroğlu et al., 2018), mas nenhuma destas pesquisas realizada com galinha-d'angola criadas no Brasil.

Aqui ficou faltando uma passagem mais consistente entre os assuntos dos dois parágrafos. Sugestão de texto para você tentar adaptar:

O crescimento animal é um processo inerentemente não linear, caracterizado por uma fase inicial de desenvolvimento acelerado, seguida de uma desaceleração progressiva até a estabilização no peso maduro. Essa trajetória é observada em aves, incluindo a galinha-d'angola (Nahashon et al., 2006), e justifica a adoção de modelo não lineares em detrimento de modelos lineares simples (Teleken et al., 2017). No entanto, para capturar adequadamente a variabilidade individual em torno desta trajetória média, a incorporação de efeitos aleatórios nos parâmetros do modelo se faz necessária. Esta abordagem confere maior precisão e flexibilidade ao ajuste, particularmente em dados longitudinais, pois permite quantificar variações não explicadas pelos efeitos fixos, como diferenças intrínsecas entre indivíduos ou lotes. Como resultado, obtêm-se estimativas mais robustas, sendo comum que critérios de informação, como AIC e BIC, indiquem um desempenho superior para os modelos que incorporam tais efeitos (Carvalho et al., 2014

Objetivou-se com esta pesquisa selecionar, entre modelos de regressão não linear, aquele que melhor descreve a curva de crescimento de galinhas-d'angola do nascimento aos 120 dias de idade, avaliando a relevância estatística e o ganho de precisão advindos da incorporação de efeitos aleatórios aos parâmetros do modelo.

2. Materiais e Métodos

2.1 Considerações Éticas

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Piauí (UFPI), sob o Protocolo N° 827-24, e foi realizado de acordo com

as normas do Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA).

2.2 Localização, Animais, Descrição dos Dados e Manejo

O ensaio experimental foi realizado no setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia (DZO) da UFPI, em Teresina (PI, Brasil). Foram adquiridos 235 pintainhos de um dia de idade, provenientes da empresa EMAPE, localizada em Fortaleza (CE, Brasil).

A sexagem dos animais foi realizada por meio da Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), em laboratório, visando a amplificação de regiões específicas dos cromossomos sexuais Z e W. Para tanto, foram coletadas amostras de aproximadamente 0,5 mL de sangue dos pintainhos com um dia de idade. Esse método garante confiabilidade e apresenta taxa de acerto de 99,99%.

Após a confirmação laboratorial, os animais foram separados conforme o sexo em grupos de oito indivíduos por box de um mesmo sexo com área de 2,60 m², utilizando maravalha como material de cama. Cada box foi equipado com comedouros do tipo tubular e bebedouros pendulares, garantindo o fornecimento de água e alimento *ad libitum* ao longo de todo o período experimental. Foram realizadas mensurações do peso das aves individualmente com uso de balança digital do nascimento aos 120 dias de vida.

Todos os pintainhos foram vacinados individualmente contra as doenças de Gumboro (VAXXON-G603, São Paulo, Brasil), Newcastle (VAXXON-HB1 e La Sota, São Paulo, Brasil) e bronquite infecciosa (BIO-KORIZA-VET-A221 B222, Fortaleza, Brasil), com reforço na terceira semana, conforme as recomendações dos fabricantes.

Aos 29 dias de idade, os animais passaram a ter livre acesso aos piquetes com pasto de capim-quicuí (*Pennisetum clandestinum*) por 9 h (horas), em estruturas cercadas com tela trançada de 1,70 m de altura, 9,0 m de comprimento e 1,20 m de largura, com 8,55 m² de pasto por box. Após o período de pastagem, as aves foram recolhidas diariamente para o galpão.

2.3 Análise Estatística

As aves foram pesados periodicamente, de 1 dia de vida até 120 dias, foram ajustados os modelos Brody, Von Bertalanffy, Logístico, Gompertz e Richards para estimar o crescimento aves e os parâmetros da curva (Tabela 1), sendo: y_i o peso corporal à idade t ; A representa o peso assintótico, que é interpretado como peso à idade adulta; B , uma constante de integração, relacionada aos pesos iniciais do animal; k , que é interpretado como taxa de maturação, que deve ser entendida como a mudança de peso em relação ao peso à maturidade, em outros termos, como indicador da velocidade com que o animal se aproxima do seu tamanho adulto; e, m é o parâmetro que dá forma à curva, e consequentemente determina em que proporção do valor assintótico (A) ocorre o ponto de inflexão da curva.

Tabela 1. Modelos de regressão não linear com diferentes efeitos fixos e aleatórios empregados na descrição do crescimento de galinha d'angola (*Numida meleagris*)

Modelos	Efeito Aleatório	Equação
Brody	-	$y = A(1 - Be^{-kt}) + \varepsilon$
	A	$y = (A + u_1)(1 - Be^{-kt}) + \varepsilon$
	k	$y = A(1 - Be^{-(k+u_2)t}) + \varepsilon$
	$A e k$	$y = (A + u_1)(1 - Be^{-(k+u_2)t}) + \varepsilon$
Logístico II	-	$y = A(1 + Be^{-kt})^{-m} + \varepsilon$
	A	$y = A(1 + u_1)(1 + Be^{-kt})^{-m} + \varepsilon$
	k	$y = A(1 + Be^{-(k+u_2)t})^{-m} + \varepsilon$
	$A e k$	$y = A(1 + u_1)(1 + Be^{-(k+u_2)t})^{-m} + \varepsilon$
Von Bertalanffy	-	$y = A(1 - Be^{-kt})^3 + \varepsilon$

Gompertz	A	$y = A(1 + u_1)(1 - Be^{-kt})^3 + \varepsilon$
	k	$y = A(1 - Be^{-(k+u_2)t})^3 + \varepsilon$
	$A \text{ e } k$	$y = (A + u_1)(1 - Be^{-(k+u_2)t})^3 + \varepsilon$
	-	$y = Ae^{(-e^{-B(k)})} + \varepsilon$
	A	$y = (A + u_1)e^{(-e^{-B(k)})} + \varepsilon$
	k	$y = Ae^{(-e^{-B[(k+u_2)t]})} + \varepsilon$
	$A \text{ e } k$	$y = (A + u_1)e^{(-e^{-B[(k+u_2)t]})} + \varepsilon$
	-	$y = \frac{A}{(1 + e^{-B(k)})^{\frac{1}{m}}} + \varepsilon$
	A	$y = \frac{(A + u_1)}{(1 + e^{-B(k)})^{\frac{1}{m}}} + \varepsilon$
	k	$y = \frac{A}{(1 + e^{-B[(k+u_2)t]})^{\frac{1}{m}}} + \varepsilon$
	$A \text{ e } k$	$y = \frac{(A + u_1)}{(1 + e^{-B[(k+u_2)t]})^{\frac{1}{m}}} + \varepsilon$
	-	$y = \frac{A}{(1 + e^{-B(k)})^{\frac{1}{m}}} + \varepsilon$
	A	$y = \frac{(A + u_1)}{(1 + e^{-B(k)})^{\frac{1}{m}}} + \varepsilon$
	k	$y = \frac{A}{(1 + e^{-B[(k+u_2)t]})^{\frac{1}{m}}} + \varepsilon$
	$A \text{ e } k$	$y = \frac{(A + u_1)}{(1 + e^{-B[(k+u_2)t]})^{\frac{1}{m}}} + \varepsilon$

Fonte: elaborada pela autora (2025) Y_i = observação do animal i avaliado na idade t ; A = peso assintótico ou peso médio à maturidade; B = constante de integração; k = taxa de maturidade; ε = erro associado as observações; u_1 e u_2 = efeitos aleatórios associados a A e k , respectivamente.

Para verificar o ajuste dos modelos de regressão não linear, foram utilizados os critérios de informação de Akaike (AIC), expresso por $AIC = -\log(L) + 2p$, em que $\log(L)$ é o logaritmo da função de máxima verossimilhança da função densidade de probabilidade; p é o número de parâmetros a serem estimados e Bayesiano de Schwarz (BIC), dado por $BIC = -2\log(L) +$

171 $p \cdot \log(n)$, em que n é número de observações da amostra.

172 Esses critérios utilizam a análise de independência residual e o grau de parametrização
173 para definição do modelo mais ajustado.

174 Foram considerados dois parâmetros que admitem interpretação biológica (A e k),
175 individualmente ou combinados. Nesta etapa foram utilizados os critérios para determinar o
176 melhor modelo, sendo estes os critérios de AIC, BIC, e a variância residual (σ_e^2). As análises
177 estatísticas foram realizadas utilizando o software SAS OnDemand for Academics, Versão 9.4
178 (SAS Institute Inc.). Os gráficos de predição e curvas simuladas produzidas com o modelo
179 ajustado também foram examinadas e serviram como critério de escolha do modelo. Foi utilizado
180 o procedimento não linear NLIN correspondente ao modelo de crescimento de efeitos fixos, para
181 determinar os parâmetros iniciais para o processamento do procedimento NLMIXED.

182 No contexto de modelos mistos, considerando y_{ij} como a medida j (peso vivo) do
183 indivíduo i e t_{ij} como a idade desse animal (dias), o modelo de regressão tem resíduos que
184 seguem uma distribuição normal, com média zero e variância constante σ_e^2 . Os parâmetros A e
185 k foram considerados aleatórios, com distribuição normal, enquanto B foi considerado um
186 parâmetro fixo. As observações (y_{ij}) são independentes em relação ao índice i , mas não em
187 relação a j , pois na fixação de i , as medidas (y_{ij}) são feitas longitudinalmente para um único
188 animal. Portanto, é necessário incluir componentes de variância intraindividual no modelo.

189 Considerando $A_i \sim N(A; \sigma_a^2)$ e $K_i \sim N(K; \sigma_k^2)$, em que σ_a^2 e σ_k^2 são componentes de
190 variâncias dos parâmetros A e k . Sendo $M = (A_i; K_i)$ um vetor de efeitos aleatórios e $N' =$
191 $(A, B, K; \sigma_e^2)$ um vetor de efeitos fixos, tem-se que $f(y_i | t_i, N, M_i) \omega(M_i; \Sigma)$ é a função de
192 densidade de probabilidade conjunta, onde $y'_i = (y_{i1}; y_{i2}; \dots; y_{ij})$, $t'_i =$
193 $(t_{i1}; t_{i2}; \dots; t_{ij})$, $\Sigma' = (\sigma_a^2; \sigma_k^2)$ e ω é a densidade conjunta de A_i e K_i . A função marginal
194 de verossimilhança é dada por $L(N; \Sigma) = \prod_{i=1}^n \int f(y_i | t_i, N, M_i) \omega(M_i; \Sigma) dM_i$.

Estimadores para os parâmetros em N e Σ são obtidos maximizando $L(N; \Sigma)$ em relação a estas quantidades. O procedimento PROC NLMIXED do programa SAS (2015) minimiza numericamente $-L(N; \Sigma)$ em relação aos parâmetros N e Σ , sendo a matriz de variância e covariâncias é aproximada dos estimadores obtidos pelo inverso da matriz Hessiana.

Para a análise conjunta, considerando simultaneamente os dois parâmetros, A e K como aleatórios no modelo, as pressuposições acerca desses parâmetros são descritas como $[A_i \ K_i] \sim NM([A \ K], [\sigma_a^2 \ \sigma_{a,k} \ \sigma_{k,a} \ \sigma_k^2])$, em que $\sigma_{a,k} = \sigma_{k,a}$ é a covariância entre os parâmetros A e k . Para explorar quais dos parâmetros do modelo incluem o efeito do gênero (sexo), geramos estatísticas univariadas das estimativas dos parâmetros por gênero.

Posteriormente, uma segunda estimativa foi feita com o modelo de efeitos mistos usando esse procedimento para ambos os sexos, que leva em consideração o efeito aleatório associado aos indivíduos.

Para a interpretabilidade biológica das estimativas dos parâmetros foram calculadas a taxa de crescimento absoluto (TCA) e o ponto de inflexão (PI) para o modelo selecionado. A TCA foi obtida a partir da primeira derivada do modelo ajustado, em relação ao tempo ∂_y / ∂_t . A TCA estima o aumento no peso do animal para cada unidade de tempo t (dias ou meses) na trajetória de crescimento, isto é, a taxa média de crescimento dos animais dentro da população de galinha d'angola (*Numida meleagris*).

3. Resultados

A trajetória do crescimento corporal médio das galinhas-d'angola, do nascimento até os 120 dias de idade, é sumarizada na Tabela 2. Observa-se uma marcante heterogeneidade nos pesos do lote, evidenciada pelos elevados coeficientes de variação (CV) nas fases iniciais, que superam 20% a partir da terceira semana. Conforme as aves se desenvolvem, há um aumento progressivo e não linear no peso médio, acompanhado de uma relativa uniformização do

plantel, com redução consistente do CV a partir dos 50 dias de vida. A amplitude entre os valores mínimos e máximos em cada idade corrobora a existência de variabilidade individual significativa, um aspecto fundamental a ser capturado pelos modelos de crescimento a serem ajustados.

Tabela 2. Estatística descritiva dos dados de crescimento para característica de peso vivo em galinha d'angola (*Numida meleagris*) de 1 até 120 dias de vida

Idade (dias)	N	Peso (g)	Desvio Padrão (g)	CV (%)	Mínimo (g)	Máximo (g)
1	233	32,28	3,39	10,49	23,00	43,00
8	232	83,07	11,20	13,48	36,00	105,00
15	229	168,98	27,10	16,04	55,00	228,00
22	228	269,43	56,60	21,01	20,00	382,00
29	224	401,45	85,28	21,24	105,00	615,00
36	227	566,83	122,60	21,63	20,00	850,00
43	228	788,89	221,26	28,05	73,00	1905,00
50	228	978,51	183,80	18,78	130,00	1360,00
57	227	1161,93	196,22	16,89	129,00	1585,00
64	227	1294,23	192,77	14,89	455,00	1745,00
71	223	1437,35	200,72	13,96	475,00	1900,00
78	221	1584,27	180,30	11,38	1055,00	2005,00
85	224	1730,07	194,63	11,25	655,00	2185,00
92	158	1778,39	154,06	8,66	1355,00	2220,00

99	117	1927,22	171,86	8,92	1550,00	2345,00
106	163	1964,48	208,48	10,61	1180,00	2480,00
113	158	2017,94	199,85	9,90	1490,00	2520,00
120	152	2141,32	265,34	12,39	1315,00	2950,00

Fonte: elaborada pela autora (2025). N = tamanho efetivo das aves; * = peso médio do tamanho efetivo, em kg (quilos); MÍN. = mínimo, em kg; MÁX. = máximo, em kg.

Os resultados descritivos evidenciam um crescimento progressivo e consistente do peso vivo das galinhas-d'angola ao longo dos 120 dias avaliados. Observa-se que o incremento de peso foi mais acentuado entre a 1ª e a 43ª semana, período no qual o desvio padrão e o coeficiente de variação (CV) apresentaram valores mais elevados, indicando maior heterogeneidade no desenvolvimento dos indivíduos.

Com o avançar da idade, nota-se uma tendência de redução nos valores de CV, especialmente após os 64 dias de vida, quando os coeficientes se estabilizam entre 8 e 14%. Essa diminuição da dispersão relativa sugere que, apesar da ampliação dos valores de peso, as aves passaram a apresentar maior uniformidade no desempenho produtivo, convergindo para um padrão de crescimento característico da espécie.

O aumento progressivo do peso máximo e mínimo também demonstra a amplitude do desenvolvimento.

A análise comparativa dos critérios de informação para a seleção do modelo de regressão não linear que melhor descreve a curva de crescimento de galinhas-d'angola é apresentada na Tabela 3. De maneira geral, a inclusão de efeitos aleatórios nos parâmetros dos modelos resultou em ajustes significativamente superiores aos seus análogos puramente determinísticos, conforme atestado pela redução sistemática nos valores de AIC, BIC e AICC.

Dentre as estruturas testadas, o modelo de Gompertz com efeitos aleatórios

incorporados ao peso assintótico (A) e à taxa de maturação (k) demonstrou o melhor desempenho global, registrando os menores valores absolutos em todos os critérios de ajuste avaliados (2Log = 45274; AIC = 45294; BIC = 45328; AICC = 45294). Este resultado o posiciona como o modelo mais parcimonioso e com o melhor equilíbrio entre qualidade de ajuste e complexidade.

O modelo de Von Bertalanffy com efeito aleatório em k e o modelo Logístico com efeitos aleatórios em A e k também apresentaram ajustes competitivos, porém inferiores ao modelo de Gompertz selecionado. Por outro lado, os modelos Brody e Richards, na maioria de suas configurações, exibiram os maiores valores nos critérios de informação, indicando um desempenho inadequado para representar a dinâmica de crescimento da população em estudo.

A superioridade do modelo de Gompertz com efeitos aleatórios duplos (A e k) evidencia a importância de capturar a variabilidade individual tanto no potencial máximo de crescimento quanto na taxa para a qual ele é atingido, fornecendo uma representação mais fidedigna e biologicamente plausível da trajetória de crescimento das galinhas-d'angola.

Tabela 3. Critérios de seleção de modelo de regressão não linear com e sem efeito aleatório para característica de curva de crescimento de galinha d'angola (*Numida meleagris*)

Modelos	Efeito Aleatório	Critérios de Ajuste do Modelo			
		2Log	AIC	BIC	AICC
Brody	-	51778	51792	51835	51792
	A	48995	49011	49038	49011
	k	47189	47205	47232	47205
	A e k	51304	51306	51309	51306
Logístico	-	48525	48539	48582	48539

	<i>A</i>	46577	46593	46621	46593
	<i>k</i>	46471	46487	46515	46487
	<i>A e k</i>	46451	46471	46505	46471
	-	48225	48239	48283	48239
Von Bertalanffy	<i>A</i>	47812	47828	47856	47828
	<i>k</i>	45874	45890	45917	45890
	<i>A e k</i>	49920	49940	49975	49940
	-	48208	48222	48265	48222
Gompertz	<i>A</i>	49712	49728	49756	49728
	<i>k</i>	45848	45864	45892	45864
	<i>A e k</i>	45274	45294	45328	45294
	-	55809	55827	55883	55827
Richards	<i>A</i>	45882	45902	45937	45902
	<i>k</i>	47156	47176	47211	47176
	<i>A e k</i>	47156	47180	47221	47180
	-	47156	47180	47221	47180

Fonte: elaborada pela autora (2025). AIC = Critério de Informação de Akaike; BIC = Critério de Informação Bayesiano de Schwarz; 2Log = estimativa do componente de variância residual; A = peso assintótico ou peso médio à maturidade; B = constante de integração; k = taxa de maturação.

Os resultados da Tabela 3 evidenciam diferenças importantes no desempenho dos modelos de regressão não linear testados para descrever a curva de crescimento da galinha-d'angola.

De forma geral, a inclusão de efeitos aleatórios em parâmetros específicos contribuiu para o aprimoramento do ajuste, destacando a importância de considerar a variabilidade individual no processo de modelagem.

O modelo de Brody apresentou melhor desempenho quando o efeito aleatório foi incluído no parâmetro de taxa de maturidade (k), reduzindo substancialmente o valor de AICC em relação à versão fixa.

Para o modelo Logístico II, a abordagem mais adequada envolveu a inclusão simultânea de efeitos aleatórios em A e k , resultando em menor AICC dentre suas variações.

Já no modelo de Von Bertalanffy, o melhor ajuste ocorreu ao considerar o efeito aleatório somente em k , visto que a combinação de A e k comprometeu a qualidade do modelo.

Entre os modelos avaliados, o Gompertz se destacou como o mais adequado, uma vez que a inclusão de efeitos aleatórios em A e k produziu os menores valores para todos os critérios de informação (-2Log , AIC, BIC e AICC).

O modelo de Richards, embora tenha apresentado melhora ao incluir o efeito aleatório em A , apresentou ajustes inferiores aos demais, sugerindo menor adequação para representar o padrão de crescimento da galinha-d'angola.

Dessa forma, o modelo de Gompertz com efeitos aleatórios em A e k se mostra a alternativa mais adequada e biologicamente interpretável para estudos dessa natureza.

As estimativas dos parâmetros do modelo de Gompertz, detalhadas na Tabela 4, elucidam a dinâmica de crescimento e a influência do sexo nas galinhas-d'angola. A análise revela que o peso assintótico (A) não diferiu significativamente entre machos e fêmeas. Esta convergência no peso adulto ($A_{\text{macho}} = 2320,20$ g; $A_{\text{fêmea}} = 2291,30$ g; $A_{\text{macho-fêmea}} = 28,89$ g, ns) indica que o potencial máximo de crescimento é uma característica conservada na espécie, pouco influenciada pelo dimorfismo sexual.

Tabela 4. Estimativas dos parâmetros fixos e aleatórios da curva de crescimento de galinhas d'angola (*Numida meleagris*) de acordo com o modelo de Gompertz

Parâmetros		Estimativa	Erro padrão	Limite de 95 % de confiança	
Fixo	Aleatório			Inferior	Superior

A	—	2305,75 ^{ns}	12,5533	2281,02	2330,48
A_{sexo}	—	14,4461 ^{ns}	15,3349	-15,7674	44,6596
A_{macho}	—	2320,2 ^{ns}	19,6069	2281,57	2358,83
$A_{\text{fêmea}}$	—	2291,3 ^{ns}	20,0265	2251,85	2330,76
$A_{\text{macho-fêmea}}$	—	-28,8921 ^{ns}	30,6699	-89,3192	31,5349
B	—	4,2715 [*]	0,0437	4,1854	4,3575
B_{sexo}	—	-0,1328 [*]	0,045	-0,2214	-0,0443
B_{macho}	—	4,1386 [*]	0,0547	4,0308	4,2465
$B_{\text{fêmea}}$	—	4,4043 [*]	0,0697	4,2669	4,5417
$B_{\text{macho-fêmea}}$	—	0,2656 [*]	0,0899	0,0885	0,4428
k	—	0,0316 [*]	0,0005	0,0307	0,0326
k_{sexo}	—	-0,0009 [*]	0,0004	-0,0017	-0,0001
k_{macho}	—	0,0307 [*]	0,0006	0,0295	0,032
$k_{\text{fêmea}}$	—	0,0325 [*]	0,0006	0,0312	0,0337
$k_{\text{macho-fêmea}}$	—	0,0017 [*]	0,0008	0,0002	0,0033
—	σ^2_A	3166,89 [*]	816,2	1558,77	4775,01
—	$\sigma_{A;k}$	-0,0022 ^{ns}	0,0169	-0,0354	0,031
—	σ^2_k	0,0000	0,0000	-Infy	Infy
—	σ^2_e	9613,55 [*]	450,36	8726,22	10501

Fonte: elaborada pela autora (2025). A = peso assintótico ou peso médio à maturidade; B = constante de integração; k = taxa de maturação; σ^2_A = estimativa da variância do peso assintótico; σ^2_k = estimativa da variância da taxa de maturação; $\sigma_{A;k}$ = estimativa da covariância entre peso assintótico e taxa de maturação; σ^2_e = estimativa do componente de variância residual; * = significativo a 5% de probabilidade pelo teste t; ns = não significativo.

Por outro lado, a constante de integração (B) e a taxa de maturação (k) apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os sexos. As fêmeas apresentaram valores mais

elevados tanto para B (4,4043) quanto para k (0,0325), em comparação aos machos ($B = 4,1386$; $k = 0,0307$).

Quanto às variâncias, observou-se que a variância associada ao peso assintótico ($\sigma^2_A = 3166,89$) e o componente residual ($\sigma^2_e = 9613,55$) foram significativos, indicando a presença de variabilidade individual considerável tanto no peso adulto quanto no ajuste dos dados em geral. A covariância entre A e k ($\sigma_{A;k}$) não foi significativa, sugerindo independência entre peso assintótico e taxa de maturação.

Além disso, a ausência de variância detectada para k ($\sigma^2_k = 0$) reforça a consistência do modelo em explicar a taxa de maturação a partir dos efeitos fixos de sexo, sem necessidade de componentes aleatórios adicionais.

A análise das derivadas sucessivas da curva de Gompertz revela um padrão consistente de precocidade no desenvolvimento das fêmeas de galinha-d'angola em comparação aos machos. Este dimorfismo sexual é evidenciado pela antecipação temporal dos pontos críticos (máximos e mínimos) em todas as ordens de derivação analisadas.

Conforme ilustrado na Figura 1, que representa a taxa de crescimento absoluta (primeira derivada, dP/dt), as fêmeas não apenas atingiram um pico de ganho de peso diário mais elevado, mas também o alcançaram em uma idade inferior à dos machos. Isso demonstra uma fase de crescimento acelerado mais intensa e precoce.

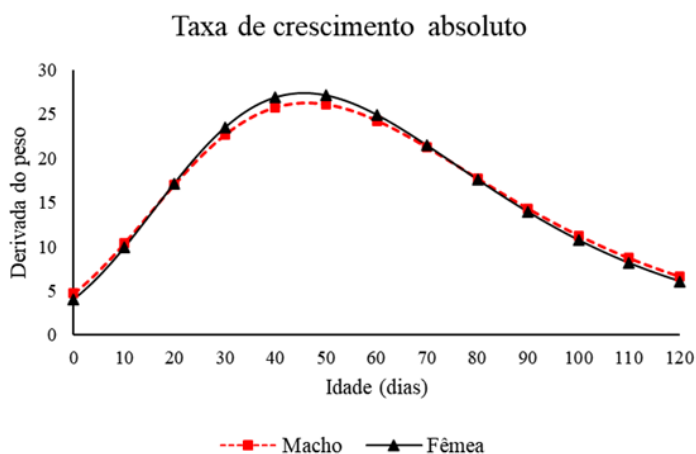


Figura 1. Primeira derivada da curva de crescimento da galinha-d'angola (*Numida meleagris*)

em machos e fêmeas.

Este padrão de desenvolvimento antecipado é confirmado pela Figura 2, que descreve a aceleração do crescimento (segunda derivada, d^2P/dt^2). O ponto de inflexão da curva de crescimento, correspondente ao momento de desaceleração máxima (mínimo da segunda derivada), ocorreu mais cedo nas fêmeas. Isto indica uma transição mais rápida da fase de crescimento exponencial para a fase de crescimento estabilizante, aproximando-se do peso assintótico em menor tempo.

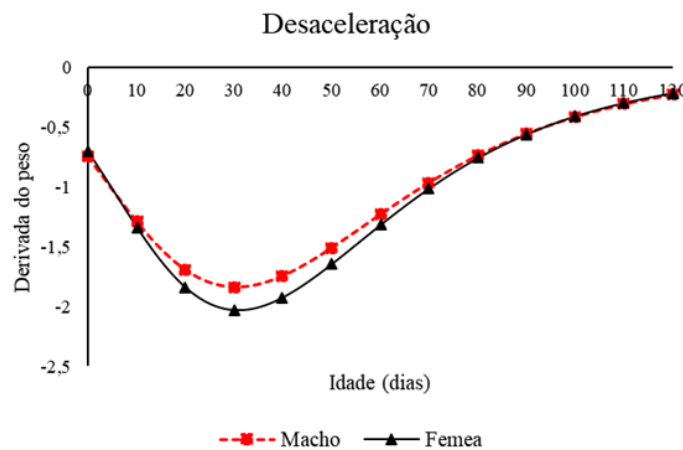


Figura 2. Segunda derivada da curva de crescimento da galinha-d'angola (*Numida meleagris*) em machos e fêmeas.

As Figuras 3 e 4, que representam, respectivamente, a taxa de variação da aceleração (terceira derivada, d^3P/dt^3) e a mudança na taxa de variação da aceleração (quarta derivada, d^4P/dt^4), reforçam a maior intensidade dinâmica do crescimento das fêmeas. Os valores absolutos mais pronunciados nestas derivadas de ordem superior refletem mudanças mais bruscas e definidas nas taxas de crescimento, consolidando a trajetória de desenvolvimento acelerado e eficiente deste grupo.

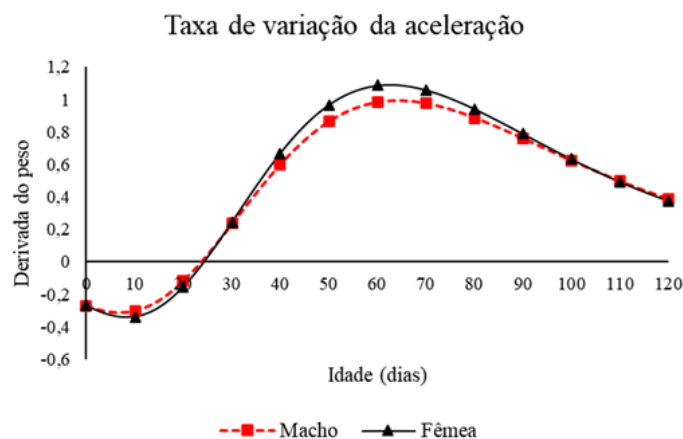


Figura 3. Terceira derivada da curva de crescimento da galinha-d'angola (*Numida meleagris*) em machos e fêmeas.

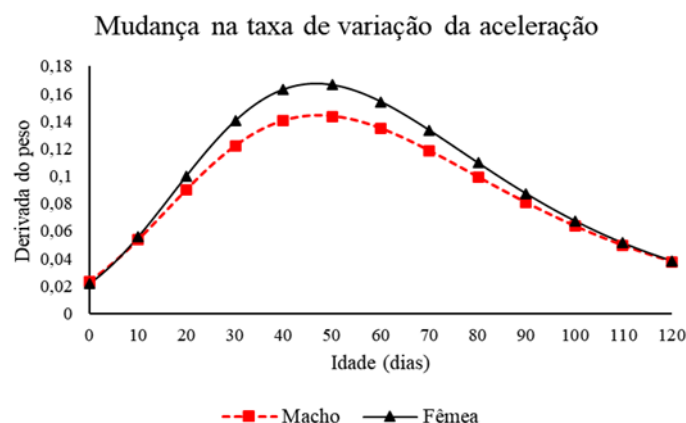


Figura 4. Quarta derivada da curva de crescimento da galinha-d'angola (*Numida meleagris*) em machos e fêmeas.

Em síntese, estes resultados demonstram que, embora machos e fêmeas atinjam um peso assintótico final semelhante – como verificado anteriormente pelos parâmetros do modelo –, as fêmeas o fazem por meio de uma trajetória ontogenética distintamente mais rápida e precoce. Estes achados revelam implicações zootécnicas diretas, sugerindo que fêmeas podem atingir o peso ideal de abate em um ciclo produtivo mais curto, um aspecto crucial para a otimização econômica do sistema de produção, com planejamento de dietas que atendam o objetivo da criação, seja com foco na reprodução ou planejamento de abate para comercialização de carne.

4. Discussão

O padrão de crescimento observado nas galinhas-d'angola (Tabela 2), e caracterizado por rápido ganho de peso inicial seguido de desaceleração, é consistente com modelos sigmóides, já descritos para a espécie (Nahashon et al., 2006) e para outras aves domésticas (Freitas et al., 2022).

Essa trajetória de crescimento, entretanto, não é uniforme entre os indivíduos, como evidenciado pela elevada variabilidade nos pesos durante as fases intermediárias (CV de até 28,05% aos 43 dias). Tal variação reflete diferenças individuais no ritmo de crescimento, influenciadas por fatores genéticos e de manejo (Ferreira et al., 2018). O coeficiente de variação (CV) se mostra, nesse contexto, uma ferramenta útil para comparar a consistência do crescimento entre grupos e ao longo do tempo.

À medida que o crescimento progride, observa-se uma redução da variabilidade nos períodos finais, indicando maior uniformidade entre os animais. Esse padrão sugere que, ao se aproximarem da maturidade, os indivíduos tendem a apresentar características mais homogêneas, resultando em menores valores de CV (Rocha et al., 2022).

O peso médio final de 2.141 g aos 120 dias situa-se dentro da faixa observada em estudos anteriores (Getnet Zelleke et al., 2022; Sanfo et al., 2008), reforçando o potencial da espécie para produção de carne.

Além disso, a consistência do peso médio sugere que, sob condições de manejo apropriadas, a espécie apresenta desempenho produtivo estável, podendo ser uma alternativa viável para diversificação da produção avícola.

A avaliação dos diferentes modelos de regressão não linear aplicados à curva de crescimento das galinhas-d'angola mostrou diferenças no ajuste (Tabela 3). Foi observado que modelo de Richards, não se ajustou aos dados de forma significativamente superior. Embora o modelo seja flexível por ter um parâmetro a mais em comparação a outros modelos sigmóides avaliados, onde pode se ajustar melhor em situações onde há maior complexidade ou assimetria

na curva, especialmente quando o ponto de inflexão não é fixo (Marinakakis, 2012). Não sendo suficiente para bom ajuste, esses achados não corroboram com estudo Machado et al. (2023) como galinhas caipiras Canela-Preta, onde o modelo de Richards foi o que melhor descreveu o crescimento destas aves que tem como característica crescimento lento assim com as galinhas d'angola.

Já o modelo de Brody caracterizado por crescimento contínuo e lento na fase inicial, geralmente não é o mais adequado para descrever o crescimento de aves. Galinhas caipiras e outros grupos genéticos de codornas, o modelo de Brody frequentemente não convergiu ou não foi recomendado, reforçando sua limitação para espécies com crescimento inicial acelerado (Mota et al., 2015; Araújo et al., 2018).

O modelo de Von Bertalanffy apresentou desempenho intermediário, mas ainda inferior ao Gompertz e Logístico quando se considerou o efeito aleatório combinado. Isso pode estar associado ao fato que a performance do modelo pode variar conforme a espécie e a qualidade dos dados (Molski, 2018).

Entre os modelos testados, o Gompertz com efeitos aleatórios em A e k apresentou os menores valores de 2Log, AIC, BIC e AICC. Resultados semelhantes já foram descritos em estudos com galinha d'angola (Nahashon et al., 2006); galinhas naturalizadas (Ibiapina Neto et al., 2020), frangos de corte (Freitas et al., 2022) e codornas japonesas (Yoshida et al., 2013), confirmando a robustez do modelo de Gompertz para aves.

Gompertz com efeitos aleatórios em A e k é a mais adequada para modelar o crescimento de galinhas-d'angola, refletindo a heterogeneidade individual e permitindo estimativas mais precisas dos parâmetros biológicos do crescimento.

Inclusão de efeitos aleatórios nos parâmetros de crescimento proporcionou o melhor ajustes esse estudo corrobora com estudo de Ibiapina Neto et al., 2020 que afirma que inclusão de efeitos reduziu a variância residual, em seu estudo o modelo de Gompertz com efeito em A

e k foi o melhor para curva de galinhas naturalizadas.

Estimativas dos parâmetros fixos e aleatórios da curva de crescimento de galinhas d'angola (*Numida meleagris*) de acordo com o modelo de Gompertz avaliados na tabela 4. revelou diferenças significativas entre machos e fêmeas especialmente nos parâmetros relacionados B (taxa de crescimento) e k (ponto de inflexão).

No presente estudo, parâmetro A o peso assintótico não apresentou diferença significativa entre machos e fêmeas, sugerindo que ambos os sexos possuem potencial semelhante em termos de tamanho corporal final.

O parâmetro B , que expressa a taxa de crescimento, apresentou diferença significativa entre os sexos. As fêmeas (4,40) em comparação aos machos (4,13), indicando crescimento relativamente mais rápido. As fêmeas apresentam um ritmo de crescimento mais acelerado durante as fases iniciais e intermediárias da vida, que estar bem destacado na Figura 1 essa diferença estar associada especialmente quando a maturidade sexual começa nas fêmeas (Araújo et al.2023).

Essa interpretação é corroborada pelo parâmetro k , que indica a idade de maturidade. As estimativas revelaram uma diferença significativa entre os sexos, evidenciando que as fêmeas atingem a maturidade mais cedo que os machos. Esse resultado reforça a tendência já observada nas taxas de crescimento, as fêmeas apresentam um desenvolvimento corporal mais rápido, enquanto os machos requerem um período mais longo para atingir o peso adulto.

Há evidências em estudos por Araújo et al. (2023) e Mohan et al. (2017) de que as fêmeas atingem a maturidade sexual mais cedo que os machos, apresentando também um desenvolvimento corporal mais rápido, enquanto os machos demoram mais para alcançar o peso adulto.

Resultados reforçam a relevância do modelo de Gompertz com efeitos mistos na descrição do crescimento de aves, pois possibilita captar tanto o potencial produtivo final

quanto as diferenças na dinâmica de crescimento entre machos e fêmeas, fornecendo subsídios para decisões de manejo e estratégias nutricionais mais ajustadas à realidade da espécie.

5. Conclusão

Os resultados evidenciaram dimorfismo sexual no crescimento de galinhas-d'angola, com fêmeas apresentando desenvolvimento mais precoce, embora o peso assintótico final tenha sido semelhante entre os sexos. A modelagem não linear mista mostrou-se adequada para descrever o crescimento e captar a variabilidade individual, fornecendo informações relevantes para o manejo e a produção da espécie.

6. Referências

Abdallah, N.; Oyebamiji, O.A. Guinea fowl production in Africa: economic importance and constraints. *Egyptian Journal of Veterinary Sciences*, p.1-15, 2024.

Araújo, C.C. et al. Analysis of growth curves in different lineages of Caipira broiler type. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v.40, p.e38806, 2018.

Araújo, I.C.S.; Guato-Guamán, C.; Sousa, L.S.; Santos, H.J.B.; Lopes, T.S.B.; Costa, B.T.A.; Lara, L.J.C. Produção de galinhas-d'angola no mundo. *Jornal Mundial de Ciências Avícolas*, v.79, n.2, p.379-390, 2023. <https://doi.org/10.1080/00439339.2023.2189205>.

De CampoS, A.A.S.N. et al. Methods for classifying coefficients of variation in experimentation with poultrys. *Comunicata Scientiae*, v.9, n.4, p.565-574, 2018.

Eleroğlu, H.; Yildirim, A.; Canikli, A.; Duman, M.; Bircan, H. Analysis of growth curves of Guinea fowl (*Numida meleagris*) fed diets containing dry oregano (*Origanum vulgare* L.) in an organic system. *Ciencia e Investigacion Agraria*, v.45, p.99-108, 2018. <https://doi.org/10.7764/RCIA.V45I2.1833>.

Freitas, L.F.V.B.; Bertechini, A.G.; Clemente, A.H.S.; Fernandes, F.A.; Bauth, D.A.; Fernandes, T.J. Growth curves of broilers fed different nutritional relationships using the Gompertz model. *Acta Scientiarum, Animal Sciences*, v.45, n.1, e58287, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asas/a/bH756KnrMpqqwQjg5LkCVZS/?format=pdf>. Acesso em: 26 ago. 2025.

Machado, L.P.M.M. et al. Growth curve of brazilian creole chickens (Canela-Preta Breed) raised in two different rearing systems under tropical climate. *Brazilian Journal of Poultry*

- Science, v.25, n.3, p.eRBCA-2022-1726, 2023.
- Marinakis, Y.D. Forecasting technology diffusion with the Richards model. *Technological Forecasting and Social Change*, v.79, n.1, p.172-179, 2012.
- Mohan, J. et al. Production characteristics and seasonal variations in genital tract of female guinea fowl. 2017.
- Molski, M. Theoretical modeling of pre and postnatal growth. *Journal of Theoretical Biology*, v.458, p.58-67, 2018.
- Nahashon, S.; Aggrey, S.; Adefope, N.; Amenyenu, A. Modeling growth characteristics of meat-type guinea fowl. *Poultry Science*, v.85, n.5, p.943-946, 2006. <https://doi.org/10.1093/PS/85.5.943>.
- Nahashon, S.; Aggrey, S.; Adefope, N.; Amenyenu, A.; Wright, D. Growth characteristics of pearl gray guinea fowl as predicted by the Richards, Gompertz, and logistic models. *Poultry Science*, v.85, n.2, p.359-363, 2006. <https://doi.org/10.1093/PS/85.2.359>.
- Rocha, A.G. et al. Growth performance of broiler chickens fed on feeds with varying mixing homogeneity. *Veterinary and Animal Science*, v.17, p.100263, 2022.
- Sanfo, R. et al. Performances pondérales de la pintade locale (*Numida meleagris*) en système d'alimentation améliorée dans la zone centrale du Burkina Faso. *Revue D'élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, v.61, n.2, p.135-140, 2008.
- Soara, A.; Talaki, E.; Tona, K. Characteristics of indigenous guinea fowl (*Numida meleagris*) family poultry production in northern Togo. *Tropical Animal Health and Production*, v.52, n.6, p.3755-3767, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02413-4>.
- Teleken, J.; Galvão, A.; Robazza, W. Comparing non-linear mathematical models to describe growth of different animals. *Acta Scientiarum, Animal Sciences*, v.39, n.1, p.73-81, 2017. <https://doi.org/10.4025/ACTASCIANIMSCI.V39I1.31366>.
- Zelleke, G. et al. Comparative growth performance and carcass characteristics of guinea fowl (*Numida meleagris*) and three chicken genotypes. *Ethiopian Journal of Science and Technology*, v.15, n.1, p.81-99, 2022.
- Zuidhof, M. Multiphasic poultry growth models: method and application. *Poultry Science*, v.99, p.5607-5614, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.08.049>.

CAPÍTULO II

Modelagem do crescimento e descrição do potencial de desenvolvimento em machos e fêmeas de galinhas-d'angola (*Numida meleagris*)

Conforme as normas da:
Revista Scientia Agricola

Modelagem do crescimento e descrição do potencial de desenvolvimento em machos e fêmeas de galinhas-d'angola (*Numida meleagris*)

*Growth modeling and phenotypic characterization of developmental potential in male and female guinea fowl (*Numida meleagris*)*

M.R. Silva^{1*}; R.R. Lizana²; L.R. Barros²

¹ Mestranda em Zootecnia Tropical, Pós-Graduação em Zootecnia Tropical, Universidade Federal do Piauí – UFPI..

² Professor Adjunto, Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual Paulista - UNESP.

² Professor Adjunto, Departamento de Zootecnia Tropical, Universidade Federal do Piauí – UFPI.

*Autor correspondente M.R. Silva; E-mail: marislaneresendezootecnia@gmail.com

Resumo: O objetivo do presente trabalho foi descrever o crescimento de indivíduos machos e fêmeas de galinha-d'angola (*Numida meleagris*), com base na comparação dos parâmetros da função de Gompertz (Gt). Foram analisados o comportamento da taxa de crescimento (b) ao longo do tempo (ganho de peso diário), o grau de maturidade (u), o crescimento relativo (R) e a variável da Gt que combina parâmetro u em função da idade (t), com o intuito de estabelecer as diferenças fenotípicas entre os sexos. Foram encontradas diferenças entre machos e fêmeas. Observou-se um aumento no peso corporal ao longo do período analisado. Apesar das diferenças médias entre os sexos serem pequenas, as fêmeas apresentaram maior variação individual em determinadas idades, conforme indicado pelos erros-padrão. O valor estimado para o peso assintótico (P_m) dos machos foi de 2319 g. A diferença em relação às fêmeas foi de 56 g, indicando que as fêmeas apresentaram um peso final menor, com diferença estatisticamente significativa ($p = 0,031$). A taxa de crescimento (b) foi de $0,031 \text{ dia}^{-1}$, e a diferença entre os sexos (Δb_i) foi de $-0,0019 \text{ dia}^{-1}$, sugerindo que as fêmeas possuem um b inferior à dos machos, também com diferença estatisticamente significativa ($p = 0,019$). O ponto de inflexão (t^*) foi estimado em 45 dias para os machos, com uma diferença não significativa em relação às fêmeas ($\Delta t_i = 0,564$; $p = 0,298$). O ajuste pela Gt sugere uma previsão confiável das fases de desenvolvimento, permitindo a tomada de decisões estratégicas no sistema de produção, com vistas à melhoria da eficiência produtiva da galinha-d'angola.

Palavras-chave: estratégias de produção, curva de crescimento, peso corporal

Abstract: The aim of this study was to describe the growth of male and female guinea fowl (*Numida meleagris*) based on a comparison of the parameters of the Gompertz function (Gt).

The behavior of the growth rate (b) over time (daily weight gain), the degree of maturity (u), the relative growth (R) and the Gt variable that combines parameter u as a function of age (t) were analyzed in order to establish the phenotypic differences between the sexes. Differences were found between males and females. An increase in body weight was observed throughout the analyzed period. Although the mean differences between the sexes were small, females showed greater individual variation at certain ages, as indicated by the standard errors. The estimated value for the asymptotic weight (P_m) of males was 2319 g. The difference in relation to females was 56 g, indicating that females had a lower final weight, with a statistically significant difference ($p = 0.031$). The growth rate (b) was 0.031 day^{-1} , and the difference between sexes (Δb_i) was -0.0019 day^{-1} , suggesting that females have a lower growth rate than males, also with a statistically significant difference ($p = 0.019$). The inflection point (t) was estimated at 45 days for males, with a non-significant difference in relation to females ($\Delta t_i = 0.564$; $p = 0.298$). Adjustment by Gt suggests a reliable prediction of development phases, allowing strategic decision-making in the production system, with a view to improving the productive efficiency of guinea fowl.

Keywords: production strategies, growth curve, body weight

1. Introdução

As galinhas-d'angola (*Numida meleagris*) possuem considerável potencial produtivo, constituindo uma importante fonte de proteína animal em diversos países (Ebegbulem et al., 2017; Franzoni et al., 2021). Nos últimos anos, essa espécie tem sido amplamente estudada e considerada uma alternativa viável para a avicultura extensiva, principalmente devido ao seu baixo custo de produção e à sua notável resistência a doenças (Franzoni et al., 2021).

Embora a velocidade de crescimento da galinha-d'angola seja inferior à do frango de corte, sua carne apresenta uma boa qualidade, com uma fração significativa de massa magra (Rayan et al., 2022). Além disso, é considerada uma fonte de proteína de alta qualidade (aproximadamente 28%), com baixos teores de colesterol e gordura. Essas aves apresentam rendimento de carcaça superior a 70% aos 56 dias de idade e podem atingir entre 1,4 e 2,1 kg de peso vivo entre 65 e 91 semanas, demonstrando bom desempenho mesmo em condições ambientais variáveis (Rayan et al., 2022). No entanto, a descrição e a predição do crescimento dessas aves ainda são escassamente documentadas na literatura (Nahashon et al., 2006a; 2006b).

Diversos modelos de crescimento têm sido propostos para descrever o desenvolvimento de animais de interesse produtivo (De Freitas, 2005; Macari et al., 2024). Entre eles, o modelo

de Gompertz (1825) tem sido amplamente adotado e estudado para representar o potencial de crescimento de aves, como frangos de corte e perus (Emmans, 2022; Gous et al., 2019; Salisbury et al., 2024).

Diante disso, a hipótese deste estudo é que os parâmetros da função de Gompertz (G_t) e suas funções derivadas (R : crescimento relativo; e u : grau de maturidade) podem evidenciar as diferenças fenotípicas no crescimento de machos e fêmeas da galinha-d'angola.

O objetivo do presente trabalho foi descrever e comparar o crescimento de machos e fêmeas por meio da função de Gompertz (G_t), avaliando parâmetros como taxa de crescimento (b) ao longo do tempo (ganho de peso diário), peso assintótico (P_m), ponto de inflexão (t^*), grau de maturidade (u) e crescimento relativo (R), com o intuito de identificar diferenças fenotípicas entre os sexos e fornecer subsídios para a formulação de estratégias de manejo mais eficientes

2. Materiais e Métodos

2.1 Considerações Éticas

O experimento foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Piauí (UFPI), sob o Protocolo N° 827-24, e foi realizado de acordo com as normas do Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA).

2.2 Localização, Animais e Manejo

O ensaio experimental foi realizado no setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia (DZOO) da UFPI, em Teresina (PI, Brasil). Foram adquiridos 235 pintainhos de um dia de idade, provenientes da empresa EMAPE, localizada em Fortaleza (CE, Brasil).

Os animais foram alojados em grupos de oito indivíduos por box, com área de 2,60 m², utilizando maravalha como material de cama. Cada box foi equipado com comedouros do tipo tubular e bebedouros pendulares, garantindo o fornecimento de água e alimento ad libitum ao longo de todo o período experimental.

As aves foram identificadas individualmente, e o peso vivo foi registrado para monitoramento semanal do crescimento até os 120 dias de idade.

2.3 Sexagem dos Animais

Para a determinação do sexo, foram realizadas coletas de amostras de sangue. O procedimento de coleta consistiu no corte superficial da unha de pintainhos com um dia de idade, até a obtenção de duas gotas de sangue (aproximadamente 0,5 mL), que foram fixadas

no kit, conforme as instruções do fabricante. Este procedimento foi realizado individualmente em cada animal, previamente identificado.

O procedimento de sexagem molecular das aves foi realizado por meio da metodologia de Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), avaliando a amplificação de regiões específicas dos cromossomos sexuais Z e W. Essa metodologia pode ser realizada utilizando penas ou sangue, com resultados de 99,99% de assertividade. Utilizou-se o kit fornecido online, com método sanguíneo, aplicado em papel sulfite comum de dimensões padrão A4 (aproximadamente 0,08 a 0,11 mm), que foi enviado pelo laboratório (ZOOGENE, Belo Horizonte, Brasil). O procedimento foi identificado e o material armazenado à temperatura ambiente de 23°C, para posterior transporte ao laboratório.

Após a confirmação laboratorial do sexo das aves, realizada aos 16 dias de idade, os animais foram separados conforme o sexo e alojados em boxes distintos para continuidade das mensurações individuais.

2.4 Manejo das Aves

O manejo diário incluiu a troca de água, fornecimento de ração, verificação de mortalidade e limpeza dos bebedouros. As dietas foram formuladas com base nas recomendações médias de Bhogju et al. (2017).

Aos 29 dias de idade, os animais passaram a ter livre acesso aos piquetes com pasto de capim-quicuí (Pennisetum clandestinum) por 9 h (horas), em estruturas cercadas com tela trançada de 1,70 m de altura, 9,0 m de comprimento e 1,20 m de largura, com 8,55 m² de pasto por box. Após o período de pastagem, as aves foram recolhidas diariamente para o galpão.

Todos os pintainhos foram vacinados individualmente contra as doenças de Gumboro (VAXXON-G603, São Paulo, Brasil), Newcastle (VAXXON-HB1 e La Sota, São Paulo, Brasil) e bronquite infecciosa (BIO-KORIZA-VET-A221 B222, Fortaleza, Brasil), com reforço na terceira semana, conforme as recomendações dos fabricantes.

2.5 Coleta de Dados

Os procedimentos de pesagem das aves foram realizados individualmente a cada semana, sendo registrado o peso corporal utilizando uma balança (WEIHENG, WH-A08, Guangdong, China) com capacidade de 50 kg e sensibilidade de $\pm 0,5$ g. A pesagem iniciava às 7:00hs, antes do acesso das aves à ingestão de água e ração.

2.6 Modelagem do Crescimento

A descrição do crescimento das aves foi realizada utilizando a função de Gompertz (G_t) modificada, conforme descrito por Emmans (1988; 2022) (Eq. 1), ajustada aos pesos individuais (P) em função da idade (t), conforme o cálculo a seguir:

$$P = P_m \cdot e^{-e^{-b(t-t^*)}} \quad \text{Eq. 1}$$

onde:

P_m : peso assintótico na maturidade;

b : taxa de crescimento (em dias); e

t^* : ponto de inflexão (ou idade a máxima taxa de crescimento).

A partir do modelo, foi calculada a primeira derivada da função (dP/dt) para descrever o ganho de peso diário de cada sexo (Eq. 2), expresso em d^{-1} , de acordo com o cálculo a seguir:

$$\frac{dP}{dt} = b \cdot P \cdot \ell_n \left(\frac{P}{P_m} \right) \quad \text{Eq. 2}$$

onde:

ℓ_n : logaritmo natural;

Para comparar o crescimento diário entre os sexos, foi calculado o grau de maturidade (u) para cada idade, através da relação entre o peso vivo no tempo t e o P_m estimado (Eq. 3), demonstrado no cálculo a seguir:

$$u = \frac{P}{P_m} \quad \text{Eq. 3}$$

Com base em u e b foi calculado o crescimento relativo (R) das aves, que descreve a inclinação da relação entre o ℓ_n do peso vivo (PV) e b para ambos os sexos em P (Eq. 4); onde o objetivo foi descrever as diferenças na velocidade de crescimento entre os machos e as fêmeas, indicado no cálculo a seguir:

$$R = \frac{\left(\frac{dP}{dt} \right)}{P} = b \cdot \ell_n \left(\frac{1}{u} \right) \quad \text{Eq. 4}$$

Adicionalmente, foi calculada a variável de Gompertz (G_t) para representar o u em função de t das aves (Eq. 5), conforme o cálculo a seguir:

$$G_t = -\ell_n(-\ell_n(u)) \quad \text{Eq. 5}$$

Finalmente, para evidenciar as diferenças nos parâmetros de crescimento entre os sexos, foi ajustada uma única função para representar o crescimento das aves (Eq. 6),

independentemente do sexo. Foram incluídos parâmetros adicionais para representar as diferenças fenotípicas nos parâmetros originais da Gt , de acordo com o cálculo a seguir:

$$P = (P_m \pm \Delta P_{m_i}).e^{-e^{-(b \pm \Delta b_i).(t - (t^* \pm \Delta t_i^*))}} \quad \text{Eq. 6}$$

onde:

ΔP_{m_i} , Δb_i e Δt_i^* : diferença de cada parâmetro para ambos os sexos, onde $i = 1$ para macho; e 2 para fêmea.

Com base na Eq. 6, propõe-se a hipótese de que os parâmetros ΔP_{m_i} , Δb_i e Δt_i^* são significativos quando diferem de zero.

Para uma descrição e comparação mais precisas nas Figuras 3A E 3B, o crescimento de machos e fêmeas, foram ajustados modelos de regressão linear simples em duas abordagens complementares: a função de Gompertz transformada (Gt) em função da idade (dias) e o R em função do logaritmo natural do peso vivo ($\ell_n(PV)$)

2.7 Análise Estatística

Os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando o programa SAS (Statistical Analysis System, versão 9.1), considerando a significância do modelo e de cada parâmetro com $p\text{-valor} < 0,05$. O ajuste foi realizado por meio do PROC NLIN, e a comparação dos parâmetros foi feita com base no $t\text{-valor}$ (Eq. 7) em módulo, além do $p\text{-valor}$ da função (Eq. 8), com os cálculos a seguir:

$$t_{\text{valor}} = \frac{PE}{EP} \quad \text{Eq. 7}$$

$$p_{\text{valor}} = 2(1 - p_b |t_{\text{valor}}|, gl) \quad \text{Eq. 8}$$

onde:

PE : parâmetro estimado;

EP : erro-padrão;

p_b : probabilidade; e

gl : grau de liberdade;

3. Resultados

Os resultados das mensurações periódicas das aves de ambos os sexos ao longo do tempo estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Médias e erros-padrão dos registros individuais de pesos em machos e fêmeas de galinha-d'angola (*Numida meleagris*) em função à idade

IDADE (dias)	PESO (g)	
	Macho	Fêmea
1	32 ± 4	32 ± 4
7	84 ± 11	82 ± 12
14	171 ± 25	167 ± 30
21	273 ± 56	264 ± 57
28	410 ± 78	390 ± 94
35	578 ± 119	551 ± 126
42	798 ± 193	7.85 ± 247
49	989 ± 170	9.64 ± 202
56	1.163 ± 204	1.161 ± 185
63	1.292 ± 191	1.297 ± 196
70	1.427 ± 198	1.453 ± 205
77	1.581 ± 176	1.589 ± 187
84	1.714 ± 187	1.754 ± 204
91	1.780 ± 149	1.777 ± 161
98	1.929 ± 163	1.925 ± 184
105	1.971 ± 206	1.957 ± 216
112	2.023 ± 206	2.011 ± 192

Observou-se que o crescimento em ambos os sexos foi contínuo, evidenciando mínimas diferenças numéricas nos valores médios de peso a cada semana. Por outro lado, embora o número de aves por sexo tenha sido semelhante, a partir dos 28 dias de idade, as fêmeas apresentaram maior variação individual em algumas idades, conforme indicado pelos erros-padrão (EP).

Na recepção das aves, com 1 dia de idade, ambos os sexos apresentaram peso médio semelhante (32 ± 4 g), indicando condição semelhante entre eles. Foi observado que, à medida que a idade avançou, o peso corporal aumentou. Aos 42 dias, os machos apresentaram peso médio de 798 ± 193 g, enquanto as fêmeas alcançaram 785 ± 247 g, demonstrando que o crescimento estava em fase acelerada para ambos.

Foi observado que o crescimento foi semelhante até os 56 dias. As médias de peso entre machos e fêmeas permaneceram muito próximas. Entre os 63 e 91 dias, as fêmeas começaram a apresentar valores médios ligeiramente superiores aos dos machos, embora as diferenças fossem pequenas. Durante todo o período avaliado, ambas as aves apresentaram crescimento semelhante até os 119 dias.

O EP dos pesos aumentou durante o período intermediário de crescimento, entre 42 e 84 dias, em ambos os sexos, sugerindo que há variações individuais mais expressivas à medida que os animais crescem.

Os parâmetros estimados pela curva de crescimento de Gompertz para a galinha-d'angola (*Numida meleagris*) são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros estimados pela curva de crescimento de Gompertz para galinhas-d'angola (*Numida meleagris*), com comparação entre sexos. A curva de crescimento padrão foi ajustada com os pesos dos machos, e a significância das diferenças em cada parâmetro foi avaliada para as fêmeas

Parâmetro	Estimado	Erro-Padrão	IC Inferior	IC Superior	t-valor	p-valor
P_m	2.319	18,8	2.279	2.338	153	<0,0001
b	0,031	0,0005	0,031	0,032	72	<0,0001
t^*	44,9	0,37	44,2	45,2	165	<0,0001
ΔP_{m_i}	56,0	27,8	2,7	55,8	2,16	0,031
Δb_i	-0,0019	0,0008	-0,0024	-0,0002	-2,35	0,019
Δt_i^*	0,564	0,541	-0,497	1,625	1,04	0,298

P_m = peso assintótico na maturidade, b = taxa de crescimento (g d^{-1}), t^* = ponto de inflexão, ΔP_{m_i} , Δb_i e Δt_i^* = diferença de cada parâmetros para ambos os sexos ($i = 1$, macho; 2, fêmeas).

Os resultados evidenciaram que o ajuste do modelo geral foi significativo, sendo que os parâmetros de Gompertz: P_m , b e t^* , representaram significativamente o crescimento da espécie ($p < 0,01$). Adicionalmente, os parâmetros que descrevem a diferença entre machos e fêmeas (ΔP e Δb) apresentaram significância ($p < 0,05$), demonstrando que o peso na maturidade e o parâmetro b são diferentes entre os sexos. Por outro lado, a idade da máxima velocidade de crescimento foi semelhante entre ambos os sexos, observando-se uma diferença de $\Delta t^* = 0,56$ dias ($p > 0,05$).

O valor estimado para P_m dos machos foi de 2319 g, apresentando uma diferença em relação às fêmeas (ΔP_{m_i}) de 56 g, o que indica que as fêmeas apresentaram um peso menor na maturidade, com diferença estatisticamente significativa ($p = 0,031$) (Figura 1).

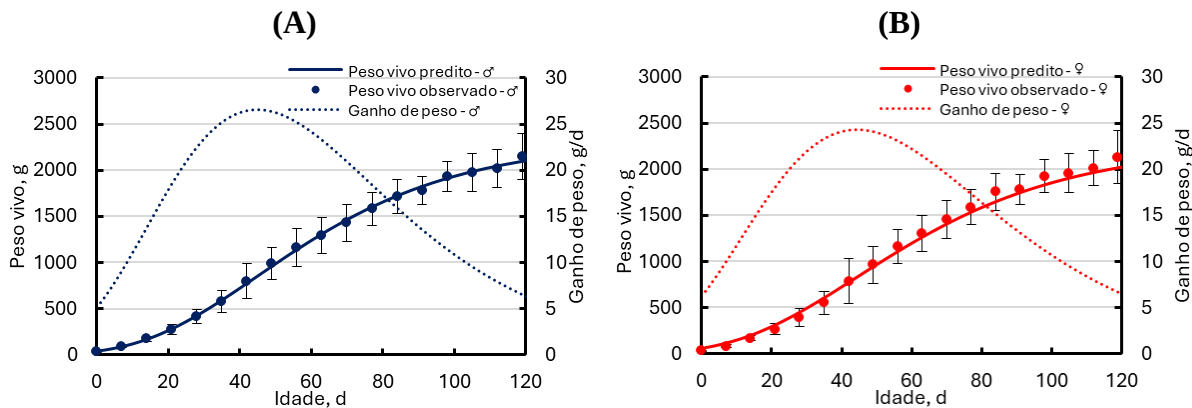
A taxa de crescimento (b) foi de $0,031 \text{ dia}^{-1}$, e a diferença entre os sexos (Δb_i) foi de $-0,0019 \text{ dia}^{-1}$, sugerindo que as fêmeas apresentam b menor do que os machos, com diferença

estatisticamente significativa ($p = 0,019$).

O ponto de inflexão (t^*), que corresponde à idade na qual ocorre a taxa máxima de crescimento, foi estimado em 45 dias para os machos. Ambos os sexos atingiram aos 45 dias Δ não foi significativo.

Na Figura 1, apresentam-se as curvas de crescimento e o ganho de peso diário de machos e fêmeas de galinha-d'angola, ajustadas pela função de Gompertz (Gt).

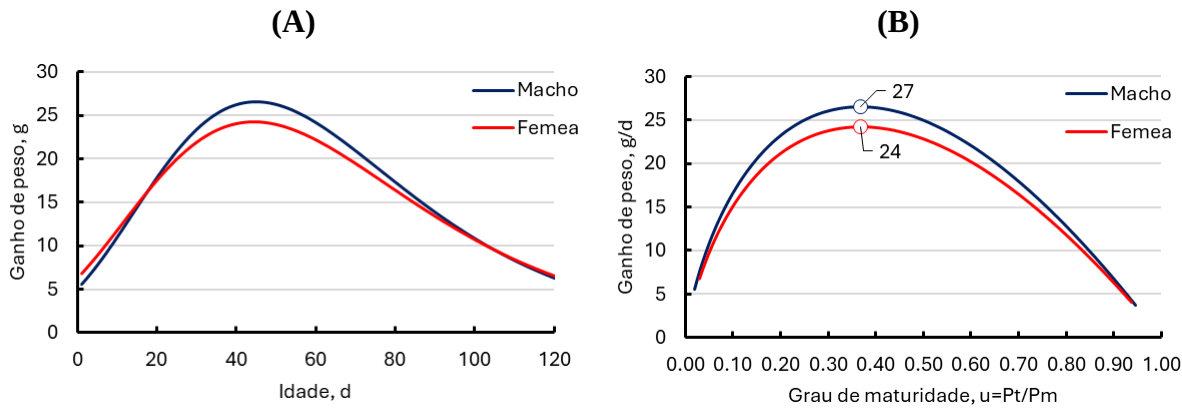
Figura 1. Curvas de crescimento e ganho de peso diário de machos (A) e fêmeas (B) de galinha-d'angola (*Numida meleagris*) ajustadas pela função de Gompertz.



Para os machos (Figura 1: *linha azul*), o peso vivo predito atinge valores ligeiramente superiores aos das fêmeas (Figura 1: *linha vermelha*), indicando maior capacidade de ganho de massa corporal. A curva de crescimento ajustada para as fêmeas segue um padrão semelhante, mas o peso final predito e observado é inferior ao dos machos, evidenciando diferenças no desenvolvimento corporal entre os sexos.

Na Figura 2A, é descrito o ganho de peso diário (b : taxa de crescimento) em função da idade.

Figura 2. (A) Descrição da taxa de crescimento absoluto (ou ganho de peso diário) em função da idade das aves, e **(B)** expressão da taxa de crescimento em função do grau de maturidade (u), de machos e fêmeas de galinha-d'angola (*Numida meleagris*).



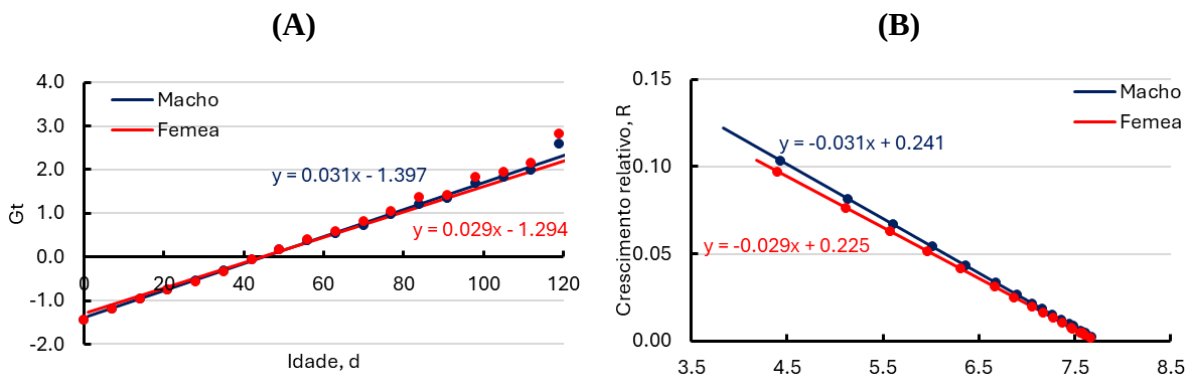
Observa-se que tanto machos quanto fêmeas apresentam um padrão de crescimento semelhante. Inicialmente, há um aumento rápido na taxa de ganho de peso diário, atingindo um pico máximo por volta dos 40 dias de idade. Os machos atingem um ganho de peso máximo de aproximadamente 27 g.dia⁻¹, enquanto as fêmeas alcançam cerca de 24 g.dia⁻¹. Entretanto, embora a idade em que ocorre a máxima b não tenha sido diferente entre os sexos, essa comparação do ganho de peso em função da idade absoluta não representa uma observação objetiva, uma vez que se trata de animais com diferença no status fisiológico para determinada idade temporal. Nesse sentido, a avaliação do parâmetro b em função do parâmetro u representa melhor as diferenças na velocidade de crescimento de ambos os sexos (Figura 2B).

Nesse sentido, observa-se que o ganho de peso diário atinge o pico quando o grau de maturidade (u) é 0,37, com uma diferença numérica no máximo ganho de peso de 24 e 27 g.dia⁻¹ para as aves fêmeas e machos, respectivamente. Essa comparação elucida melhor a diferença no comportamento de crescimento das aves, relativizada pelo parâmetro u . Essa fase corresponde ao momento de maior eficiência no crescimento, quando a ave está depositando massa corporal em um ritmo acelerado. Assim como no gráfico anterior, os machos apresentam um ganho de peso ligeiramente superior ao das fêmeas em todas as fases de maturidade, mas

ambos os sexos seguem um padrão de desenvolvimento semelhante.

Por outro lado, para uma descrição e comparação mais precisas (Figura 3A), o parâmetro b é descrito por equações de regressão linear para ambos os sexos (macho: $y = 0,031x - 1,397$; e fêmea: $y = 0,029x - 1,294$).

Figura 3. (A) Descrição da taxa de crescimento (b) de galinha-d'angola (*Numida meleagris*) macho ($b = 0,031$) e fêmea ($b = 0,026$) calculado como a função variável de Gompertz (Gt) em função da idade (t), e **(B)** calculado a partir da taxa de crescimento relativo (R) em função do logaritmo natural (ℓ_n) do peso vivo.



Dessa forma, observa-se (Figura 3) que os machos possuem um b superior (0,031 versus 0,029) em comparação com as fêmeas ao longo do tempo, resultando em uma maior capacidade de ganho de peso absoluto nos machos.

Adicionalmente, nas funções de regressão descritas anteriormente, ao calcular o intercepto no eixo “ x ” (onde $y = 0$), foi possível determinar a idade de máxima velocidade de crescimento, sendo estas de 45 e 44,1 dias para aves machos e fêmeas, respectivamente. Essa determinação também evidencia a mínima diferença existente para esse parâmetro entre os sexos.

A expressão da taxa de crescimento relativo (R) (Figura 3B) foi descrita pela relação linear entre o logaritmo natural (ℓ_n) do peso vivo em função de R , obtendo-se as equações

ajustadas para aves machos ($y = -0,031x + 0,241$) e fêmeas ($y = 0,029x + 0,255$). Ambas as curvas apresentam uma tendência negativa, ou seja, à medida que o logaritmo do peso vivo aumenta, a taxa de crescimento relativa diminui até atingir o peso na maturidade ($y = 0$). Da mesma forma, a taxa de crescimento, descrita pelo *slope* (ou inclinação) da função, mostra taxas semelhantes às aquelas obtidas na descrição do crescimento absoluto e preditas pelo parâmetro b da Gt .

Com esses resultados, foi evidenciado que os machos apresentam uma taxa de crescimento relativa ligeiramente superior à das fêmeas, alcançando um P_m mais elevado. Esse comportamento reforça a influência do dimorfismo sexual no desenvolvimento corporal.

4. Discussão

Embora a mensuração periódica do peso vivo das aves em ambos os sexos possa evidenciar diferenças numéricas, essas variações não são constantes, sendo necessário uma descrição mais objetiva do crescimento dessas aves. Adicionalmente, a descrição do crescimento de uma população de aves representa um desafio, pois, à medida que as aves aumentam de peso em função da idade, também há um aumento no desvio padrão da população, expressando as características do indivíduo em relação à população.

O aumento do desvio padrão do peso corporal com a idade é um fenômeno comum em dados de séries temporais. À medida que os animais crescem, as diferenças individuais no crescimento se tornam mais evidentes.

Nos estudos mencionados de Nahashon et al. (2006a, 2006b), os resultados indicam que o padrão observado no crescimento de galinhas-d'angola também se alinha a esse comportamento esperado, com o desvio padrão do peso aumentando conforme as aves crescem. No primeiro estudo (2006a), embora o período de monitoramento fosse mais curto (63 dias), já se observava esse aumento. No segundo estudo (2006b), com monitoramento até os (154 dias),

esse efeito foi ainda mais pronunciado, sugerindo que com o prolongamento da observação, as diferenças individuais se tornam ainda mais evidentes.

Por outro lado, a observação dos pesos médios em cada idade pode evidenciar pequenas diferenças aos 70 dias, quando as fêmeas parecem ganhar ligeiramente mais peso do que os machos. No entanto, essas diferenças não são expressivas, indicando que, até essa idade, não há um dimorfismo sexual evidente no crescimento corporal.

Outro estudo relevante que aborda a variação individual no crescimento de diferentes linhagens de frango de corte caipira foi realizado por Moraes et al. (2015), que investigaram o crescimento de quatro linhagens de frangos caipira. Eles observaram que, para todas as linhagens, o desvio padrão aumentou ao longo do tempo, indicando variações individuais mais expressivas à medida que os animais cresciam.

Nesse sentido, uma comparação isolada dos valores médios de peso vivo em cada idade não é argumento suficiente para entender e diferenciar o crescimento das aves dependendo do sexo, dada a natureza dos dados. A descrição do crescimento utilizando modelos não-lineares representa melhor essas diferenças, permitindo sua interpretação a partir dos parâmetros (Macari et al., 2024). O modelo de Gompertz, por sua vez, descreve com precisão o fenômeno do crescimento, possibilitando a interpretação de seus parâmetros e a comparação entre fenótipos (Emmans, 1988).

A descrição do crescimento por esse modelo representa um crescimento exponencial em duas fases: um crescimento acelerado, seguido de um desaceleramento no parâmetro b , delimitado pelo ponto de inflexão (t^*). Esse fenômeno pode ser observado na primeira derivada da função de Gompertz (Gt), que representa o ganho de peso diário. Nos resultados observados, ficou evidente que essa idade não difere entre machos e fêmeas; entretanto, o b para alcançar essa idade varia entre os sexos.

Convém mencionar que a desaceleração do crescimento é uma parte natural do processo

de desenvolvimento, pois a aceleração do ganho de peso diminui com o tempo. Isso pode resultar em maior variação entre os indivíduos, uma vez que alguns continuam ganhando peso enquanto outros estabilizam mais rapidamente, refletindo as diferenças fenotípicas dentro de uma mesma espécie e a variação entre os indivíduos. Esse comportamento segue o padrão sigmoide típico do crescimento animal, no qual o ganho de peso é mais rápido nas fases iniciais e diminui à medida que o organismo se aproxima da maturidade.

O valor observado do peso corporal assintótico (P_m) representa o limite superior do crescimento de um organismo, ou seja, o valor máximo que o indivíduo pode alcançar à medida que o tempo (ou idade) avança, correspondendo à maturidade somática, onde os animais atingem o equilíbrio no crescimento. Nahashon et al. (2006a) observaram, em relação ao P_m , diferenças entre machos e fêmeas galinha d'angola (*Numida meleagris*) no modelo de Gompertz com 9 semanas, representando apenas um período do crescimento desses animais, o que limita a capacidade de representar a maturidade completa da espécie. No presente estudo, as medições foram realizadas ao longo de aproximadamente 17 semanas, totalizando 120 dias, o que permitiu representar todas as fases do crescimento e descrever com acurácia os parâmetros da função. Dessa forma, foi possível observar diferenças significativas nos parâmetros do modelo de Gompertz entre machos e fêmeas, com os machos apresentando um ligeiro aumento do P_m em relação às fêmeas.

Para que uma ave atinja seu P_m de forma ideal, o tempo é um fator determinante, pois influencia a eficiência do ganho de peso. É possível identificar os períodos de maior b e aproveitamento de nutrientes, além de determinar o momento mais adequado para o abate. Assim, essa análise se torna uma ferramenta importante para os produtores, permitindo otimizar o manejo e a produtividade.

Eleroğlu et al. (2014); Figueiredo et al. (2024) e Machado et al. (2023) também observaram maiores P_m nos machos em comparação às fêmeas, conforme indicado pelos

parâmetros de outros modelos. Nesse sentido, a utilização de diferentes modelos para descrever o crescimento pode dificultar a interpretação e a comparação dos resultados. No presente estudo, definimos o modelo de Gompertz como a função padrão para a descrição do crescimento, pois foi amplamente utilizado e aceito para outras espécies de aves. Além disso, o modelo se baseia na teoria do potencial de crescimento proposta por Emmans (1988), que tem sido amplamente aceita na avicultura.

Destacando-se especialmente no que diz respeito ao crescimento e à maturidade sexual, essas diferenças são resultado do dimorfismo sexual característico da espécie. O parâmetro b pode ser influenciado por esse dimorfismo, que se reflete não apenas no peso corporal, mas também no parâmetro u (Angel et al., 2015). Em *Numida meleagris*, o mecanismo responsável pela manifestação do dimorfismo sexual nesta espécie ainda é desconhecido.

Embora o peso médio dos indivíduos tenha permanecido semelhante ao longo do período analisado, observou-se variação no b e no u , refletindo padrões de desenvolvimento distintos entre machos e fêmeas.

As pesquisas de Eleroğlu et al. (2014) e Machado et al. (2023) também observaram taxas de crescimento superiores nos machos em comparação às fêmeas, em seus estudos sobre o crescimento utilizando modelos.

Estudos realizados por Marcato et al. (2010) com o modelo de Gompertz aplicado a frangos de corte identificaram que os machos apresentam maior precocidade em relação às fêmeas quanto ao parâmetro b , bem como em outros parâmetros, como a deposição de proteína, gordura e água na moela.

As taxas de crescimento (b) mais rápidas observadas nos machos, em comparação às fêmeas, podem estar associadas a fatores hormonais e comportamentais. Além disso, o fornecimento de uma ração balanceada, com níveis adequados de proteína e energia, deve ser ajustado com base no b de cada sexo. Para os machos, uma dieta que favoreça o aumento de

massa muscular pode ser mais vantajosa, enquanto, para as fêmeas, o foco pode estar em uma alimentação que beneficie tanto o desenvolvimento corporal quanto à capacidade de postura.

O t^* representa a transição em que ocorre uma mudança no comportamento da curva de crescimento, passando da fase de ascensão para a de desaceleração (De Carvalho et al., 2021). Nesse sentido, tanto machos quanto fêmeas atingiram a taxa máxima de crescimento por volta dos 45 dias de idade. Embora os machos tenham apresentado b superior, o que resultou em maiores estimativas de peso adulto, o t^* foi semelhante entre os sexos.

Isso pode sugerir que fatores biológicos ou ambientais influenciam ambos os sexos de forma semelhante, indicando que, nessa linhagem, há uma programação genética comum que permite que machos e fêmeas atinjam o t^* no mesmo momento. Esse padrão ocorre porque a genética determina tanto o b inicial quanto o tempo de transição entre as fases de crescimento acelerado e desacelerado.

Os resultados expressos na Figura 1 são fundamentais para o manejo de galinhas-d'angola, especialmente no que se refere à formulação de dietas específicas que visem maximizar o crescimento durante o período de maior ganho de peso.

Para estimar as exigências nutricionais de um animal, é fundamental descrever adequadamente seu genótipo e compreender seu potencial de crescimento (Sakomura et al., 2017). Para isso, utiliza-se a curva de crescimento de Gompertz, que considera três parâmetros essenciais: a taxa de maturação, o peso corporal em um dado momento e o P_m (peso na maturidade).

O ajuste pela Gt fornece uma previsão confiável das fases de desenvolvimento, permitindo a tomada de decisões estratégicas no sistema de produção, com foco na melhoria da eficiência dos animais. Brusamarelo et al. (2020) destacam que o modelo de Gompertz é amplamente utilizado na avicultura para descrever o padrão de crescimento das aves, oferecendo estimativas precisas que auxiliam nas decisões relacionadas ao manejo e à nutrição.

Camas-Robles et al. (2020) apresentaram dados sobre o crescimento da *Numida meleagris*, evidenciando que o peso corporal aumenta progressivamente ao longo das semanas, com variações atribuídas a fatores nutricionais e genéticos. Embora os estudos não tenham utilizado explicitamente o modelo de Gompertz, os resultados observados são consistentes com as características de crescimento descritas por esse modelo, o que reforça sua aplicabilidade na descrição do desenvolvimento dessas aves.

A Figura 2A descreve a taxa de crescimento absoluto, enquanto a Figura 2B apresenta essa taxa expressa em função do grau de maturidade (u). O comportamento observado em ambos os gráficos é consistente com o modelo de crescimento de Gompertz, que descreve a desaceleração natural do crescimento após o pico.

A exploração de estudos com o modelo de Gompertz vem, ao longo dos anos, demonstrando que essa função oferece uma previsão confiável das fases de desenvolvimento. Um exemplo é a pesquisa de De Freitas et al. (1894), que avaliou diferentes modelos matemáticos para descrever o crescimento de frangos de corte e concluiu que as equações de Gompertz e Logística proporcionaram as estimativas mais adequadas. Embora o estudo tenha sido realizado com frangos de corte, os resultados indicam que o modelo de Gompertz é eficaz na descrição do crescimento de aves, podendo, portanto, ser aplicado a outras espécies, como a *Numida meleagris*.

Na Figura 3, a aceleração do crescimento observada nos machos pode representar uma adaptação evolutiva voltada para a maximização do sucesso reprodutivo, permitindo que atinjam mais rapidamente a maturidade sexual e aumentem suas chances de competição intraespecífica.

A análise do parâmetro R , baseada no logaritmo natural (ℓ_n) do peso vivo, oferece uma abordagem alternativa para a avaliação do crescimento das aves. O uso do ℓ_n permite uma melhor visualização das variações de crescimento ao longo do tempo, especialmente nos

estágios em que o ganho de peso é mais acentuado, facilitando a comparação entre indivíduos e entre diferentes fases de desenvolvimento.

A *Gt* fornece uma previsão do momento em que o crescimento começa a desacelerar, indicando os limites biológicos do desenvolvimento. Em contraste, a taxa de crescimento relativa concentra-se nas variações de crescimento em diferentes intervalos de peso e idade, permitindo uma compreensão mais detalhada das fases iniciais e intermediárias do desenvolvimento da galinha-d'angola.

Dos Santos et al. (2005), ao avaliarem o crescimento de aves por meio da equação de Gompertz, observaram diferenças entre machos e fêmeas em diversas linhagens, obtendo resultados semelhantes aos apresentados na Figura 3.

Por fim, a Figura 3 expressa um resultado característico do modelo de Gompertz, no qual o crescimento apresenta um comportamento sigmoide com um ponto fixo de inflexão; essa característica descreve a desaceleração do crescimento das aves.

A *Numida meleagris* é originária da França e já foi submetida a processos de melhoramento genético voltados para o aumento da deposição de carne. Embora sua importância econômica esteja em crescimento, especialmente em sistemas de produção alternativos, a linhagem estudada apresenta diferenciais produtivos em comparação com outras populações de galinhas-d'angola não submetidas ao melhoramento genético.

Há uma carência de informações detalhadas sobre o crescimento e o desenvolvimento da galinha-d'angola. A literatura sobre as taxas de crescimento dessa espécie é limitada, o que dificulta o avanço no manejo e na melhoria da produtividade. Embora existam algumas pesquisas, a maior parte dos estudos disponíveis concentra-se em aspectos como alimentação e reprodução, com pouca ênfase na modelagem quantitativa do crescimento — como a utilização de funções matemáticas para estimar as taxas em diferentes idades. Esse cenário representa um fator limitante para a implementação de estratégias de manejo mais eficazes. Além disso, a falta

de dados pode levar à subutilização do potencial produtivo dessa espécie.

5. Conclusão

O modelo de Gompertz possibilitou descrever as características de crescimento e comparar machos e fêmeas de galinha-d'angola ao longo de 120 dias, com os machos mostrando maior taxa de crescimento e peso assintótico, indicando a necessidade de manejo diferenciado por sexo.

6. Referências Bibliográficas

- Angel LP, Wells, MR, Rodríguez-Malagón MA, Tew E, Speakman JR, Arnould JPY. 2015. Sexual size dimorphism and body condition in the Australasian gannet. PLoS One 10(12):e0142653. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142653>.
- Bhogoju S, Nahashon SN, Donkor J, Kimathi B, Johnson D, Khwatenge C, et al. 2017. Effect of varying dietary concentrations of lysine on growth performance of the Pearl Grey guinea fowl. Poultry Science, 96(5):1306-1315. <https://doi.org/10.3382/ps/pew395>.
- Brusamarelo E, Pereira TVS, Brusamarelo D, Souza CS, Oliveira HC, Corrêa GSS, et al. 2020. Modelo de crescimento de Gompertz na avicultura: algumas considerações. Research, Society and Development 9(8):e508985208–e508985208 (in Portuguese with abstract in English). <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5208>.
- Camas-Robles G, Ruiz-Sesma B, Mendoza-Nazar P, Portillo-Salgado R, Hernández-Marín A, Cigarroa-Vázquez F. 2020. Productive behavior and composition of the carcass of the Guinea fowl (*Numida meleagris*). Abanico veterinario 10:1-14. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2020.34>.
- De Carvalho AA, Rocha AO, De Carvalho AD, Almeida MJO, Barbosa BL, Lima Junior AF, et al. 2021. Crescimento corporal, particularidades e importância econômica das galinhas

caipiras: uma revisão. Suinocultura e avicultura: do básico a zootecnia de precisão
 1(1):167-179 (in Portuguese with abstract in English).
<https://doi.org/10.37885/210203194>.

De Freitas AR. 2005. Curvas de Crescimento na produção animal. Revista Brasileira de
 Zootecnia 34(3):786-795 (in Portuguese with abstract in English).
<https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000300010>.

De Freitas AR, Albino LFT, Filho TM, De Rosso LA. 1984. Modelos de curvas de crescimento
 em frangos de corte. Pesquisa Agropecuária Brasileira 19(9):1057-1064 (in Portuguese
 with abstract in English).

Dos Santos AL, Sakomura NK, Freitas ER, Fortes CMLS, Carrilho ENVM, Fernandes JBK.
 2005. Estudo do crescimento, desempenho, rendimento de carcaça e qualidade de carne de
 três linhagens de frango de corte. Revista Brasileira de Zootecnia 34(5):1589-1598 (in
 Portuguese with abstract in English). <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000500020>.

Ebegbulem VN, Asuquo BO, Okon B. 2017. Genotype influence on production, fertility and
 hatchability of eggs of guinea fowl (*Numida meleagris*) in a tropical rain forest zone of
 Nigeria. Journal of Scientific and Engineering Research 4(5):94-97.

Eleroğlu H, Yildirim A, İkeröğlu A, et al. Comparação de curvas de crescimento por modelos
 de crescimento em genótipos de frango de crescimento lento criados no sistema orgânico.
 2014. International Journal of Agriculture & Biology 16(3):529-35.

Emmans GC. 2022. The potential post-hatching growth of domestic birds is sufficiently
 described by the Gompertz function. British Poultry Journal 63(5):701-719.
<https://doi.org/10.1080/00071668.2022.2083941>.

Emmans GC. 1988. Genetic components of potential and actual growth. BSAP Occasional
 Publication 12:153-181. <https://doi.org/10.1017/S0263967X00003347>.

Figueiredo NEM, Almeida ECJ, Farias Filho RV, Wenceslau AA, Nunes LA, Malhado CHM,

et al. 2024. Diversidade fenotípica e desenvolvimento ponderal de frangos Peloco. *Archivos de Zootecnia* 73(283):140-148. (in Portuguese with abstract in English). <https://doi.org/10.21071/az.v73i283.5853>.

Franzoni A, Castillo A, Russo C, Cecchi F, Schiavone A, Di Cossato MMF. 2021. Observations on the embryonic development of domestic meat-type guinea fowl (*Numida meleagris*). *Italian Journal of Animal Science* 20(1):2034-2040. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.1993757>.

Gompertz B. 1825. On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies *philosophical transactions of the royal society of London* 115:513-583.

Gous RM, Fisher C, Tůmová E, Machander V, Chodová D, Vlčková J, et al. 2019. The growth of turkeys 1. Growth of the body and feathers and the chemical composition of growth. *British Poultry Science* 60(5):539-547. DOI: 10.1080/00071668.2019.1622076.

Macari M, Lizana RR, Sakomura NK. 2024. Crescimento de frango de corte. FUNESP: São Paulo (in Portuguese with abstract in English).

Machado LPMM, Figueiredo FLAS, Carvalho DA, Sarmento JLR, Rocha AO, Souza Junior A, et al. 2023. Growth curve of brazilian creole chickens (Canela-Preta Breed) raised in two different rearing systems under tropical climate. *Brazilian Journal of Poultry Science* 25(3): eRBCA-2022-1726. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2022-1726>.

Marcato SM, Sakomura NK, Fernandes JBK, De 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(5): 1082-1091 (in Portuguese with abstract in English). <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000500019>.

Morais J, Ferreira PB, Jacome IMTD, Mello R, Breda FC, Rorato PRN. 2015. Curva de crescimento de diferentes linhagens de frango de corte caipira. *Ciência Rural* 45(10): 1872-

1878 (in Portuguese with abstract in English). <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20130867>.

Nahashon SN, Aggrey SE, Adefope NA, Amenyenu A, Wright D. 2006a. Growth characteristics of pearl gray guinea fowl as predicted by the Richards, Gompertz, and logistic models. *Poultry Science* 85(2):359-363, 2006. <http://dx.doi.org/10.1093/ps/85.2.359>.

Nahashon SN, Aggrey SE, Adefope NA, Amenyenu A. 2006b. Modeling growth characteristics of meat-type guinea fowl. *Poultry Science* 85(5):943-946. <http://dx.doi.org/10.1093/ps/85.5.943>.

Rayan GN, Mansour A, Fathi MM. 2022 Estudo comparativo da qualidade do ovo e da carne de galinhas-d'angola em diferentes regiões tropicais: uma revisão. *Revista Brasileira de Ciência Avícola* 24(04): eRBCA-2022-1677 (in Portuguese with abstract in English).

Sakomura NK, Hauschild L, Ferreira NT, Antayhua FAP. 2017. Modelo de simulação do crescimento e exigências nutricionais de frangos de corte. In: *Anais ZOOTEC* (in Portuguese with abstract in English).

Salisbury F, Gous RM, Cowieson AJ, Van Rensburg CJ, Rochell SJ, Walters, H. 2024. Evaluation of body calcium and phosphorus composition of the Cobb 700 genotype during growth. *British Poultry Science* 66(1):116-123. <http://dx.doi.org/10.1080/00071668.2024.2394976>.

CAPÍTULO III

Efeito da proteína balanceada no desempenho, rendimento de carcaça e qualidade de carne de galinha-d'angola (*Numida meleagris*)

Conforme as normas da:
Revista Poultry Science

Efeito da proteína balanceada no desempenho, rendimento de carcaça e qualidade de carne de galinha-d'angola

[Effect of Balanced Protein on Performance, Carcass Yield, and Meat Quality of Guinea Fowl (*Numida meleagris*)]

M.R. SILVA^{1*}; L.R. BARROS²

¹ Mestranda em Zootecnia Tropical, Pós-Graduação em Zootecnia Tropical, Universidade Federal do Piauí - UFPI, Teresina, Piauí, Brasil.

² Professor Adjunto, Departamento de Zootecnia Tropical, Universidade Federal do Piauí - UFPI,

*Autor correspondente M.R. Silva; E-mail: marislaneresendezootecnia@gmail.com

Resumo: A galinha-d'angola (*Numida meleagris*), ave originária da África, tem despertado crescente interesse no Brasil, especialmente em sistemas de produção alternativos e sustentáveis. No entanto, o crescimento da criação ainda é limitado por desafios relacionados à nutrição e ao manejo alimentar. O objetivo deste estudo foi avaliar os o sexo e dietas formuladas com diferentes balanceamentos de proteína (BP) sobre o desempenho produtivo, rendimento de carcaça e qualidade da carne de galinhas-d'angola (*Numida meleagris*). O estudo foi conduzido no setor de Avicultura da Universidade Federal do Piauí (UFPI), foram utilizados 160 pintainhos de galinha d'angola, com 17 dias de idade (após confirmação genética da sexagem das aves), distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x2 (BP x sexo). O balanceamento das dietas foi feito levando em consideração o atendimento da relação ideal da lisina com os principais aminoácidos digestíveis recomendada para galinha da angola e frangos de corte, priorizando ou não o atendimento da proteína bruta, respectivamente. Aos 90 dias de idade, foram avaliadas as variáveis de desempenho (consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar), rendimento de carcaça, de cortes comerciais (peito, coxa, sobrecoxa, asas, tulipa) de vísceras (fígado, coração, moela, gordura abdominal) e características físicas da carne (pH, perda por cozimento, perda por gotejamento, força de cisalhamento e coloração – L*, a*, b*). Na fase de 17 a 28 dias, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. No entanto, de 17 a 57 dias, houve interação significativa entre BP e sexo para peso médio ($P=0,0277$) e ganho de peso ($P=0,0283$), o BP com menor nível de PB prejudicou o desempenho apenas dos machos nessa fase. No período total (17 a 90 dias), houve efeito apenas do sexo, machos apresentaram maior peso final (1859,9 g) e ganho de peso (1653,4 g) em comparação as fêmeas ($P<0,05$). Houve interação do sexo e BP para o rendimento de coxa, sobrecoxa, tulipa, e gordura abdominal, e o machos apresentaram maior rendimento de coxa ($P=0,0012$) que as fêmeas. A coloração da carne apresentou interação significativa entre sexo e BP para Luminosidade (L*), em que o BP com menor nível de PB reduziu a L* apenas na carne das fêmeas 45 min após o abate, porém após 24 horas, não foi mais observa a interação sexo e BP, houve apenas efeito do sexo, persistindo menor luminosidade na carne das fêmeas. Houve efeito ($P<0,0001$) da BP sobre o custo médio de arraçãoamento e sobre a rentabilidade média, o BP com menor nível de PB proporcionou melhor viabilidade econômica. A dieta com proteína balanceada, mantendo a exigência de proteína bruta favorece o desempenho produtivo dos machos, embora com maior custo, enquanto a dieta balanceada, com Redução da exigência proteína bruta apresenta melhor

rentabilidade. Assim, a escolha da dieta deve equilibrar desempenho e custo, conforme os objetivos do sistema de criação.

Palavras-chave: capote; lisina; proteína ideal

Abstract: The guinea fowl (*Numida meleagris*), a bird native to Africa, has been attracting growing interest in Brazil, particularly in alternative and sustainable production systems. However, the growth of this breed is still limited by challenges related to nutrition and feed management. The objective of this study was to evaluate the effects of sex and diets formulated with different protein balances (BP) on the productive performance, carcass yield, and meat quality of guinea fowl (*Numida meleagris*). The study was conducted in the Poultry Department of the Federal University of Piauí (UFPI). One hundred and sixty 17-day-old guinea fowl chicks (after genetic confirmation of sex) were distributed in a completely randomized design in a 2x2 factorial arrangement (BP x sex). Diet balance was determined taking into account the ideal ratio of lysine to the main digestible amino acids recommended for guinea fowl and broilers, prioritizing or not prioritizing crude protein, respectively. At 90 days of age, performance variables (feed intake, weight gain, and feed conversion), carcass yield, commercial cuts (breast, thigh, drumstick, wings, tulip), viscera (liver, heart, gizzard, abdominal fat), and meat physical characteristics (pH, cooking loss, drip loss, shear force, and color – L*, a*, b*) were evaluated. In the 17-28 day period, no significant differences were observed between treatments. However, from 17 to 57 days, there was a significant interaction between BP and sex for average weight ($P = 0.0277$) and weight gain ($P = 0.0283$). BP with a lower BP level impaired the performance of only males in this phase. In the total period (17 to 90 days), there was only a sex effect, with males showing higher final weight (1859.9 g) and weight gain (1653.4 g) compared to females ($P < 0.05$). There was an interaction between sex and BP for thigh, drumstick, thigh, and abdominal fat yield, and males showed higher thigh yield ($P = 0.0012$) than females. Meat color showed a significant interaction between sex and BP for Luminosity (L*), in which the BP with the lowest BP level reduced L* only in the meat of females 45 min after slaughter, but after 24 hours, the sex and BP interaction was no longer observed, with only a sex effect remaining, with lower luminosity in the meat of females. There was an effect ($P < 0.0001$) of BP on the average feed cost and average profitability, with the BP with the lowest BP level providing better economic viability. A balanced protein diet that maintains the crude protein requirement favors male productive performance, albeit at a higher cost, while a balanced diet that reduces the crude protein requirement offers better profitability. Therefore, diet selection must balance performance and cost, according to the objectives of the breeding system.

Keywords: capote; lysine; ideal protein

1. INTRODUÇÃO

Essa espécie se apresenta como uma alternativa promissora à avicultura convencional, não só em função do alto valor nutricional e sabor característico da sua carne, mas também pela sua rusticidade, resistência a doenças e capacidade de adaptação a diferentes condições

ambientais para sua criação (Shoyombo et al., 2021; Soara et al., 2020).

No entanto, o crescimento sustentável da produção de galinhas-d'angola ainda é limitado por desafios relacionados à nutrição e ao manejo alimentar. A alimentação representa o principal custo na produção avícola, e a ausência de exigências nutricionais bem estabelecidas para a espécie obriga os produtores a utilizarem dietas formuladas para frangos de corte, o que pode comprometer o desempenho zootécnico (Batkowska et al., 2021). A proteína é um dos nutrientes mais importantes na dieta, influenciando diretamente o ganho de peso, a conversão alimentar, o rendimento de carcaça e a qualidade da carne (Brasil et al., 2018).

Entretanto, por muitos anos, as formulações de rações para aves foram desenvolvidas com base nos teores de proteína bruta, o que frequentemente levou a dietas desequilibradas, resultando em deficiências ou excessos de aminoácidos (Campos et al., 2012). Níveis inadequados de proteína podem resultar em crescimento lento, baixa eficiência produtiva e maiores custos de produção (Barekatin-Reza et al., 2023).

Por essa razão, assim como o contínuo avanço do melhoramento genético dos frangos de corte, torna-se essencial a realização de estudos que atualizem as exigências nutricionais de aves de crescimento lento, como as galinhas-d'angola (*Numida meleagris*).

A Proteína ideal surgiu como uma alternativa ao uso tradicional da proteína bruta, sendo baseado no fornecimento equilibrado de aminoácidos essenciais em proporções adequadas às exigências fisiológicas das aves, tendo a lisina como aminoácido de referência (Brito et al., 2020).

Diversos estudos com frangos de corte demonstraram que o uso da proteína ideal resulta em benefícios significativos, como maior ganho de peso, melhor conversão alimentar e menor excreção de nitrogênio, contribuindo para a sustentabilidade ambiental da produção (Campos et al., 2012; Martins et al., 2018; Attia et al., 2020; Strifler et al., 2023).

Além disso, ao permitir a redução dos níveis de proteína bruta nas dietas, sem comprometer o desempenho zootécnico, a estratégia da proteína ideal favorece a redução dos custos com alimentação que representam a maior parte do custo total de produção (Azevedo et al., 2021).

A escassez de estudos voltados às exigências nutricionais dessa espécie (*Numida meleagris*), especialmente no que se refere aos aminoácidos essenciais, limita a adoção de estratégias nutricionais mais eficientes, compreender as necessidades proteicas e sua relação com a eficiência produtiva é essencial para maximizar os resultados (Bhogoju et al. 2017). Portanto o objetivo desse estudo foi avaliar os efeitos de dietas formuladas com diferentes balanceamentos de proteína sobre o desempenho produtivo, rendimento de carcaça e qualidade da carne de galinhas-d'angola (*Numida meleagris*).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Considerações Éticas

O experimento foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Piauí (UFPI), sob o Protocolo N° 827-24, e foi realizado de acordo com as normas do Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA).

2.2 Localização, Animais, Descrição dos Dados e Manejo

O ensaio experimental foi realizado no setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia

(DZOO) da UFPI, em Teresina (PI, Brasil). Foram adquiridos 235 pintainhos de um dia de idade (para garantir adequada seleção de 80 machos e 80 fêmeas), provenientes da empresa EMAPE, localizada em Fortaleza (CE, Brasil).

Foram realizadas coletas de amostras de sangue para a determinação do sexo das aves, o procedimento de coleta consistiu no corte superficial da unha de pintainhos com um dia de idade, até a obtenção de duas gotas de sangue (aproximadamente 0,5 mL), seguindo e conforme as instruções do laboratório. Este procedimento foi realizado individualmente, previamente identificado e o material armazenado à temperatura ambiente de 23°C, para posterior transporte ao laboratório ZOOGENE (Belo Horizonte, Brasil).

O procedimento de sexagem molecular das aves foi realizado por meio da metodologia de Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), avaliando a amplificação de regiões específicas dos cromossomos sexuais Z e W pode ser realizada utilizando penas ou sangue (Vieira et al.,2010).

Após a confirmação laboratorial do sexo das aves, realizada aos 16 dias de idade, os animais foram pesados individualmente e distribuídos de acordo com o peso médio entre os tratamentos, conforme o sexo, em grupos de oito indivíduos por box (2,60 m²), compostos de cama de maravalha, comedouros do tipo tubular e bebedouros pendulares, garantindo o fornecimento de água e alimento ad libitum ao longo de todo o período experimental. Todos os pintainhos foram vacinados individualmente contra as doenças de Gumboro (VAXXON-G603, São Paulo, Brasil), Newcastle (VAXXON-HB1 e La Sota, São Paulo, Brasil) e bronquite infecciosa (BIO-KORIZA-VET-A221 B222, Fortaleza, Brasil), com reforço na terceira semana, conforme as recomendações do Manual.

A umidade e as temperaturas máxima e mínima dentro do galpão foram monitoradas por um termo-higrômetro colocado no centro do galpão na altura do dorso das aves, sendo leitura feita diariamente, A mortalidade foi registrada diariamente durante o período experimental.

Aos 29 dias de idade, os animais passaram a ter livre acesso aos piquetes com pasto de capim-quicuío (*Pennisetum clandestinum*) por 9 h (horas), em estruturas cercadas com tela trançada de 1,70 m de altura, 9,0 m de comprimento e 1,20 m de largura, com 8,55 m² de pasto por box. Após o período de pastagem, as aves foram recolhidas diariamente para o galpão.

2.3 Delineamento Experimental e Tratamentos

O número de 160 galinhas d'angola com 17 de idade foram pesadas com o peso médio e desvio padrão de 168,98±27,10 e distribuída em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 2 (dietas x sexo), resultando em 4 tratamentos com 5 repetições de 8 aves cada.

Foram definidas formuladas duas dietas com base no balanceamento da proteína, levando em consideração o atendimento da relação ideal da lisina com os principais aminoácidos digestíveis recomendada para galinha da angola (*Numida meleagris*) e frangos de corte, priorizando ou não o atendimento da proteína bruta, respectivamente:

- ✓ Balanceamento de proteína com mantendo a exigência de proteína bruta (BPPB) - dieta formulada para atendimento do nível de lisina e da relação ideal com os principais aminoácidos (lisina, metionina+cistina, treonina, triptofano e arginina), para galinhas d'angola (*Numida meleagris*), mantendo o nível de proteína bruta, de acordo com recomendações de Bhogoju et al. (2017);

- ✓ Balanceamento de proteína com redução da exigência de proteína bruta (BPLPB) - dieta formulada para atendimento do nível de lisina estimado por Bhogju et al. (2017) para galinhas d'angola (*Numida meleagris*) e da relação ideal com os principais aminoácidos (lisina, metionina + cistina, treonina e triptofano), recomendada por Rostagno et al. (2017) para frangos de corte, sem o atendimento da exigência de proteína bruta de Bhogju et al. (2017).

As dietas foram compostas por principalmente milho, soja, farelo de glúten, aminoácidos, suplemento vitamínico e mineral para atender as exigências nutricionais de galinhas d'angola (*Numida meleagris*) machos e fêmeas em cada fase estudada. A composição das rações experimentais está apresentada nas Tabelas 1 e 2.

2.4 Variáveis Analisadas

Foram calculadas as seguintes variáveis por fase: consumo de ração (CR), obtido como a diferença entre a quantidade de ração fornecida e as sobras; ganho de peso (GP), determinado como a diferença entre os pesos das aves no início e no final da fase; e conversão alimentar (CA), calculada com base nos dados de consumo de ração e ganho de peso no período ($CA = CR/GP$).

O CR e o GP médio foram calculados em função do número de aves por unidade experimental e, em casos de mortalidade, foram corrigidos segundo Sakomura & Rostagno (2016).

Foi realizado aos 90 dias de idade, o rendimento de carcaças (RC). Foram selecionadas, de acordo com o peso médio da parcela, duas aves por unidade experimental. As aves permaneceram em jejum por oito horas, em seguida, foram pesadas e submetidas aos procedimentos de abate (atordoamento, sangria, depenação e evisceração).

O rendimento de carcaça em percentual (RC) foi calculado em relação ao peso vivo das aves em jejum antes do abate. As carcaças evisceradas com pescoço (sem cabeça e sem pés) e os cortes foram pesados para cálculo de rendimento de cortes comerciais (peito, coxas, sobrecoxas, asas e tulipa) e rendimento de vísceras (fígado, coração e moela, gordura abdominal), sendo que a moela foi pesada após a sua abertura e eliminação do conteúdo alimentar presente. O rendimento percentual ou peso relativo dos cortes e vísceras foram calculados em função do peso da carcaça eviscerada com pescoço (sem cabeça e pés). A porcentagem de gordura abdominal foi representada pela gordura encontrada ao redor da moela, cloaca e dos músculos abdominais.

As duas unidades do peito de cada parcela, obtidas durante o abate, foram utilizadas para realização da análise física de qualidade de carne: perda de peso por cozimento (PPC), força de cisalhamento (FC), pH e coloração da carne (CC), perda por gotejamento (PPG).

Para avaliar a perda de peso por cozimento (PPC), foram separados o lado esquerdo de cada peito, pesados, embalados em papel laminado e mantidos em forno elétrico, até atingir a temperatura interna de 75 °, mensurada com termômetro digital (Checktemp® HI98501, Itália). Em seguida foram retirados e colocados sob papel absorvente até atingir a temperatura ambiente, para então serem pesados novamente. A PPC foi definida pela diferença entre o peso antes e após do cozimento, dividida pelo peso antes do cozimento multiplicado por 100.

Avaliação de perda por gotejamento (PPG) amostras de carne de peito (lado esquerdo) crua sem pele foram usadas para perda por gotejamento e resumidamente, uma amostra do

peitoral maior, aproximadamente 20 g, foi pesada antes de depois em balança de precisão. Esta amostra foi perdurada usando um clipe e envolvida em saco plástico sem ter contato direto, e suspensas para ficar gotejando por 24 h em um refrigerador a 4°C. Após 24 horas, foi drenando com papel-filtro para retirada do excesso de água e pesada novamente para cálculo da perda por gotejamento, conforme descrito por Su et al. (2019): perda por gotejamento (%) = [(peso inicial - peso final) / peso inicial] × 100.

Para determinação da força de cisalhamento (FC), as amostras do peito da ave obtidas após a avaliação da PPC foram cortadas, segundo a metodologia relatada por Froning e Uijttenboogarte (1988), em pedaços com dimensões de 2,0 x 1,0 x 1,0 cm, com o maior comprimento no sentido longitudinal das fibras musculares. Em seguida, uma porção de cada amostra foi submetido ao teste de FC, em texturômetro Texture Pro CT V1.9 Build 35, modelo CT3 10 kg, acoplado a um computador provido com software Texture Loader®. As amostras foram cisalhadas, na direção transversal das fibras musculares, por uma lâmina de corte tipo Warner Bratzler, a uma velocidade de corte de 3,00mm/s. O valor médio da força de cisalhamento (FC), expresso em kgf foi determinado pela média de três leituras por amostra, de um total de 10 amostras por tratamento.

Para pH amostras de carne de peito (lado direito) crua sem pele foram avaliadas aos 45 minutos e 24 horas após o abate, com cada amostra medida em triplicata, frente e verso. As medições de pH foram realizadas usando um medidor de pH portátil (HANNA Foodcare, HI981036, Itália).

Os índices de cor da carne, incluindo valores de luminosidade (L*), vermelhidão (a*) e amarelecimento (b*), foram medidos por um calorímetro portátil de alta precisão, aberta de 4mm (3nh®, NR60CP, China), no sistema Cielab. Após essas avaliações iniciais, as amostras do peito foram armazenadas sob refrigeração a 4°C por 24 horas, repetindo-se as análises de pH e cor nas mesmas condições anteriormente descritas Van Laack et al., (2000).

Análise de Viabilidade econômica, para a estimativa dos custos de alimentação, considerou-se que todos os tratamentos foram conduzidos sob condições padronizadas de manejo e insumos, diferindo apenas quanto às formulações das rações fornecidas. Dessa forma, a análise econômica foi restrita aos gastos com alimentação, desconsiderando outras variáveis de custo, conforme a metodologia proposta por (Murakami et al., 2009).

Para o cálculo da viabilidade econômica se considerou os seguintes Preços de acordo com as distribuidoras do mercado local de Teresina à época da realização do experimento (junho/2024 a setembro/2024), que estão expostos na tabela 9 e 10.

Nos cálculos de rentabilidade, foi considerado o preço médio de comercialização do kg do capote vivo (R\$ 25,00) em outubro de 2024 adotado pelos produtores locais na região geográfica imediata de Teresina neste período.

As medidas de viabilidade econômica, Renda Bruta Média, Custo Médio de Arraçoamento, Margem Bruta Média, e Rentabilidade Média foram calculados de acordo com (Murakami et al., 2009) e estão apresentados nos subitens a seguir:

- ✓ Renda Bruta Média (RBM) – valor em reais (R\$) obtido em função do peso médio vivo (PMV) e o preço da galinha d'angola (*Numida meleagris*) (em R\$/kg). $RBM = PMV \times PV$
- ✓ Custo Médio de Arraçoamento (CMA) ou Custo Alimentar (CuA) – custo total relativo ao consumo de ração no período avaliado (CR) em função do custo médio do quilo da

ração e da conversão alimentar (CA) do lote. $CMA = \sum_{i=1}^4 (\text{Consumo de ração } i \times \text{Custo da ração } i)$; com $i = 1, 2, 3 \text{ e } 4$.

✓ Margem Bruta Média (MBM) – diferença entre a renda bruta média e os custos com alimentação (CMA) em reais(R\$). $MBM = RBM - CMA$

✓ Rentabilidade média (RM) - relação entre a Margem Bruta Média (MBM) e o custo médio de alimentação (CMA), expressa em porcentagem. $RM = MBM/CMA \times 100$

2.5 Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, as médias comparadas pelo teste de SNK, por meio do programa estatístico SAS (Statistical Analysis System, 9.1), considerando o nível de significância de 5%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Desempenho

Os dados de desempenho de galinhas d'angola machos e fêmeas de 17 a 90 dias submetidas a dietas com diferentes balanceamentos de proteína (BP), estão apresentados nas Tabelas 3, 4 e 5.

Não houve efeito significativo e nem interação entre sexo e balanceamento de proteína ($p > 0,05$) para o peso médio, ganho de peso, conversão alimentar de galinha d'angola no período de 17 a 28 dias de idade (Tabela3).

É possível que o curto tempo em que as aves foram submetidas aos tratamentos não tenha sido suficiente para promover alterações em seu desempenho, em contraste, Bhogoju et al. (2017) relataram resultados positivos nos parâmetros de desempenho em galinhas-d'angola machos e fêmeas durante a fase inicial, entre 0 e 4 semanas de idade.

Esses achados sugerem que a suplementação crescente de lisina exerce influência significativa no desempenho inicial das aves, indicando que o tempo e a fase de aplicação do tratamento são fatores determinantes para a manifestação dos efeitos nutricionais.

Houve interação significativa entre BP e sexo para o peso médio e o ganho de peso ($P < 0,05$), entre 17 e 57 dias (tabela 4). Machos alimentados (BPPB) apresentaram maior peso e ganho de peso em comparação (BPLPB). Já nas fêmeas, peso médio e ganho de peso foram semelhantes entre as dietas, O consumo de ração e a conversão alimentar não foram influenciados pelos fatores avaliados ($P > 0,05$).

O melhor desempenho observado nos machos alimentados com dietas BPPB pode ser explicado pelo fato de que os machos apresentam maior potencial de crescimento e deposição de proteína em comparação às fêmeas, o que justifica sua maior resposta a dietas que mantêm níveis adequados de proteína bruta (Sabino et al., 2004). De acordo com England et al. (2023), frangos de corte machos apresentam maiores exigências de proteína bruta do que as fêmeas, devido à sua maior taxa de crescimento e capacidade de deposição muscular. Já as fêmeas, conseguem se adaptar melhor a dietas com níveis reduzidos de proteína bruta, sem prejuízo expressivo no desempenho (England et al., 2024).

Os resultados deste estudo indicam que a formulação BPPB, baseada no trabalho de Bhogoju et al. (2017), fornece um perfil de aminoácidos mais adequado às exigências fisiológicas

de machos nesta fase. De forma semelhante ao observado por Bhogoju et al. (2017), que identificaram exigências específicas de aminoácidos em função do sexo em determinadas fases, esse equilíbrio nutricional favoreceu um melhor desempenho, refletido em maiores valores de peso médio e ganho de peso.

Hounkpêvi et al. (2023) relataram que galinhas-d'angola machos alimentadas com 19% de proteína entre 12 e 26 semanas tiveram crescimento, ossos mais fortes e trato reprodutivo mais desenvolvido.

Esses achados são semelhantes os resultados obtidos por Bhogoju et al. (2017), já que nosso estudo nos utilizamos os dados das dietas semelha-te a este autor, que investigaram os efeitos de diferentes concentrações de lisina digestível (0,80%, 0,95%, 1,10% e 1,22%) sobre o desempenho de galinhas-d'angola.

Os dados de desempenho para o período de 17 a 90 dias estão apresentados na Tabela 5. Houve efeito significativo apenas da proteína balanceada (BPPB) para peso médio e ganho de peso nessa fase. Não foram observados efeitos significativos do sexo, nem interação entre sexo e BP ($P > 0,05$) para consumo de ração e conversão alimentar.

Rafiu et al. (2021) relataram que uma dieta com 18% de proteína bruta proporciona melhor desempenho para galinhas-d'angola até as 16 semanas de idade, independentemente do sexo. No presente estudo, foi adotada uma dieta balanceada (BPPB) com 17,15% de proteína bruta na fase de 12 semanas.

O estudo de Moreki et al. (2012) observou que o ganho de peso e eficiência alimentar melhorou com o aumento da proteína entre 14, 16 e 18% de proteínas brutas galinhas d'angola de 6 a 12 semanas.

3.2 Rendimento de Carcaça

Os dados referentes ao rendimento de carcaça e cortes das galinhas-d'angola abatidas aos 90 dias estão apresentados na Tabela 6.

Houve efeito significativo do sexo sobre o rendimento de coxa ($P = 0,0012$), sendo os machos superiores às fêmeas, com médias de 12,48% e 11,59%, respectivamente. Observou-se ainda interação significativa entre BP e sexo para o rendimento de sobrecoxa ($P = 0,0071$), onde os machos alimentados com a dieta BPPB apresentaram maior rendimento (17,45%) em relação às fêmeas (14,54%) submetidas à mesma dieta.

Para o rendimento de tulipa (RT), verificou-se efeito significativo da dieta ($P = 0,0004$) e da interação entre sexo e BP ($P = 0,0499$). Houve diferença entre as dietas para o RT nos machos, observando maior RT dos animais que consumiram BPLBP em relação aos que consumiram BPPB. Foi identificada interação significativa entre BP e sexo para o rendimento de gordura abdominal ($P = 0,0377$). Na dieta BPLPB, as fêmeas acumularam maior quantidade de gordura abdominal (2,152%) do que os machos (1,184%).

Nahashon et al. (2006a) observaram que machos de galinhas-d'angola apresentaram desempenho superior em termos de desenvolvimento corporal, atribuindo a Fatores genéticos influenciam diretamente o potencial de crescimento, na literatura não foram encontrados estudos que relatassem diferença entre sexo de galinha d'angola, como observado no presente estudo. Porém frangos de corte e frangos caipira machos já apresentaram resultados com relação ao maior rendimento de coxa por diversos estudos (Santos et al.,2005; Dourado et al.,2009).

Dietas com níveis de proteína entre 19% e 24% favorecem maior rendimento de cortes

principais, como a sobrecoxa, em galinhas-d'angola, conforme demonstrado por Alabi et al. (2023), embora o estudo não tenha considerado as diferenças entre os sexos. Com relação a gordura abdominal resultados semelhantes foram relatados por Yalçın et al. (2010) e Wang et al. (2013), que observaram um aumento significativo na deposição de gordura abdominal em aves alimentadas com dietas com redução da exigência teor proteico.

A galinha-d'angola tende a depositar menos gordura abdominal e a apresentar carcaças mais magras do que os frangos de corte (Nahashon et al. 2005; Laudadio; Tufarelli, 2010). Em estudo com frangos de corte alimentados com dieta com redução da proteína bruta, Chrystal et al., (2020), encontraram valores 0,76 a 1,33% de gordura abdominal.

A inadequação da dieta, especialmente quanto ao equilíbrio de aminoácidos, proteína é apontada como uma das causas da redução do teor de gordura corporal galinha d'angola (Laudadio et al. 2012).

3.3 Qualidade de Carne

Na Tabela 7 estão apresentados os resultados de qualidade de carne de capotes com 90 dias de idades, submetidos a duas dietas baseadas na proteína balanceada.

Houve interação significativa entre BP e sexo apenas para o parâmetro L* (luminosidade) 45mm da carne crua ($P = 0,0081$). Machos alimentados com dieta (BPLPB) apresentaram maiores valores de L* na carne (38,52), em comparação às fêmeas (30,46). Após 24 horas, foi observado apenas efeito do sexo para o parâmetro L*, em que as fêmeas tiveram menores valores (31,35) em relação aos machos (34,71).

Smiecinska et al. (2024), ao avaliarem a qualidade dos músculos peitorais e das pernas de galinhas-d'angola (*Numida meleagris*) machos e fêmeas, observaram valores mais elevados de L* (luminosidade) no músculo peitoral, indicando carne mais clara nessa região. Em contrapartida, Yildirim et al. (2020) relataram menores valores de L* no músculo peitoral maior de galinhas-d'angola com 16 semanas de idade, sugerindo que variáveis como a idade e o sexo pode significativamente esse parâmetro.

Musundire et al. (2017) destacam ainda que diferenças na avaliação da cor podem contribuir para a variação nos valores de L*. Além disso, outros estudos apontam que fatores como o tipo de músculo, a idade das aves, o sexo e a composição nutricional da dieta afetam diretamente a coloração da carne de galinhas-d'angola (Galvez et al. 2018; Lopez-Pedrouso et al. 2019).

Angelov et al. (2017) relataram que os valores de L* (luminosidade) nos músculos peitorais e coxais de galinhas-d'angola não foram influenciados pelo sexo no intervalo entre 4 e 24 horas post mortem. No entanto, os resultados do presente estudo contradizem essa observação, ao evidenciar uma interação significativa entre sexo e BP, com os machos apresentando valores de L* mais elevados, independentemente da dieta. Esses achados indicam que o sexo pode, de fato, exercer influência sobre a qualidade visual da carne, especialmente no que se refere à luminosidade.

3.4 Viabilidade Econômica da Criação de Capotes

Na Tabela 8 estão apresentados os resultados da análise econômica da criação de capotes alimentados com duas dietas baseadas em proteínas balanceadas, avaliando o desempenho econômico segundo o sexo (machos e fêmeas) entre 17 e 90 dias de idade.

Custo Médio de Arraçoamento (CMA), foi significativamente maior na dieta (BPPB) (média de R\$ 13,29/capote) em comparação dieta (BPLPB) (média de R\$ 11,02/capote), com diferença estatística significativa ($P < 0,0001$). Não houve efeito significativo do sexo neste custo.

Rentabilidade Média (RM), percentual foi maior para dieta (BPPB) (média de 260,52%) em comparação (BPLPB) (média de 211,68%), com diferença estatística significativa ($P < 0,0001$). Não houve diferença significativa entre machos e fêmeas.

No presente estudo, a dieta (BPLPB) apresentou o menor custo médio de arraçoamento, sendo formulada com níveis reduzidos de proteína bruta (21%, 18,5% e 17%, em cada fase, respectivamente). A redução dos níveis de proteína na dieta, quando adequadamente balanceada com aminoácidos essenciais, constitui uma estratégia eficaz para a diminuição dos custos alimentares, sem comprometer de forma significativa o desempenho produtivo (Adeyemo et al., 2015).

O custo médio de arraçoamento em dietas com diferentes níveis proteicos depende tanto do preço dos ingredientes utilizados quanto do impacto desses níveis no desempenho zootécnico das aves. Embora, neste estudo, a dieta BPLPB não tenha se destacado expressivamente nos demais parâmetros de desempenho avaliados, os resultados indicam que, sob a perspectiva da viabilidade econômica, essa formulação se mostrou vantajosa, proporcionando menor custo de produção na criação de galinhas-d'angola.

A Rentabilidade Média (RM) é um dos principais indicadores de viabilidade econômica de uma dieta ou sistema de criação. Dietas que resultam em maior RM são mais vantajosas economicamente, pois indicam maior retorno financeiro com menor custo, desde que não comprometam o desempenho zootécnico (Xavier, 2021). No entanto, como já mencionado, a dieta da ração BPLPB, apesar de apresentar maior rentabilidade, não favoreceu significativamente os parâmetros de desempenho avaliados neste estudo. Por outro lado, dieta BPPB proporcionou melhores resultados zootécnicos, embora tenha apresentado um custo de produção mais elevado.

A dieta BPPB apresenta níveis mais elevados de proteína bruta. De acordo com a literatura, teores proteicos entre 18% e 24% são benéficos para o ganho de peso, a conversão alimentar e o rendimento de carcaça em galinhas-d'angola (*Numida meleagris*). Níveis próximos a 18% são mais indicados para a fase de crescimento em sistemas intensivos, enquanto concentrações em torno de 24% são recomendadas nas primeiras semanas de vida dos pintos, favorecendo o desempenho inicial sem provocar excesso de nutrientes e consequente desperdício (Alabi et al., 2023).

4. CONCLUSÃO

A dieta com proteína balanceada, mantendo a exigência de proteína bruta favorece o desempenho produtivo dos machos, embora com maior custo, enquanto a dieta balanceada, com redução da exigência de proteína bruta apresenta melhor rentabilidade. Assim, a escolha da dieta deve equilibrar desempenho e custo, conforme os objetivos do sistema de criação

6. REFERÊNCIAS

Adeyemo, G.O., Madamidola, M.T., Ademulegun, T.I. (2015). Influence of varying energy and

protein levels on the performance and feed cost of broiler chickens. *The Nigerian Journal of Rural Extension and Development*, 9(1):72-77.

Alabi, O.O. et al. (2023). Growth performance and carcass traits of indigenous Nigerian guinea fowl fed on different dietary protein levels. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 10(3):403-409. doi: 10.5455/javar.2023.j693.

Angelov, A., Nikolova, M. Cchorbadzhiev, P. (2017). Study of the major physical and chemical properties of guinea-fowl (*Numida meleagris*) meat depending on the duration of the fattening period pH and colour of meat. *Knowledge-International Journal*, 20(5):2453-2458.

Araújo, I.C.S. et al. (2023). Guinea fowl production in the world. *World's Poultry Science Journal*, 79(2):379-390. doi: 10.1080/00439339.2023.2189205.

Attia Y.A. et al. (2020). Multiple amino acid supplementations to low-protein diets: effect on performance, carcass yield, meat quality and nitrogen excretion of finishing broilers under hot climate conditions. *Animals*, 3;10(6):973. doi: 10.3390/ani10060973.

Azevedo J.M. et al. (2021). Response of broilers to dietary balanced protein. 2. Determining the optimum economic level of protein. *Production Science*, 61:1435-1441. doi: 10.1071/AN20656.

Ayanwale, B.A., Kudu, Y. S. (2001). The response of wild West African guinea fowl to varying levels of dietary protein under intensive management. *Nigerian Journal of Animal Science*, 4(2):13-19.

Batkowska, J. et al. (2021). Growth performance and meat quality of meat-type guinea fowl fed different commercial diets. *Archives Animal Breeding*, 64: 325-334. doi: 10.5194/aab-64-325-2021.

Bhogoju, S. et al. (2017). Effect of varying dietary concentrations of lysine on growth performance of the Pearl Grey guinea fowl. *Poultry Science*, 96(5):1306-1315. doi: 10.3382/ps/pew395.

Brasil, R.J.M. et al. (2018). Exigências de lisina digestível para frangos de corte de crescimento lento. *Revista Científica em Ciência Avícola e Suinicultura*, 4(2):040-050.

Campos, A.M.A., et al. (2012). Atualização da proteína ideal para frangos de corte: arginina, isoleucina, valina e triptofano. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41:326-332. doi: 10.1590/S1516-35982012000200014.

Chrystal, P.V. et al. (2020). Glycine equivalent and threonine inclusions in reduced-crude protein, maize-based diets impact on growth performance, fat deposition, starch-protein digestive dynamics and amino acid metabolism in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 261:114387. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2019.114387.

- De Brito, H.F. et al. (2020). Aplicação do conceito de proteína ideal na nutrição de aves e suínos – uma breve revisão. **Revista Agrária Acadêmica**, 3(5):116-121. doi: 10.32406/v3n52020/116-121/agrariacad.
- Dos Santos, A.L. et al. (2005). Estudo do crescimento, desempenho, rendimento de carcaça e qualidade de carne de três linhagens de frango de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 34(5): 1589-1598. doi: 10.1590/S1516-35982005000500020.
- Dourado, L.R.B. et al. (2009). Crescimento e desempenho de linhagens de aves pescoço pelado criadas em sistema semi-confinado. **Ciência e Agrotecnologia**, 33(3):875-881. doi: 10.1590/S1413-70542009000300030.
- England, A. et al. (2023) Influence of sex and rearing method on performance and flock uniformity in broilers – implications for research settings. **Animal Nutrition**, 12:276-283.
- England, A.D. et al. (2024). The effect of sex and dietary crude protein level on nutrient transporter gene expression and cecal microbiota populations in broiler chickens. **Poultry Science**, 103(2):103268.
- Froning, G.W., Uijttenboogart, T. G. (1988). Effect of postmortem electrical stimulation on color, texture, pH, and cooking losses of hot and cold deboned chicken broiler breast meat. **Poultry Science**, 67:1536-1544. doi: 10.3382/ps.0671536.
- Galvez, F. et al. (2018). Effect of gender on breast and thigh turkey meat quality. **British Poultry Science**, 59(4): 408–415. doi: 10.1080/00071668.2018.1465177.
- Houngpêvi, J.A. et al. (2024). Dietary protein levels during 12 to 26 week improve the growth performance, bone quality, and testosterone in Pearl Gray male guinea fowl (*Numida meleagris*). **Poultry Science**, 103(1):103173. doi: 10.1016/j.psj.2023.103173.
- Kasperska, D., Korytkowska, H., Kokoszyński, D. (2011). Effect of age and sex on body weight and body dimensions of pearl grey guinea fowl (*Numida meleagris* L.). **Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica**, 10(3):39-44.
- Laudadio, V., Tufarelli, V. (2010). Growth performance and carcass and meat quality of broiler chickens fed diets containing micronized-dehulled peas (*Pisum sativum* cv. Spirale) as a substitute of soybean meal. **Poultry Science**, 89(7):1537-1543. doi: 10.3382/ps.2010-00655.
- Laudadio, V., Nahashon, S.N., Tufarelli, V. (2012). Growth performance and carcass characteristics of guinea fowl broilers fed micronized-dehulled pea (*Pisum sativum* L.) as a substitute for soybean meal. **Poultry Science**, 91(11):2988-2996. doi: 10.3382/ps.2012-02473.
- Lopez-Pedrouso, M. et al. (2019). Carcass characteristics, meat quality and nutritional profile of pheasant, quail and guinea fowl. **Springer, Cham.**, 269-311. doi: 10.1007/978-3-030-05484-

7_10.

Martins, R.A., Assunção, A.S.A. (2018). Importância dos aminoácidos na nutrição de frangos de corte: Revisão de Literatura. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, 12(4):569-584.

Murakami, A.E. et al. (2009). Avaliação econômica e desempenho de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de milheto em substituição ao milho. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, 31(1):31-37.

Nahashon, S.N. et al. (2005). Effects of dietary metabolizable energy and crude protein concentrations on growth performance and carcass characteristics of French guinea broilers. **Poultry Science**, 84(2): 337-344. doi:10.1093/ps/84.

Okyere, K. et al. (2020). Influence of season and day length on production and reproductive traits and egg characteristics of the guinea fowl (*Numida Meleagris*). **Asian Journal of Research in Zoology**, 3(1):26-34. doi: 10.9734/ajriz/2020/v3i130081.

Oliveira, R.G. et al. (2016). Lisina digestível em rações para frangos de corte tipo caipira. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 17:424-437. doi: 10.1590/S1519-99402016000300009

Payne, A. et al. (2016). Lysine mediation of neuroendocrine food regulation in guinea fowl. **Poultry Science**, 95(2):276-286. doi: 10.3382/ps/pev326.

Pereira, J C. et al (2003). Cama de frango e suplemento à base de microbiota ruminal em dietas de novilhas leiteiras: desempenho produtivo e avaliação econômica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 32(3):653-662. doi: 10.1590/S1516-35982003000300017.

Rafiu, T.A., et al. 2021. Performance characteristics and meat quality assessment of guinea fowl fed varied levels of dietary protein. **Nigerian Journal of Animal Production**, 48(5):135-142. doi: 10.51791/njap.v48i5.3194.

Sabino, H.F.N. et al. (2004). Níveis protéicos na ração de frangos de corte na fase de crescimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 39:407-412.

Sakomura, N. K., Rostagno, H.S. (2016). **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 2ª ed. Jaboticabal: FUNEP.

Shoyombo, A.J. et al. 2021. Characterisation of indigenous helmeted guinea fowls in Nigeria for meat and egg production. **World's Poultry Science Journal**, 77(4):1037-1058. doi: 10.1080/00439339.2021.1974287.

Śmiecińska, K., Stępień, A., Daszkiewicz, T. 2024. The fatty acid profile and the quality of breast and leg muscles in female and male pearl gray guinea fowl (*Numida meleagris*). **Poultry Science**, 103(3): 103385. doi: 10.1016/j.psj.2023.103385.

- Soara, A.E., Talaki, E, Tona, K. (2020). Características da produção avícola indígena da família de galinhas-d'angola (*Numida meleagris*) no norte do Togo. **Tropical Animal Health and Production.**, 52:3755-3767. doi: 10.1007/s11250-020-02413-4.
- Strifler, P. et al (2023). Effects of feeding low protein diets with different energy-to-protein ratios on performance, carcass characteristics, and nitrogen excretion of broilers. **Animals.** 13: 1476. doi: 10.3390/ani13091476.
- Togashi, C.K. (2004). **Teores de colesterol e ácidos graxos em tecidos e soro de frangos de corte submetidos a diferentes programas nutricionais.** Tese (D.Sc.). Universidade Estadual do Norte-Fluminense.
- Van Laack, R.L. et al. (2000). Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. **Poultry Science**, 79(7), 1057-1061. doi: 10.1093/ps/79.7.1057.
- Wang, X.Q. et al. (2013). Nutrient density and slaughter age have differential effects on carcass performance, muscle and meat quality in fast and slow growing broiler genotypes. **British Poultry Science**, 54(1):50-61. doi: 10.1080/00071668.2012.745927.
- Xavier, B.B. (2021). **Análise econômica da produção de frangos de corte tipo “Griller” alimentados com dietas de diferentes níveis de energia e proteína.** TCC. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Yalçın, S. et al. (2010). Effect of dietary protein regime on meat quality traits and carcass nutrient content of broilers from two commercial genotypes. **British Poultry Science**, 51(5):621-628. doi: 10.1080/00071668.2010.520302.
- Yıldırım, A., Eleroğlu, H., Duman, M. (2020). Meat physico-chemical composition of guinea fowl fed organic diets supplemented with dry oregano leaf. **Large Animal Review.** 26:173-180.

7. ANEXOS

Tabela 1. Balanceamento de proteína com mantendo a exigência de proteína bruta (BPPB)

Ingredientes	Fase (semanas de idade)		
	17-28	17-57	17 - 90
Milho	56,186	59,388	69,607
Farelo de soja	29,865	27,527	24,282
Farelo de glúten de milho	6,577	6,000	0,000
Óleo de soja	2,955	3,283	2,187
Fosfato bicálcico	1,877	1,427	1,487
Calcário	1,101	1,143	1,195
Suplemento ¹	0,500	0,400	0,300
Sal comum	0,400	0,396	0,398
DL-metionina	0,234	0,220	0,143
L-lisina	0,218	0,108	0,065
L-treonina	0,052	0,063	0,088
L-arginina	0,036	0,042	0,206
L-triptofano	0,000	0,002	0,041
Composição calculada			
Energia met. (Mcal/kg)	3,100	3,150	3,105
Ácido linoleico (%)	2,887	3,164	2,673
Proteína bruta (%)	23,00	21,00	17,15
Cálcio (%)	1,000	0,900	0,924
Cloro (%)	0,307	0,306	0,312
Fósforo disponível (%)	0,450	0,355	0,363
Sódio (%)	0,170	0,170	0,170
Potássio (%)	0,848	0,712	0,667
Arginina digestível (%)	1,300	1,104	1,184
Lisina digestível (%)	1,130	0,950	0,800
Met. + Cist. digestível (%)	0,900	0,825	0,618
Treonina digestível (%)	0,830	0,765	0,660
Triptofano digestível (%)	0,230	0,210	0,220

¹Composição por kg do produto: Vitamina A, 3.080.000 IU; Vitamina E, 11.500 IU; Vitamina B1, 817 mg; Vitamina B2, 2.000 mg; Vitamina B6, 1.150 mg; Vitamina B12, 5.000 mcg; Vitamina K3, 605 mg; Vitamina D3, 750.000 IU; Pantotenato de cálcio, 4.115 mg; Niacina, 12 g; Ácido fólico, 320 mg; Biotina, 28 mg; Zinco, 19 g; Ferro, 13 g; Manganês, 20 g; Cobre, 3.000 mg; Iodo, 305 mg; Cobalto, 50 mg; Selênio, 74 mg; Etoxiqum, 25 mg; B.H.A., 20 mg; Veículo Q.S.P., 1.000 mg.

Tabela 2. Balanceamento de proteína com redução da exigência de proteína bruta (BPLPB)

Ingredientes	Fase (semanas de idade)		
	17 - 28	17- 57	17 - 90
Milho	62,373	69,917	78,269
Farelo de soja	25,063	18,572	17,024
Farelo de glúten de milho	5,845	7,000	0,000
Óleo de soja	2,049	1,453	0,751
Fosfato bicálcico	1,916	1,486	1,534
Calcário	1,114	1,178	1,224
Suplemento ¹	0,500	0,400	0,300
Sal comum	0,400	0,398	0,400
DL-metionina	0,226	0,151	0,111
L-lisina	0,375	0,365	0,281
L-treonina	0,043	0,015	0,041
L-arginina	0,095	0,087	0,065
L-triptofano	0,000	0,006	0,000
Composição calculada			
Energia met. (Mcal/kg)	3,100	3,150	3,105
Ácido linoleico (%)	2,490	2,295	1,000
Proteína bruta (%)	21,00	18,50	17,00
Cálcio (%)	1,000	0,900	0,924
Cloro (%)	0,310	0,312	0,317
Fósforo disponível (%)	0,450	0,355	0,363
Sódio (%)	0,170	0,170	0,170
Potássio (%)	0,761	0,581	0,562
Arginina digestível (%)	1,209	1,017	0,856
Lisina digestível (%)	1,130	0,950	0,800
Met. + Cist. digestível (%)	0,836	0,703	0,529
Treonina digestível (%)	0,746	0,627	0,528
Triptofano digestível (%)	0,203	0,171	0,144

¹Composição por kg do produto: Vitamina A, 3.080.000 IU; Vitamina E, 11.500 IU; Vitamina B1, 817 mg; Vitamina B2, 2.000 mg; Vitamina B6, 1.150 mg; Vitamina B12, 5.000 mcg; Vitamina K3, 605 mg; Vitamina D3, 750.000 IU; Pantotenato de cálcio, 4.115 mg; Niacina, 12 g; Ácido fólico, 320 mg; Biotina, 28 mg; Zinco, 19 g; Ferro, 13 g; Manganês, 20 g; Cobre, 3.000 mg; Iodo, 305 mg; Cobalto, 50 mg; Selênio, 74 mg; Etoxiqum, 25 mg; B.H.A., 20 mg; Veículo Q.S.P., 1.000 mg.

Tabela 3. Desempenho de capotes de 17 a 28 dias submetidos as dietas com diferentes balanceamentos de proteína

Variáveis	Dieta	Sexo		Média	P-valor			SEM
		Macho	Fêmea		Sexo (S)	Proteína (P)	S * P	
Peso médio (g)	BPPB	422,7	397,8	410,2				
	BPLPB	398,2	399,4	398,9	0,2485	0,2659	0,2067	5,14
	Média	411,8	398,6					
Ganho de peso (g)	BPPB	211,6	196,3	203,9				
	BPLPB	189,5	196,9	193,1	0,6785	0,2697	0,2443	4,67
	Média	201,8	196,6					
Consumo de Ração (g)	BPPB	444,9	443,2	444,1				
	BPLPB	422,1	433,4	428,4	0,8586	0,5412	0,8052	12,02
	Média	434,8	438,3					
Conversão alimentar (g/g)	BPPB	2,1	2,3	2,1				
	BPLPB	2,2	2,2	2,2	0,6109	0,8310	0,5648	0,07
	Média	2,2	2,3					

Letras minúsculas semelhantes nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste SNK ($P>0,05$).

Tabela 4. Desempenho de capotes de 17 a 57 dias submetidos a duas dietas baseadas no balanceamento de proteína mantendo a exigência de proteína bruta (BPPB), e balanceamento de proteína com redução da exigência de proteína bruta (BPLPB)

Variáveis	Dieta	Sexo		Média	P-valor			SEM
		Macho	Fêmea		Sexo (S)	Proteína (P)	S * P	
Peso médio (g)	BPPB	1266,0Aa	1250,0Aa	1258,8				
	BPLPB	1143,0Bb	1238,5Aa	1190,7	0,1026	0,0101	0,0277	15,5
	Média	1204,5	1243,6					
Ganho de peso (g)	BPPB	1055,0Aa	1049,3Aa	1052,5				
	BPLPB	934,0Bb	1036,0Aa	985,0	0,0462	0,0084	0,0283	15,5
	Média	994,5	1041,9					
Consumo de ração (g)	BPPB	2627,7	2566,3	2600,4	0,7224	0,4457	0,2779	39,0
	BPLPB	2474,3	2593,9	2534,1				
	Média	2551,0	2581,6					
Conversão alimentar (g/g)	BPPB	2,5	2,4	2,4	0,1647	0,0915	0,4490	0,03
	BPLPB	2,6	2,5	2,6				
	Média	2,5	2,4					

Letras minúsculas semelhantes nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste SNK ($P>0,05$).

Tabela 5. Desempenho de capotes de 17 a 90 dias submetidos a duas dietas baseadas no Balanceamento de proteína mantendo a exigência de proteína bruta (BPPB), e balanceamento de proteína com redução da exigência de proteína bruta (BPLPB)

Variáveis	Dieta	Sexo		Média	P-valor			SEM
		Macho	Fêmea		Sexo (S)	Proteína (P)	S * P	
Peso médio (g)	BPPB	1851,5	1870,3	1859,9a				
	BPLPB	1792,5	1799,4	1795,9b	0,6771	0,0487	0,8471	15,7
	Média	1822,0	1830,9					
Ganho de peso (g)	BPPB	1640,5	1669,7	1653,4a				
	BPLPB	1583,5	1596,9	1590,2b	0,4787	0,0428	0,7918	15,4
	Média	1612,0	1629,2					
Consumo de ração (g)	BPPB	5612,2	5773,2	5683,8				
	BPLPB	5513,8	5658,6	5586,2	0,3947	0,5508	0,9639	82,1
	Média	5563,0	5709,6					
Conversão alimentar (g/g)	BPPB	3,4	3,4	3,5				
	BPLPB	3,5	3,5	3,4	0,5308	0,3557	0,8822	0,04
	Média	3,4	3,5					

Letras minúsculas semelhantes nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste SNK ($P>0,05$).

Tabela 6. Rendimento de carcaça de capotes aos 90 dias submetidos a duas dietas baseadas na proteína, mantendo a exigência de proteína bruta (BPPB), e balanceamento de proteína com redução da exigência de proteína bruta (BPLPB)

Variáveis	Dieta	Sexo		Média	P-valor			SEM
		Macho	Fêmea		Sexo (S)	Proteína (P)	S * P	
Rendimento de carcaça	BPPB	80,3	80,9	80,6				
	BPLPB	80,0	80,7	80,4	0,3159	0,7354	0,9038	0,2965
	Médias	80,2	80,8					
Rendimento de peito	BPPB	26,4	26,7	26,6				
	BPLPB	27,5	26,9	27,2	0,8339	0,3089	0,4814	0,2872
	Médias	26,9	26,8					
Rendimento da coxa	BPPB	12,3	11,5	11,9				
	BPLPB	12,6	11,6	12,1	0,0012	0,4045	0,7023	0,1500
	Médias	12,5A	11,5B					
Rendimento da sobrecoxa	BPPB	17,4Aa	14,5Ba	15,9				
	BPLPB	16,0Aa	16,1Aa	16,1	0,0100	0,8919	0,0071	0,3200
	Médias	16,7	15,3					
Rendimento da asa	BPPB	6,6	6,7	6,7				
	BPLPB	6,8	6,5	6,7	0,3015	0,9898	0,1121	0,0500
	Médias	6,7	6,6					
Rendimento de tulipa**	BPPB	6,4Ab	6,6Aa	6,4				
	BPLPB	7,5Aa	6,9Aa	7,2	0,1240	0,2605	0,0004	0,0499
	Médias	6,9	6,7					
Rendimento de moela	BPPB	2,4	2,3	2,4				
	BPLPB	2,4	2,2	2,3	0,0760	0,4195	0,6045	0,5221
	Médias	2,4	2,3					
Rendimento de fígado	BPPB	1,9	2,0	1,9				
	BPLPB	2,1	1,9	2,0	0,0430	0,9434	0,5169	0,1604
	Médias	1,9	2,0					
Rendimento de coração	BPPB	0,6	0,6	0,6				
	BPLPB	0,5	0,5	0,5	0,0160	0,5461	0,06	0,5722
	Médias	0,6	0,6					
Rendimento de gordura abdominal	BPPB	1,8Aa	1,7Aa	1,8				
	BPLPB	1,1Ba	2,1Aa	1,6	0,1320	0,056	0,5536	0,0377
	Médias	1,4	1,9					

Letras minúsculas semelhantes nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste SNK ($P>0,05$).

Tabela 7. Qualidade de carne de capotes de 17 a 90 dias submetidos a duas dietas baseadas no balanceamento de proteína mantendo a exigência de proteína bruta (BPPB), e balanceamento de proteína com redução da exigência de proteína bruta (BPLPB)

Variáveis	Dieta	Sexo		Média	P-valor			SEM
		Macho	Fêmea		Sexo (S)	Proteína (P)	S * P	
PPG (%)	BPPB	2,2	2,5	2,1				
	BPLPB	2,3	2,0	2,2	0,2177	0,8080	0,7093	0,0800
	Médias	2,2	2,1					
PCC (%)	BPPB	21,8	20,4	21,1				
	BPLPB	24,5	22,0	23,3	0,1195	0,0917	0,6605	0,6600
	Médias	23,2	21,2					
Força de cisalhamento (Kg/cm ²)	BPPB	5,4	6,1	5,7				
	BPLPB	5,3	5,6	5,5	0,6493	0,7757	0,8356	0,4600
	Médias	5,4	5,8					
Cor L (45 min)	BPPB	35,4Aa	34,7Aa	35,1				
	BPLPB	38,5Aa	30,4Ba	34,5	0,0027	0,6490	0,0081	0,8700
	Médias	36,9	32,6					
Cor A (45 min)	BPPB	3,0	2,2	2,6				
	BPLPB	2,8	2,7	2,8	0,0898	0,523	0,1535	0,1400
	Médias	2,9	2,4					
Cor B (45 min)	BPPB	10,8	10,5	10,66				
	BPLPB	11,5	10,6	11,06	0,3700	0,4484	0,6114	0,6840
	Médias	11,16	10,56					
pH (45 min)	BPPB	5,7	5,70	5,7				
	BPLPB	5,8	5,7	5,8	0,2268	0,3945	0,6067	0,0300
	Médias	5,7	5,7					
Cor L (24 h)	BPPB	33,74	32,1	32,9				
	BPLPB	35,6	30,6	33,1	0,6300	0,0038	0,8274	0,1024
	Médias	34,7A	31,3B					
Cor A (24 h)	BPPB	3,1	2,9	2,9				
	BPLPB	2,6	3,5	3,0	0,1600	0,2138	0,8406	0,0578
	Médias	2,8	3,2					
Cor B (24 h)	BPPB	9,9	10,1	10,0				
	BPLPB	9,2	10,8	9,9	0,151	0,9423	0,1924	0,2800
	Médias	9,6	10,4					
pH (24 h)	BPPB	5,6	5,8	5,6				
	BPLPB	5,7	5,7	5,7	0,3500	0,0878	0,6001	0,0200
	Médias	5,7	5,7					

Letras minúsculas semelhantes nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste SNK ($P>0,05$).

Tabela 8. Viabilidade econômica da criação de capotes de 17 a 90 dias submetidos a duas dietas baseadas no balanceamento de proteína mantendo a exigência de proteína bruta (BPPB) balanceamento de proteína com redução da exigência de proteína bruta (BPLPB)

Variáveis	Dieta	Sexo		Média	P-valor			SEM
		Macho	Fêmea		Sexo (S)	Proteína (P)	S * P	
RBM (R\$/capote)	BPPB	41,0	41,3	41,2	0,6521	0,0673	0,9891	0,3700
	BPLPB	39,6	39,9	39,8				
	Média	40,3	40,6					
CMA (R\$/capote)	BPPB	12,9	13,6	13,3a	0,2311	<0,0001	0,6490	0,3300
	BPLPB	10,8	11,2	11,0b				
	Média	11,9	12,4					
MBM (R\$/capote)	BPPB	28,1	27,7	27,9	0,7956	0,2167	0,7722	0,3100
	BPLPB	28,7	28,7	28,7				
	Média	28,4	28,2					
RM (%)	BPPB	218,4	204,9	211,7b	0,2449	<0,0001	0,7144	6,9300
	BPLPB	264,1	256,9	260,5a				
	Média	241,2	230,9					

Letras minúsculas semelhantes nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste SNK ($P>0,05$).

Tabela 9. Preços dos ingredientes utilizados no experimento

Ingredientes	Valor ¹ (R\$/kg)
Milho	R\$ 1,13
Farelo de soja	R\$ 2,24
Farelo de glúten de milho	R\$ 2,00
Óleo de soja	R\$ 6,00
Fosfato bicálcico	R\$ 8,57
Calcário	R\$ 0,65
L-lisina	R\$ 20,00
Sal comum	R\$ 0,52
Suplemento	R\$ 32,00
DL-metionina	R\$ 30,00
L-arginina	R\$ 313,21
L-treonina	R\$ 16,88
L-valina	R\$ 116,71
L-triptofano	R\$ 162,69

¹Preços médios obtidos no mercado local, em Teresina - Piauí, no período de junho de 2024.

Tabela 10. Preços dos ingredientes utilizados no experimento

Tratamentos*	Fases (dias)		
	17-28	29-57	57-90
BPPB	R\$ 2,18	R\$ 2,09	R\$ 2,47
BPLPB	R\$ 2,28	R\$ 2,10	R\$ 1,85

**Balanceamento de proteína com mantendo a exigência de proteína bruta (BPPB)Balanceamento de proteína com redução da exigência de proteína bruta (BPLPB).*