



**Análise do Crescimento de Frangos de Carne em Regime ao Ar Livre:  
Comparação entre Estirpes Comerciais**

**Domingos Setas Manuel Mateus**

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção do  
Grau de Mestre em Tecnologias de Ciência Animal*

Orientado por

**Professor Doutor Vasco Augusto Pilão Cadavez**

Esta dissertação não inclui as críticas e sugestões feitas pelo Júri

**Bragança  
2025**

## **Dedicatória**

*À minha família!*

*Dedico-vos esta preciosa obra como estímulo e gratidão a vossa honrosa função durante a  
minha jornada.*

## **Agradecimentos**

Agradeço a Deus, pelo dom da vida e pela graça que em mim abunda.

Um sincero agradecimento ao meu orientador, Doutor Vasco Augusto Pilão Cadavez, pela oportunidade concedida, extraordinária paciência, orientação proveitosa e constante encorajamento. A dedicação demonstrada à sua profissão, à comunidade científica e aos seus alunos é verdadeiramente admirável.

À minha esposa, Augusta Almeida Noé, e aos meus filhos, pelo amor e compreensão constantes.

Agradeço especialmente aos meus familiares à minha mãe, Rosa C. Manuel, ao meu tio, Manuel Pablo, e a todos os meus irmãos. Este agradecimento reflete o quanto o vosso contributo foi essencial e caloroso para a conclusão dos meus estudos.

Minha gratidão aos meus colegas Nzola Manuel Teca e Eduardo Nimi P. António, companheiros de jornada. A vossa agradável companhia muitas vezes aliviou o peso e a tensão do ambiente académico.

Ao Projeto de Desenvolvimento da Agricultura Comercial (PDAC), em cooperação com o Instituto Politécnico de Bragança (IPB), através da Escola Superior Agrária (ESA), pela oportunidade proporcionada por meio da bolsa de estudos para o mestrado.

Ao Instituto de Investigação Veterinária (IIV), na pessoa da Engenheira Maria da Conceição, pelo apoio e pela indicação para integrar o coletivo de estudantes do mestrado em Portugal. Meus agradecimentos também ao Instituto Técnico Agrário do Cuanza Norte, pela compreensão e incentivos, em especial ao Engenheiro Lucivika Santos.

Aos docentes e profissionais da Escola Superior Agrária, pela partilha de conhecimentos que foram fundamentais para a conclusão deste ciclo.

Agradeço ao Senhor Professor Doutor Pedro Bastos, pelo carinho e acompanhamento durante o seu mandato como Diretor da Escola Superior Agrária (ESA).

Meus agradecimentos à colega Júlia e a Odete Linda Armando Zefanias, pelos valiosos contributos durante o processo de análise no laboratório de Nutrição Animal.

Aos amigos que sempre tiraram do seu tempo precioso para saber da minha estadia em terras lusas, o meu sincero agradecimento.

A todos, o meu devido reconhecimento e o meu muito obrigado!

## Índice de Figuras

FIGURA 1 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CARNE.....	3
FIGURA 2 - PADRÕES DISTINTOS DE CURVAS DE CRESCIMENTO EM FRANGOS DE CARNE, COM BASE NA EVOLUÇÃO DO PESO CORPORAL ATÉ OS 42 DIAS DE IDADE. ....	7
FIGURA 3 – VISTA AÉREA DA ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA DE BRAGANÇA (ESA).....	19
FIGURA 4 - ESPAÇO AO AR LIVRE DELIMITADO POR CERCA ELÉTRICA ALIMENTADA POR PAINEL SOLAR.....	20
FIGURA 5 – (A) PAINEL SOLAR; (B) BATERIA RECARREGÁVEL; (C) COMEDOURO E (D) BEBEDOURO.....	21
FIGURA 6 - (A) CONSTRUÇÃO DA CAPOEIRA E (B) CAPOEIRA FINALIZADA.....	22
FIGURA 7 - RAÇÃO CASEIRINHOS X.....	23
FIGURA 8 – PROCESSAMENTO E ANÁLISE BROMATOLÓGICA DAS AMOSTRAS DE RAÇÃO: (A) TRITURAÇÃO DAS AMOSTRAS SECAS EM MOINHO; (B) DETERMINAÇÃO DAS FRAÇÕES FIBROSAS (FDN E FDA) E (C) PROCEDIMENTO DE TITULAÇÃO PARA QUANTIFICAÇÃO DE CINZAS E NUTRIENTES ESPECÍFICOS. ....	24
FIGURA 9 - (A) FRANGOS NA FASE FINAL DO ENSAIO; (B) AVE DA ESTIRPE BRANCA E (C) AVE DA ESTIRPE VERMELHA EM PROCESSO DE PESAGEM. ....	25
FIGURA 10 - EVOLUÇÃO DO PESO VIVO DAS AVES EM FUNÇÃO DA IDADE (44, 51 E 58 DIAS), POR ESTIRPE (BRANCA E VERMELHA).....	31
FIGURA 11 - TRAJECTÓRIAS INDIVIDUAIS E TENDÊNCIA MÉDIA DA EVOLUÇÃO DO PESO VIVO DOS FRANGOS DAS ESTIRPES BRANCA E VERMELHA.....	33
FIGURA 12 -MEDIDAS AJUSTADAS DO PESO VIVO POR IDADE (44, 51 E 58 DIAS) E ESTIRPE...	36

## Índice de Tabelas

TABELA 1 - COMPARAÇÃO ENTRE VANTAGENS E DESVANTAGENS DO SISTEMA AO AR LIVRE. .....	13
TABELA 2 - MEDIDAS SANITÁRIAS PREVENTIVAS VS. CORRETIVAS NA PRODUÇÃO AO AR LIVRE DE FRANGOS DE CARNE. ....	15
TABELA 3 - FASES ALIMENTARES E RECOMENDAÇÕES NUTRICIONAIS PARA FRANGOS CRIADOS AO AR LIVRE. ....	16
TABELA 4 - COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DA RAÇÃO “CASEIRINHOS” FORNECIDA AOS FRANGOS DE CARNE. ....	23
TABELA 5 - ANÁLISE DESCRITIVA DO PESO VIVO (KG) DAS AVES POR ESTIRPE E IDADE (DP: DESVIO PADRÃO; MÁX.: VALOR MÁXIMO OBSERVADO; MÍN.: VALOR MÍNIMO OBSERVADO). ....	27
TABELA 6 - COMPARAÇÃO DO PESO CORPORAL INICIAL ENTRE ESTIRPES AOS 44 DIAS DE IDADE (DP: DESVIO PADRÃO; MÁX.: VALOR MÁXIMO OBSERVADO; MÍN.: VALOR MÍNIMO OBSERVADO). ....	29
TABELA 7 - RESULTADOS DA ANOVA PARA COMPARAÇÃO DO PESO VIVO INICIAL ENTRE ESTIRPES. ..	30
TABELA 8 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O MODELO DE REGRESSÃO COM INTERACÇÕES. ....	34
TABELA 9 - EFEITOS PRINCIPAIS E INTERACÇÃO ENTRE ESTIRPE E PESO INICIAL SOBRE O PESO VIVO FINAL (ANCOVA).....	34
TABELA 10 - EFEITOS PRINCIPAIS E INTERACÇÕES NO MODELO DE CRESCIMENTO PONDERAL COM MEDIDAS REPETIDAS (MODELO MISTO). ....	37
TABELA 11 - MODELO LINEAR MISTO COM EFEITOS DE ESTIRPE, IDADE E PESO INICIAL CENTRADO. ....	38
TABELA 12 - EFEITOS FIXOS ESTIMADOS DO MODELO MISTO COM PESO INICIAL CENTRADO (CPESO0), ESTIRPE E IDADE.....	39

## Lista de Abreviaturas

Análise de Variância (ANOVA)  
Análise de Covariância (ANCOVA)  
Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC)  
Consumo de Ração (CR)  
Critério de Informação de Akaike (AIC)  
Critério de Informação Bayesiano (BIC)  
Desvio padrão (DP)  
Escola Superior Agrária (ESA)  
Extrato Etéreo (EE)  
Fibra em Detergente Neutro (FDN)  
Fibra em Detergente Ácido (FDA)  
Ganho Médio Diário (GMD)  
Graus de Liberdade do Numerador (GLN)  
Graus de Liberdade do Denominador (GLD)  
Intervalo de confiança (IC)  
Instituto Politécnico de Bragança (IPB)  
Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA)  
Matéria Seca (MS)  
Modelos Lineares Mistos (LMM)  
Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO)  
Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OECD)  
Peso Vivo (PV)  
Peso da Carcaça Quente (PCQ)  
Proteína Bruta (PB)  
Quadrado Médio (QM)  
Rendimento em Carcaça Quente (RCQ)  
Rendimento de Carcaça (RC)  
Soma dos Quadrados (SQ)  
União Europeia (EU)

## Índice

Dedicatória .....	I
Agradecimentos.....	II
Índice de Figuras .....	III
Índice de Tabelas.....	IV
Lista de Abreviaturas .....	V
Resumo.....	VIII
Abstract .....	IX
Introdução.....	1
Objectivo Geral.....	2
Objectivos Específicos .....	2
1. Revisão Bibliográfica.....	3
1.1. Sector Avícola .....	3
1.1.1. Frango de Carne .....	4
1.1.2. Crescimento .....	5
1.1.3. Curvas de Crescimento .....	6
1.1.4. Modelos Matemáticos não Lineares .....	8
1.1.5. Modelo de Gompertz .....	9
1.2. Sistema de Exploração de Frangos .....	10
1.2.1. Produção ao Ar Livre .....	11
1.2.2. Higiene e Sanidade .....	13
1.2.3. Nutrição e Alimentação .....	15
2. Material e Métodos .....	18
2.1. Descrição da Área de Estudo.....	18
2.2. Ensaio de Crescimento ao Ar Livre.....	20
2.3. Plano Alimentar .....	22

2.4.	Avaliação Bromatológicas da Ração .....	24
2.5.	Avaliação do crescimento dos frangos .....	25
2.6.	Análise Estatística .....	25
3.	Resultados e Discussão .....	27
3.1.	Resultados Gerais .....	27
3.1.1.	Evolução do Peso Vivo com a Idade .....	27
3.1.2.	Comparação entre Estirpes .....	28
3.1.3.	Influência da Genética e da Variabilidade Intra-grupo .....	28
3.1.4.	Impacto do Sistema de Criação .....	28
3.1.5.	Confirmação com Estudos Precedentes.....	29
3.1.6.	Importância da Uniformidade de Lotes .....	29
3.1.7.	Comparação do Peso Vivo Inicial entre Estirpes .....	29
3.2.	Evolução do Peso Vivo .....	31
3.2.1.	Distribuição dos Pesos por Idade e Estirpe .....	31
3.2.2.	Trajectórias de Crescimento Individuais .....	31
3.2.3.	Avaliação da Homogeneidade das Inclinações .....	33
3.2.4.	Interação entre Estirpe e o Peso Inicial .....	34
3.2.5.	Interação Estirpe e Idade .....	36
3.2.6.	Interacção entre Estirpe, Idade e Peso Inicial.....	37
4.	Conclusões .....	40
4.	Referências Bibliográficas .....	41

## Resumo

O presente estudo, desenvolvido no âmbito do Mestrado em Tecnologias de Ciência Animal, teve como objectivo avaliar o desempenho em crescimento de frangos de carne das estirpes Branca e Vermelha criados em regime de ar livre. O sistema semi-intensivo foi adoptado como alternativa de produção sustentável, promovendo o bem-estar animal e a expressão de comportamentos naturais. O ensaio decorreu ao longo de 15 dias com 50 frangos (25 de cada estirpe), sem distinção de sexo, iniciando-se aos 44 dias de idade com peso médio inicial de 1,054 kg para estirpe Branca e 1,083 kg para Vermelha. As aves foram alojadas numa área de 122,5 m<sup>2</sup>, equipada com barreiras eléctricas e capoeira artesanal. O alimento composto e a água foram fornecidas *ad libitum*. Foram registadas semanalmente as variáveis: peso vivo, consumo de ração (CR), ganho médio diário (GMD) e, ao final do ensaio, rendimento de carcaça (RC) em 18 aves abatidas. Os resultados demonstraram crescimento progressivo, com aumento do peso médio de 1,05 kg (44 dias) para 1,63 kg (58 dias), sem diferenças estatisticamente significativas entre estirpes em nenhum dos pontos temporais ( $p > 0,05$ ). A estirpe Branca apresentou menor variabilidade individual, sugerindo maior uniformidade no lote. O peso médio das carcaças foi de 1,26 kg para a estirpe Branca e 1,39 kg para a Vermelha, com rendimentos em carcaça semelhantes (82,5% vs. 82,6%). A análise estatística, baseada em modelos lineares e mistos, confirmou que o peso inicial e a idade são os principais factores determinantes do crescimento, enquanto a estirpe não teve efeito significativo sobre o desempenho produtivo. Estes resultados demonstram que ambas as estirpes são adequadas à produção ao ar livre, sendo a escolha final dependente de critérios como rusticidade, uniformidade do lote ou preferências comerciais.

**Palavras-chaves:** Frangos de carne; estirpe genética; crescimento ponderal; peso vivo; modelos mistos; análise estatística; regime ar livre,

## Abstract

This study, conducted within the scope of the master's degree in animal science technologies, aimed to evaluate the growth performance of meat chickens from the White and Red strains raised under free-range conditions. The semi-intensive system was adopted as a sustainable production alternative, promoting animal welfare and the expression of natural behaviours. The trial took place over 15 days with 50 chickens (25 of each strain), without distinction of sex, starting at 44 days of age with an average initial weight of 1.054 kg for the White strain and 1.083 kg for the Red strain. The birds were housed in a 122.5 m<sup>2</sup> area, equipped with electric fences and a handcrafted shelter. Compound feed and water were provided ad libitum. The variables live weight, feed intake (FI), average daily gain (ADG), and carcass yield (CY) were recorded weekly, with 18 birds slaughtered at the end of the trial. The results showed a progressive growth trend, with mean body weight increasing from 1.05 kg (44 days) to 1.63 kg (58 days), with no statistically significant differences between strains at any of the time points ( $p > 0.05$ ). The White strain exhibited lower individual variability, suggesting greater uniformity within the flock. The average carcass weights were 1.26 kg for the White strain and 1.39 kg for the Red, with similar carcass yields (82.5% vs. 82.6%). Statistical analysis, based on linear and mixed-effects models, confirmed that initial weight and age were the main determinants of growth, while strain had no significant effect on productive performance. These findings demonstrate that both strains are suitable for free-range production, with the final choice depending on factors such as robustness, flock uniformity, or market preferences.

**Keywords:** Broiler chickens; genetic strain; weight growth; live weight; mixed models; statistical analysis; free range regime.

## Introdução

Durante décadas, a avicultura foi predominantemente uma actividade de base familiar, em que a maioria das explorações produzia carne e ovos para autoconsumo, comercializando apenas os excedentes sempre que possível. Nos últimos anos, contudo, a avicultura de carne consolidou-se como uma actividade zootécnica de elevada importância, impulsionada por avanços tecnológicos, melhoramento genético, controlo sanitário, acesso a financiamentos específicos para o sector, entre outros factores determinantes (Rossetti, 2014; Henrique *et al.*, 2017; Marques, 2019).

A carne de frango domina actualmente o sector avícola, sendo comercializada a preços acessíveis e enfrentando poucas restrições de ordem religiosa. É amplamente considerada uma opção mais saudável em comparação com as carnes bovina e suína, por apresentar proteínas de elevada qualidade, baixos teores de gordura, perfil lipídico favorável e ser fonte significativa de fósforo, minerais essenciais e vitaminas do complexo B (Paula, 2020).

A produção moderna de frangos de carne baseia-se na utilização de raças especializadas ou em cruzamentos entre linhagens seleccionadas. Estas aves, de ambos os sexos, são geralmente abatidas antes das 10 semanas de idade. A carne obtida é branca, macia e succulenta; a pele é flexível e os ossos pouco calcificados, o esterno é bastante maleável, e ossos longos como o úmero e o fémur apresentam elevada fragilidade (Murua *et al.*, 1994; Alves & Batista, 2016).

As linhagens comerciais de frangos de carne evidenciam potenciais genéticos distintos, em resultado da selecção aplicada sobre características de interesse económico (Araújo *et al.*, 2002; Santos, 2008; Marcato *et al.*, 2010). Os híbridos actuais são seleccionados para alcançar, aos 42 dias, um peso médio de 2,400 kg, uma conversão alimentar de 1,7%, um rendimento de carcaça de 73% e um rendimento de peito de cerca de 22%, com pequenas variações entre linhagens e sistemas de criação (Figueiredo *et al.*, 2003).

A definição óptima dos níveis nutricionais e, conseqüentemente, o desempenho produtivo das aves dependem do conhecimento da sua composição corporal e do seu potencial genético de crescimento. Este conhecimento pode ser obtido através da análise de curvas de crescimento (Hruby *et al.*, 1996; Demuner, 2016), que variam em função da linhagem, do sexo e do mercado-alvo (Marcato *et al.*, 2010; Litz *et al.*, 2016).

Segundo Bilgili *et al.* (1992), os principais factores que influenciam o desempenho dos frangos de carne incluem a idade ao abate, o sexo e a linhagem genética. A taxa de crescimento, por sua vez, afecta directamente a idade de abate, o rendimento de carcaça e a produção de cortes nobres, como peito e pernas (Knížetová *et al.*, 1991; Moreira *et al.*, 2003).

Paralelamente, observa-se um crescente interesse social por sistemas de produção animal que promovam o bem-estar das aves (Fontana, 2021). O sistema semi-intensivo tem sido apontado como uma alternativa viável, sustentável e socialmente aceitável (Decreto-Lei n.º 64/2000, de 22 de Abril; Nazareno *et al.*, 2011; Schmidt & Freitas, 2024), alinhando-se com as recomendações internacionais sobre saúde animal e segurança alimentar (FAO, 2022; EFSA, 2023).

Este sistema permite o acesso das aves a áreas de pastagem, favorecendo a expressão de comportamentos naturais, aumentando o bem-estar animal e contribuindo para a melhoria da qualidade do produto final (Alves *et al.*, 2007; Farias *et al.*, 2023; Castro *et al.*, 2024). Para além de representar uma actividade economicamente viável, a avicultura alternativa apresenta-se como uma solução estratégica para os pequenos produtores. Sistemas classificados como “ecologicamente correctos” valorizam o bem-estar animal e a qualidade do produto, incentivando a implementação de projectos produtivos mais eficientes (Silva, 2001).

### **Objectivo Geral**

Avaliar e comparar o desempenho de crescimento de duas estirpes híbridas de frangos de carne (Branca e Vermelha), criadas em sistema ao ar livre.

### **Objectivos Específicos**

1. Comparar o crescimento de duas estirpes de frangos de carne (Branca e Vermelha) criadas em sistema ao ar livre;
2. Estimar a capacidade de crescimento das estirpes com base em três medições realizadas em diferentes idades, considerando-se medidas repetidas nos mesmos indivíduos;
3. Avaliar o efeito do peso inicial sobre o crescimento ao longo do tempo.

# 1. Revisão Bibliográfica

## 1.1. Sector Avícola

A produção moderna de frangos de carne constitui uma actividade intensiva que requer investimentos significativos por parte dos produtores, bem como um planeamento rigoroso, dada a complexidade envolvida em todos os seus processos. A optimização da capacidade produtiva em todos os segmentos da cadeia de valor é um dos principais factores que contribuem para a redução dos custos operacionais e para a obtenção de resultados economicamente sustentáveis (Abreu & Abreu, 2000; Pedó, 2020).

Actualmente, o sistema de produção está maioritariamente estruturado em esquemas de integração vertical (Figura 1), nos quais as empresas controlam todas as etapas do ciclo produtivo - desde a produção de pintos e ração até ao abate, processamento e distribuição. Este modelo assegura uniformidade, rastreabilidade e eficiência em larga escala (Paula, 2020).

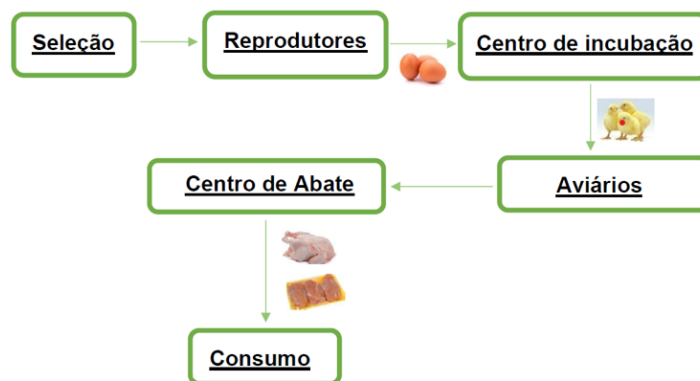


Figura 1 - Representação esquemática do sistema integrado de produção de frangos de carne.

Fonte: Adaptado de Paula (2020).

A avicultura de carne passou, ao longo das últimas décadas, por transformações estruturais profundas, resultantes da intensificação tecnológica e da especialização da produção. Entre os principais objectivos dessas mudanças está a minimização dos efeitos adversos, particularmente os de natureza climática, que comprometem o crescimento e a produtividade das aves (Tinôco, 2001).

A produção eficiente de frangos de carne exige conhecimentos técnicos especializados, investimentos em infraestruturas apropriadas e, idealmente, a adesão a sistemas de integração que estabelecem vínculos contratuais entre os produtores e as empresas integradoras. Estes contratos definem as responsabilidades de ambas as partes no fornecimento de insumos, assistência técnica e comercialização da produção (Richetti *et al.*, 2002).

### **1.1.1. Frango de Carne**

A criação de frangos de carne remonta a mais de 700 anos, embora os avanços mais significativos tenham ocorrido nos séculos XIX e XX, com a introdução de programas de melhoramento genético e cruzamentos controlados. Actualmente, estas aves são criadas tanto em grandes unidades industriais como em explorações familiares, sendo seleccionadas com base no seu elevado potencial para a produção de carne em especial, a rapidez de crescimento e a eficiência na conversão alimentar (Grow.decorexpro, 2024).

A nível global, a produção de carne de frango é uma actividade económica altamente padronizada e internacionalizada (Vieira & Dias, 2005). Os Estados Unidos lideram o ranking mundial com 20,6% da produção, seguidos pelo Brasil (14,2%) e pela China (14,0%). De acordo com as projecções da FAO (2022), a carne de frango continuará a ser o principal motor de crescimento no sector das carnes, com um aumento previsto de 16% até 2031. Em Portugal, o sector também tem evidenciado uma expansão significativa, com um crescimento estimado em cerca de 38,5% (Paula, 2020).

O principal objectivo da utilização de animais para produção de carne é garantir um desempenho zootécnico eficiente ao longo das fases de crescimento e desenvolvimento. Para tal, é indispensável assegurar condições adequadas de saúde e de bem-estar animal. Os produtores têm a responsabilidade de adoptar práticas que previnam dor, sofrimento ou lesões desnecessárias, garantindo simultaneamente a segurança dos animais e evitando riscos para pessoas, bens e outros animais (Decreto-Lei n.º 155/2008, de 7 de Agosto).

Um dos maiores desafios da avicultura moderna reside em produzir aves com elevada eficiência alimentar, baixo custo de produção e qualidade zootécnica consistente, compatível com as exigências do mercado consumidor. Esta actividade deve, por isso, ser compreendida como um complexo agroindustrial, cuja análise requer uma abordagem sistémica, integrando

as dimensões técnicas, económicas, ambientais e sociais (Schmidt & Silva, 2018; Vieira & Dias, 2005).

### 1.1.2. Crescimento

A produção moderna de carne de frango é amplamente fundamentada na intensificação da eficiência zootécnica, sendo resultado direto de avanços significativos nas áreas de melhoramento genético, nutrição animal, manejo sanitário e ambiência de criação. As estirpes comerciais actualmente utilizadas foram seleccionadas ao longo de várias gerações com base em critérios de desempenho produtivo, como velocidade de crescimento, eficiência de conversão alimentar e rendimento de carcaça, permitindo alcançar elevados índices de produtividade em ciclos cada vez mais curtos (Figueiredo, 2022; Silva *et al.*, 2023).

O objectivo central das estratégias de produção intensiva é atingir o peso de abate ideal (em torno de 2,4 kg) num intervalo reduzido tipicamente entre 35 e 45 dias com o menor consumo possível de ração por quilograma de ganho de peso. Esta abordagem visa otimizar a eficiência biológica (ganho de peso vs. ingestão alimentar) e a eficiência económica (custos de produção vs. retorno financeiro), o que é particularmente relevante num sector marcado por margens reduzidas e elevada competitividade (Rostagno *et al.*, 2017; Morais *et al.*, 2020).

O crescimento em frangos de corte é não linear, ou seja, não ocorre a uma taxa constante ao longo do tempo. Nas fases iniciais do ciclo produtivo, a taxa de crescimento tende a ser reduzida, aumentando progressivamente até atingir um pico de crescimento (ponto de inflexão), após o qual desacelera até se estabilizar. Este padrão pode ser descrito matematicamente por modelos sigmóides como o de Gompertz ou de Von Bertalanffy, que serão abordados em secção posterior.

Do ponto de vista biológico, o crescimento é influenciado por factores intrínsecos (genética, sexo, idade) e extrínsecos (ambiente, densidade de alojamento, qualidade da dieta, temperatura, luminosidade, entre outros). Estes factores modulam não apenas a velocidade de crescimento, mas também a qualidade do tecido muscular, a deposição de gordura e a resistência óssea (Marcato *et al.*, 2010; Lima *et al.*, 2019).

Além disso, é importante salientar que o crescimento rápido embora desejável sob a perspectiva produtiva pode comprometer o bem-estar animal, quando não acompanhado por

uma gestão criteriosa do ambiente e da dieta. A incidência de disfunções locomotoras, cardiopatias e distúrbios metabólicos tende a ser superior em estirpes precoces, exigindo soluções tecnológicas e manejo ajustado (Julian, 2005; Nazareno *et al.*, 2011).

Assim, o crescimento dos frangos de carne deve ser compreendido não apenas como um indicador de performance, mas como um fenómeno multidimensional, cuja gestão eficaz requer equilíbrio entre produtividade, bem-estar e sustentabilidade.

### **1.1.3. Curvas de Crescimento**

O crescimento e o desenvolvimento dos organismos animais são processos biológicos complexos e dinâmicos, caracterizados por alterações sucessivas na massa corporal, na morfologia anatómica e na composição bioquímica dos tecidos. Estes processos decorrem sob a influência combinada da assimilação de nutrientes e das condições ambientais (Benevent *et al.*, 1971; Gous, 2007; Demuner, 2016).

Crescimento refere-se ao aumento quantitativo do peso corporal ao longo do tempo, enquanto desenvolvimento está relacionado com as mudanças qualitativas nos tecidos e órgãos, incluindo a sua diferenciação funcional. Ambos os fenómenos ocorrem de forma interdependente e são fundamentais para alcançar o máximo desempenho zootécnico (Coelho, 2013).

Para descrever e prever a trajetória de crescimento das aves, utilizam-se curvas de crescimento, que representam graficamente a evolução do peso corporal em função da idade (Coelho, 2013; Maia *et al.*, 2023). Estas curvas são ferramentas estratégicas na produção avícola, pois permitem otimizar a formulação de dietas, planejar o calendário de abate e adoptar medidas de manejo mais ajustadas às necessidades fisiológicas das aves.

Na Figura 2 apresentamos uma representação esquemática de padrões distintos de curvas de crescimento em frangos de carne, com peso vivo (PV) de cerca de 2 kg aos 42 dias de idade (Leeson *et al.*, 1991).

No cenário ideal, o crescimento das aves segue um padrão contínuo e uniforme, como ilustrado pela linha B, considerado o modelo biologicamente mais eficiente por minimizar os impactos do stress metabólico induzido por flutuações acentuadas no ganho de peso (Coelho, 2013).

Contudo, na prática, é mais comum a observação de curvas de crescimento do tipo A ou C, ambas atingindo o peso de abate desejado (2 kg) aos 42 dias de idade, mas com trajetórias distintas (Coelho, 2013):

- A curva A, na figura 2, caracteriza-se por uma taxa de crescimento inicial elevada, seguida por desaceleração nas fases finais. Este padrão pode estar associado à saturação precoce do potencial genético ou a limitações ambientais que comprometem o crescimento terminal;
- A curva C, na figura 2, inversamente, apresenta uma fase inicial de crescimento mais lenta, seguida por aceleração progressiva na segunda metade do ciclo. Esta trajetória pode reflectir uma adaptação metabólica mais eficiente, permitindo maior aproveitamento dos nutrientes nas fases mais críticas do crescimento.

Do ponto de vista da eficiência produtiva, aves que seguem a curva C tendem a apresentar um índice de conversão alimentar mais favorável, uma vez que, nas fases iniciais, possuem menor massa corporal e, conseqüentemente, menores exigências energéticas de manutenção. Como o custo energético de manutenção está fortemente correlacionado com o peso metabólico, aves mais leves nas primeiras fases requerem menos energia para sobreviver, canalizando mais nutrientes para o crescimento (Leeson *et al.*, 1991).

A compreensão do comportamento das curvas de crescimento é, portanto, fundamental para o planeamento nutricional, o ajuste do calendário de abate e a maximização da rentabilidade no sistema de produção de frangos de carne.

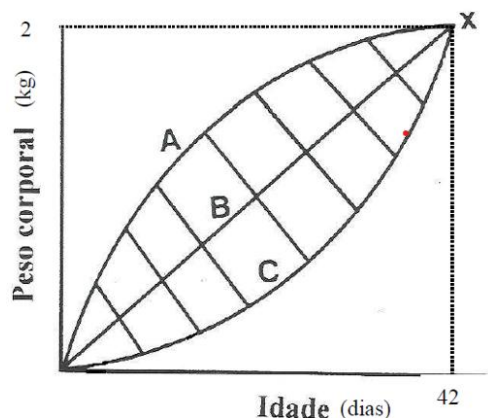


Figura 2 - Padrões distintos de curvas de crescimento em frangos de carne, com base na evolução do peso corporal até os 42 dias de idade.

Fonte: Adaptado de Leeson *et al.* (1991).

#### 1.1.4. Modelos Matemáticos não Lineares

A modelação do crescimento animal é essencial para compreender e otimizar o desempenho zootécnico ao longo do ciclo produtivo. Para esse fim, diversos modelos matemáticos têm sido utilizados, sendo os modelos não lineares como os de Gompertz, Logístico, Brody, Von Bertalanffy e Richards os mais frequentemente aplicados na avicultura. Tais modelos demonstram elevada capacidade de ajuste aos dados empíricos, refletindo com fidelidade a natureza sigmoide típica do crescimento biológico em frangos de carne (Silveira *et al.*, 2018).

Estes modelos descrevem o crescimento em três fases distintas: uma fase inicial lenta, correspondente ao período de adaptação; uma fase de crescimento exponencial, na qual a taxa de deposição de tecido corporal é máxima; e uma fase final de desaceleração, em que o crescimento se estabiliza à medida que a ave se aproxima da maturidade fisiológica.

Segundo Fitzhugh (1976) e Ribeiro (2024), a selecção do modelo mais apropriado deve considerar, pelo menos, três critérios fundamentais:

1. A interpretação biológica dos parâmetros, como o peso assintótico, a taxa relativa de crescimento e o ponto de inflexão;
2. A qualidade do ajuste estatístico, medida por indicadores como  $R^2$ , erro padrão da estimativa e critérios de informação (AIC, BIC);
3. A simplicidade computacional e robustez algorítmica, facilitando a aplicação prática em diferentes contextos produtivos.

Adicionalmente, em estudos que envolvem múltiplos factores experimentais como variações sazonais, regimes de iluminação, diversidade genética entre linhagens e respectivas interações é essencial incluir estas covariáveis no modelo estatístico. A incorporação desses efeitos melhora a precisão das estimativas, reduz o enviesamento e aumenta a generalização dos resultados (Rondon *et al.*, 2002; Freitas, 2005; Tholon & Queiroz, 2009).

A correcta aplicação e interpretação destes modelos fornece subsídios valiosos para a tomada de decisões em sistemas de produção animal. Entre as principais aplicações destacam-se a previsão do ponto óptimo de abate, o delineamento de dietas ajustadas por fase de crescimento, e o apoio aos programas de selecção genética, contribuindo para a eficiência técnica e económica da produção de frangos de carne.

### 1.1.5. Modelo de Gompertz

O modelo de Gompertz foi originalmente proposto por Benjamin Gompertz (1825) com o objectivo de descrever a taxa de mortalidade em populações humanas. Contudo, ao longo do tempo, este modelo foi amplamente adoptado na zootecnia, especialmente para descrever curvas de crescimento de diferentes espécies animais, incluindo aves, seja na sua forma original ou com adaptações (Soares, 2015).

Este modelo é particularmente apreciado por permitir a caracterização do crescimento de uma população através de três ou quatro parâmetros de fácil interpretação biológica: peso inicial, taxa de crescimento e peso assintótico (ou à maturidade). A sua aplicação é útil para a análise da resposta de animais a diferentes tratamentos ao longo do tempo, para o estudo de interacções entre subpopulações, para a identificação de indivíduos com crescimento precoce, bem como para estimativas de variabilidade inter e intra-individual em avaliações genéticas (Freitas, 2005; Brusamarelo *et al.*, 2020).

Segundo Duan-Yai *et al.* (1999), o modelo de Gompertz pode ser parametrizado com base no peso inicial ou no peso maduro, produzindo, em ambos os casos, estimativas próximas. A formulação mais comum, baseada no peso à maturidade, é expressa como:

$$W_t = W_m \cdot \exp(-\exp[-b(t-t^*)])$$

Onde:

- $W_t$  = peso corporal (g) no tempo  $t$ ;
- $W_m$  = peso à maturidade (g);
- $b$  = taxa de crescimento relativo no ponto de inflexão (g/dia/g de peso corporal);
- $t^*$  = idade em que ocorre a taxa máxima de crescimento (dias);
- $\exp$  = base do logaritmo neperiano ( $e \approx 2,718$ ).

De acordo com Fialho (1999), este modelo possui propriedades teóricas desejáveis. Em particular, assegura que o peso corporal inicial nunca seja zero, reflectindo o facto biológico de que os animais nascem já com massa corporal. O valor  $W_m$  representa o limite teórico de crescimento, o qual, embora inatingível na prática, pode ser estimado com precisão a partir de dados empíricos.

O ponto de inflexão da curva é de particular importância, pois corresponde ao momento em que a taxa de crescimento absoluto é máxima. Neste ponto, o peso corporal do animal é igual a  $W_m / e$  (aproximadamente 36,8% do peso maduro), e a taxa de crescimento é igual a  $(W_m \cdot b) / e$  (Hruby *et al.*, 1994; Fialho, 1999). O parâmetro  $t^*$  define a idade do ponto de inflexão, enquanto  $b$  é interpretado como a taxa de maturação — uma medida da velocidade com que o animal atinge a maturidade corporal.

Wang e Zuidhof (2004) propuseram uma extensão do modelo de Gompertz que incorpora efeitos aleatórios, resultando num modelo misto que permite decompor a variância entre e dentro dos indivíduos. Esta abordagem melhora a capacidade do modelo em estudos de selecção genética, ao distinguir variabilidade populacional de características individuais. A forma mista do modelo é expressa por:

$$W_{it} = (W_m + u_i) \cdot \exp(-\exp[-b(t - t^*)])$$

Onde:

- $u_i$  representa o desvio aleatório do peso maduro do indivíduo  $i$  em relação à média populacional.

Desta forma, o modelo de Gompertz assume um papel central na análise de crescimento de frangos de corte, sendo uma ferramenta versátil tanto para monitorização zootécnica quanto para programas de melhoramento genético, ao permitir o acompanhamento da trajectória de crescimento de forma individualizada e em função do tempo (Freitas *et al.*, 1983; Mignon-Grasteau & Beaumont, 2000).

## 1.2. Sistema de Exploração de Frangos

O sistema de exploração adoptado deve permitir que as aves expressem plenamente o seu potencial genético, assegurando simultaneamente o seu bem-estar. Este conceito inclui condições adequadas de saúde, protecção contra factores de stress, conforto térmico, alimentação equilibrada e a possibilidade de expressão de comportamentos naturais (Reis & Rodrigues, 2024).

Nos sistemas de produção alternativos como o regime de ar livre e o semi-intensivo é obrigatório o cumprimento de diversos requisitos técnicos e legais, estabelecidos pelo Decreto-Lei n.º 72-F/2003, de 14 de Abril. Entre estes, destacam-se a presença de comedouros, bebedouros, sistemas de aquecimento e iluminação adequados. No caso dos

bebedouros do tipo pipeta, é exigido, no mínimo, uma pipeta por cada 10 aves; nos sistemas em série, cada galinha deve ter acesso a pelo menos duas pipetas.

A condução de actividades nestes sistemas exige a presença regular do produtor na propriedade, assegurando o maneio adequado, o cumprimento das normas de bem-estar e a eficiência produtiva. Além disso, esta actividade representa uma fonte importante de rendimento familiar e de geração de emprego no meio rural (Eekeren *et al.*, 2006; Henn & Miele, 2023).

### **1.2.1. Produção ao Ar Livre**

No sistema de produção ao ar livre, as aves são inicialmente alojadas em abrigos cobertos, protegendo-as contra intempéries (chuvas, ventos) e predadores. Durante esta fase, recebem uma ração balanceada, adequada às exigências nutricionais do seu estágio de desenvolvimento. Nas fases juvenil e adulta, têm acesso diário a áreas externas, onde podem manifestar comportamentos naturais como (de picar) depicar, pastar e tomar banhos de areia, mantendo simultaneamente acesso contínuo à ração e à água (Lima *et al.*, 2019; Santos, 2024).

Este sistema está sujeito a regulamentações específicas que visam garantir o bem-estar das aves e a qualidade do produto final. O Decreto-Lei n.º 72-F/2003, de 14 de Abril, estipula, entre outros requisitos:

- Existência de portas de saída com acesso directo ao exterior, com altura mínima de 35 cm e largura de 40 cm, distribuídas ao longo de todo o comprimento do edifício, numa proporção mínima de 2 metros de abertura por cada mil galinhas;
- Espaço exterior dimensionado de acordo com a densidade de aves e adaptado à natureza do terreno, para prevenir contaminações;
- Abrigos exteriores para protecção contra intempéries e predadores;
- Disponibilização de comedouros e bebedouros adequados no exterior, sempre que necessário (Paula, 2020).

Este tipo de sistema proporciona uma maior liberdade de movimento, o que favorece o fortalecimento do sistema ósseo das aves. No entanto, esta mobilidade acrescida também pode aumentar a incidência de fraturas, geralmente associadas a quedas de poleiros ou colisões durante tentativas de voo (Whitehead & Fleming, 2000; Castro *et al.*, 2024).

A produção ao ar livre é particularmente vantajosa para agricultores familiares, pois permite a integração com outras actividades agrícolas mediante investimentos relativamente baixos. Trata-se de uma abordagem que favorece a sustentabilidade e, ao mesmo tempo, tem revelado boa viabilidade económica, graças à crescente valorização de produtos diferenciados com maior valor de mercado (Silva, 2018).

Segundo Lima *et al.* (2019), o ambiente nos sistemas semi-intensivos ou ao ar livre influencia significativamente o desempenho e o bem-estar das aves. Alguns dos principais factores ambientais a considerar incluem:

**Ventilação:** Essencial para a renovação do ar, controlo da humidade e redução de gases tóxicos. É recomendada a presença de aberturas bem distribuídas (Carvalho *et al.*, 2011; Oliveira *et al.*, 2014);

**Temperatura:** O stresse térmico, agudo ou crónico, prejudica o desempenho produtivo, reduzindo a ingestão de alimento e a taxa de crescimento (Roushdy *et al.*, 2018);

**Iluminação:** Deve ser bem regulada. A luz estimula a actividade das aves, mas o excesso pode causar agitação, enquanto a escassez reduz o consumo alimentar (Coelho, 2013; Lima *et al.*, 2014);

**Água:** O fornecimento constante de água limpa e fresca é indispensável à saúde e ao desempenho zootécnico (Corte, 2019);

**Alimentação:** As dietas devem ser nutricionalmente equilibradas e distribuídas de forma a minimizar a competição e o desperdício (Avila *et al.*, 2023);

**Limpeza:** A higiene dos abrigos é fundamental para a prevenção de doenças, reduzindo a carga microbiana e mantendo um ambiente saudável (Helman & De Ovos, 2022).

Apesar das vantagens relativas ao bem-estar e à valorização comercial do produto, os sistemas alternativos enfrentam desafios sanitários importantes. A criação sobre cama (sistema de piso) expõe as aves ao contacto contínuo com fezes, o que eleva o risco de infecções. Adicionalmente, os ovos produzidos estão mais susceptíveis à contaminação microbiológica, exigindo cuidados acrescidos na colheita e no armazenamento (Freitas *et al.*, 2019).

Tabela 1 - Comparação entre Vantagens e Desvantagens do Sistema ao Ar Livre.

Aspectos	Vantagens	Desvantagens
Bem-estar animal	Liberdade de movimento, expressão de comportamentos naturais	Maior incidência de lesões e fraturas
Desenvolvimento ósseo	Ossos mais fortes devido ao exercício	Necessidade de mais controlo sanitário
Valorização do produto	Produto diferenciado e com maior procura	Menor produtividade por área em relação a sistemas intensivos
Acesso ao mercado	Atende nichos de consumo conscientes (produtos éticos e sustentáveis)	Exige cumprimento rigoroso de normas legais e sanitárias
Acessibilidade ao produtor	Menores custos iniciais para pequenos produtores	Menor escala e maior dependência da mão de obra familiar
Sanidade e higiene	Ambiente natural com estímulos comportamentais positivos	Maior risco de contaminação fecal e microbiológica dos ovos e das aves

### 1.2.2. Higiene e Sanidade

Nos sistemas de criação ao ar livre, a gestão sanitária assume um papel central e deve assentar prioritariamente em estratégias de prevenção. Estes sistemas, ao permitirem um maior contacto das aves com o ambiente exterior, expõem-nas mais intensamente a agentes infecciosos e parasitários, tornando indispensável a implementação rigorosa de práticas higio-sanitárias que garantam o bem-estar e a produtividade dos animais (Trujillo, 2009; Sales, 2014).

Segundo o Regulamento (UE) 2018/848, os produtores devem assegurar a limpeza e desinfecção regular das instalações, o controlo da humidade e da acumulação de dejectos, bem como o cumprimento de um plano de vacinação baseado no perfil epidemiológico da região (Viola *et al.*, 2018). Estas acções visam reduzir a taxa de mortalidade, limitar a propagação de agentes patogénicos no grupo e, conseqüentemente, garantir a sustentabilidade zootécnica do sistema.

Entre as medidas preventivas mais relevantes incluem-se:

- Isolamento imediato das aves doentes;
- Observância de vazio sanitário mínimo de 30 dias entre lotes;

- Rotação sistemática das áreas de pastagem, de forma a reduzir a carga infecciosa ambiental;
- Manutenção de camas secas e arejadas nos abrigos para evitar a proliferação de microrganismos;
- Inspeções sanitárias regulares para detecção precoce de sinais clínicos de doença.

A rotação de pastagens é particularmente eficaz na mitigação do risco sanitário, dado que limita o tempo de exposição das aves aos próprios dejectos e permite a regeneração microbiológica do solo. Esta prática, além de contribuir para a sanidade do lote, promove também o uso sustentável dos recursos forrageiros disponíveis (Sales, 2014; Pereira, 2023).

Relativamente ao uso de fármacos, o enquadramento legal europeu estabelece que a administração de antibióticos ou outros medicamentos alopáticos deve ser limitada a situações extremas, sendo permitida apenas quando indispensável à recuperação do estado de saúde e bem-estar do animal. Como alternativa, recomenda-se a utilização de terapias naturais e complementares, como a homeopatia, a fitoterapia e a acupunctura, respeitando os princípios da produção biológica e do maneio integrado da saúde animal (Cerqueira & Soares, 2019; Regulamento (UE) 2018/848).

Assim, o sucesso sanitário em regimes ao ar livre depende de um equilíbrio entre vigilância constante, práticas preventivas eficazes e abordagens terapêuticas compatíveis com a filosofia ecológica e ética subjacente ao sistema.

Tabela 2 - Medidas Sanitárias Preventivas vs. Corretivas na Produção ao Ar Livre de Frangos de Carne.

<b>Tipo de Medida</b>	<b>Ação</b>	<b>Objectivo</b>	<b>Referência</b>
Preventiva	Limpeza e desinfecção periódica das instalações	Reduzir a carga microbiana e prevenir surtos	Regulamento (UE) 2018/848
Preventiva	Elaboração de calendário vacinal específico para a região	Proteção imunológica contra doenças prevalentes	Viola <i>et al.</i> (2018)
Preventiva	Rotação das áreas de pastejo	Reduzir exposição aos dejetos e agentes patogénicos do solo	Sales (2014)
Preventiva	Vazio sanitário de 30 dias entre lotes	Interromper ciclos infecciosos e parasitários	Trujillo (2009); Pereira (2023)
Preventiva	Monitoramento da ventilação e humidade	Prevenir doenças respiratórias e proliferação de fungos	Carvalho <i>et al.</i> (2011); Oliveira <i>et al.</i> (2014)
Corretiva	Isolamento imediato de aves doentes	Evitar a propagação da doença dentro do lote	Sales (2014); Pena (2017)
Corretiva	Administração pontual de antibióticos	Restabelecer o bem-estar em casos extremos	Regulamento (UE) 2018/848
Corretiva/Alternativa	Aplicação de homeopatia, fitoterapia ou acupuntura	Tratamento complementar e sustentável	Cerqueira & Soares (2019)

### 1.2.3. Nutrição e Alimentação

A nutrição constitui um dos pilares fundamentais da produção avícola, sendo determinante para o desempenho zootécnico, a saúde e o bem-estar das aves. Em sistemas ao ar livre, onde o ambiente é mais variável e menos controlado do que em sistemas intensivos, é imprescindível assegurar que a formulação das dietas seja equilibrada, digestível e adaptada às necessidades específicas das aves em cada fase do seu desenvolvimento (Quinzeiro *et al.*, 2017; Marangoni, 2022).

As dietas devem garantir o fornecimento adequado de:

- Energia metabolizável,
- Proteína bruta e aminoácidos essenciais (como lisina e metionina),
- Minerais (cálcio, fósforo, sódio),
- Vitaminas (complexos A, D, E, B),

- Suplementos específicos, se necessário (enzimas, probióticos, fitobióticos).

O Regulamento (UE) 2018/848 define que pelo menos 75% da composição das dietas em produção biológica (e preferencialmente também em sistemas alternativos) deve ter origem agrícola, com prioridade para ingredientes naturais e locais. As fontes recomendadas incluem:

- Cereais: milho, aveia, cevada;
- Proteaginosas: ervilha, fava, grão-de-bico;
- Oleaginosas: colza, soja, girassol (inteiras ou moídas);
- Subprodutos industriais (até 25%): derivados de oleaginosas/proteaginosas, produtos lácteos, suplementos minerais e vitaminas.

O equilíbrio entre estes componentes permite sustentar um crescimento saudável, boa conversão alimentar e elevada qualidade de carcaça, mesmo em ambientes mais desafiantes.

Tabela 3 - Fases Alimentares e Recomendações Nutricionais para Frangos Criados ao Ar Livre.

<b>Fase</b>	<b>Idade (dias)</b>	<b>Energia Metabolizável (kcal/kg)</b>	<b>Proteína Bruta (%)</b>	<b>Lisina (%)</b>	<b>Metionina (%)</b>	<b>Cálcio (%)</b>	<b>Fósforo (%)</b>
Inicial	1–21	3.000–3.050	21,0–22,0	1,10–1,20	0,48–0,50	0,90	0,45
Crescimento	22–35	3.100–3.150	19,0–20,0	1,00	0,42	0,85	0,40
Terminação	36– Abate	3.150–3.200	18,0	0,90	0,38	0,80	0,35

Fonte: Adaptado de Rostagno (2012); Costa *et al.* (2016); Regulamento (UE) 2018/848.

O manejo alimentar em sistemas ao ar livre envolve não apenas o fornecimento de rações comerciais equilibradas, mas também a gestão eficiente da sua administração, a monitorização do consumo e o aproveitamento dos recursos naturais disponíveis no meio.

As práticas de alimentação devem considerar:

- Distribuição regular e homogénea da ração, minimizando competição;
- Disponibilização de comedouros limpos, em quantidade suficiente para evitar aglomerações;
- Ajuste da quantidade de alimento com base na idade, temperatura ambiente e comportamento das aves;

- Registo e monitorização do consumo diário, com correções rápidas em caso de quedas abruptas ou desperdício.

Nos sistemas ao ar livre, o acesso à vegetação natural, grãos inteiros, ervas e insetos complementa a dieta e contribui para:

- Diversificação da ingestão de nutrientes e fibras;
- Estímulo ao comportamento natural de forrageamento;
- Fortalecimento da microbiota intestinal.

Contudo, a qualidade e segurança das áreas de pastagem devem ser garantidas. A prática de rotação das parcelas, a prevenção da contaminação fecal e o controlo de plantas tóxicas ou de baixo valor nutritivo são essenciais para manter a sanidade e o desempenho das aves (Sales, 2014; Santos, 2024).

O fornecimento de água limpa, fresca e acessível a todas as aves, em todos os períodos do dia, é igualmente vital. A água deve ser protegida de contaminação e reposta frequentemente, especialmente durante os meses mais quentes.

## 2. Material e Métodos

### 2.1. Descrição da Área de Estudo

O presente estudo foi realizado no campo experimental da Escola Superior Agrária (ESA) do Instituto Politécnico de Bragança (IPB), localizado na cidade de Bragança, região de Trás-os-Montes e Alto Douro, em Portugal. A ESA encontra-se inserida no Campus de Santa Apolónia (5300-253 Bragança) e dispõe de um conjunto de infraestruturas pedagógicas, científicas e agropecuárias, distribuídas por uma área total de 50.000 m<sup>2</sup>. Esta área integra zonas verdes, vias de acesso e parques de estacionamento.

As infraestruturas agropecuárias, com uma área útil de 5.652,5 m<sup>2</sup>, estão organizadas em três unidades de experimentação agrícola:

- Quinta de Santa Apolónia – Com uma área de 28,9 ha, dos quais 15,6 ha são dedicados à fruticultura e a sistemas agropecuários diversificados;
- Quinta do Pinheiro Manso – Totalizando 17,3 ha, é destinada sobretudo ao estudo e produção de culturas mediterrânicas;
- Quinta do Poulão – Com 13,4 ha, está situada na encosta da Serra da Nogueira e é orientada para sistemas de produção adaptados a zonas de montanha sob influência atlântica.

O clima da região é temperado, com influência mista continental e atlântica. Os verões caracterizam-se por serem quentes e secos, enquanto os invernos são geralmente frios, prolongados e húmidos, concentrando-se neste período a maior parte da precipitação anual (Patrícia, 2016).



Figura 3 – Vista aérea da Escola Superior Agrária de Bragança (ESA).

A distribuição da precipitação segue um regime mediterrânico, com cerca de 70% do total anual concentrado entre os meses de outubro e março, enquanto o trimestre de junho a agosto representa menos de 10% da precipitação total (Roque, 1992; Monteiro & Figueiredo, 2009; Castro *et al.*, 2021).

De acordo com dados históricos do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA, 2021), os principais parâmetros climáticos médios observados para a região de Bragança são os seguintes:

- Temperatura média anual: 12,3 °C;
- Temperatura média das máximas anuais: 17,9 °C;
- Temperatura média das mínimas anuais: 6,7 °C;
- Temperatura mínima absoluta (janeiro): -11,6 °C;
- Temperatura máxima absoluta (julho): 38,8 °C;
- Média das mínimas no mês mais frio (janeiro): 0,3 °C;
- Média das máximas no mês mais quente (agosto): 28,5 °C.

As geadas são fenómenos frequentes durante o outono e inverno, sendo particularmente nocivas as geadas tardias (abril a maio), que podem comprometer significativamente a produtividade de culturas agrícolas sensíveis (Roque, 1992).

## 2.2. Ensaio de Crescimento ao Ar Livre

O ensaio foi conduzido com duas estirpes híbridas de frangos de carne, Branca e Vermelha, seleccionadas pela sua aptidão para sistemas alternativos de produção. Foram utilizados 50 frangos, com 25 indivíduos por estirpe, com idade inicial de 44 dias e peso médio inicial de 1,054 kg para estirpe Branca e 1,083 kg para Vermelha do período experimental.

As aves foram individualmente identificadas por meio de anilhas numeradas, de 1 a 25 para cada grupo, permitindo o acompanhamento e a recolha de dados individuais ao longo do ensaio.

O experimento decorreu durante 15 dias consecutivos, num sistema de produção ao ar livre, em condições controladas de espaço e biossegurança. A área de ensaio totalizava 122,5 m<sup>2</sup> (7 m × 17,5 m), delimitada por duas cercas eléctricas:

- Uma cerca externa, com 1,70 m de altura, servindo como barreira de segurança contra predadores;
- Uma cerca interna, com 1,10 m de altura, utilizada para delimitar a área de circulação das aves e orientar o seu maneio.

A configuração do espaço está ilustrada na Figura 4, permitindo a visualização da disposição espacial e da separação entre estirpes, se aplicável. O acesso à alimentação e à água foi garantido *ad libitum*, e o ambiente exterior proporcionou condições para a expressão de comportamentos naturais, em conformidade com os princípios do bem-estar animal.



Figura 4 - Espaço ao ar livre delimitado por cerca eléctrica alimentada por painel solar.

A cerca eléctrica foi alimentada por um sistema fotovoltaico autónomo, composto por painel solar e bateria recarregável, garantindo uma autonomia de até 24 horas de operação contínua, mesmo em dias de baixa radiação solar, figuras 5 A/B.

Para assegurar o bem-estar e o conforto das aves, foram disponibilizados comedouros e bebedouros (figuras 5 C/D) apropriados à densidade animal. As aves também dispunham de acesso a uma capoeira artesanal, com dimensões de 1,18 m × 1,60 m × 1,00 m, construída a partir de materiais reaproveitados, nomeadamente:

- Estrutura em madeira reutilizada;
- Cobertura em chapa de zinco, resistente à precipitação;
- Rede metálica lateral, garantindo ventilação natural cruzada;
- Lona plástica removível, instalada nos períodos de maior frio para reforço térmico.

Esta infraestrutura permitiu abrigo nocturno e protecção contra intempéries, promovendo um ambiente equilibrado entre conforto térmico e exposição ambiental, em linha com os princípios do sistema ao ar livre. As Figuras 6, ilustra a montagem do abrigo utilizado no ensaio.



Figura 5 – (A) Painel solar; (B) Bateria recarregável; (C) Comedouro e (D) bebedouro.



Figura 6 - (A) Construção da capoeira e (B) Capoeira finalizada.

Durante o período experimental, as aves permaneciam soltas na área de pastagem durante o dia, com livre acesso ao exterior, sendo recolhidas à capoeira ao final da tarde. O manejo diário incluiu:

- Fornecimento de ração balanceada e água limpa *ad libitum*;
- Pesagens semanais individuais, realizadas com balança digital de precisão;
- Verificação e manutenção das anilhas de identificação, para garantir o acompanhamento individual;
- Monitorização da corrente eléctrica da cerca, de forma a assegurar a sua eficácia preventiva contra predadores.

As condições microclimáticas foram monitorizadas com um termómetro e higrómetro digital (modelo CLOCK/HUMIDITY HTC-2). Durante o ensaio, a temperatura ambiente oscilou entre 15 °C e 26 °C, enquanto a humidade relativa variou entre 46% e 66%.

### 2.3. Plano Alimentar

O plano alimentar foi concebido de forma a suprir as exigências nutricionais específicas das aves, tendo em conta a fase fisiológica e o sistema extensivo ao ar livre. A ração comercial utilizada foi a “Caseirinhos X”, composta por uma mistura de cereais tradicionais (milho, trigo, cevada e leguminosas), formulada para frangos criados em regime caseiro.

A distribuição de ração e água foi realizada *ad libitum*, com ajuste diário da quantidade fornecida, de acordo com a idade e o peso corporal das aves. A monitorização do consumo visou evitar desperdícios e garantir a ingestão adequada de nutrientes.

As características nutricionais da ração utilizada estão apresentadas na Figura 7, que exibe a composição declarada do fabricante, e na Tabela 4, que resume os principais teores de energia e nutrientes.



Figura 7 - Ração Caseirinhos X.

Tabela 4 - Composição bromatológica da ração “Caseirinhos” fornecida aos frangos de carne.

<b>Parâmetro</b>	<b>Teor (%)</b>
Proteína bruta	17,8%,
Matéria gorda bruta	2,90%
Fibra bruta	3,40%
Cinza bruta	5,4%,
Cálcio	0,82%,
Fósforo	0,43%,
Sódio	0,20%,
Metionina	0,32%,
Lisina	0,95%

## 2.4. Avaliação Bromatológicas da Ração

Com o intuito de verificar a conformidade da composição nutricional da ração fornecida, foram recolhidas amostras representativas para análise bromatológica, realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Escola Superior Agrária (ESA) do Instituto Politécnico de Bragança.

As amostras foram inicialmente secas em estufa de circulação forçada a 60 °C, durante 24 horas, e, posteriormente, moídas em moinho tipo Wiley com peneira de 1 mm de malha. As análises laboratoriais incluíram a determinação dos seguintes parâmetros:

- Matéria Seca (MS)
- Proteína Bruta (PB)
- Extrato Etéreo (EE)
- Cinzas Totais

As metodologias analíticas seguiram os procedimentos descritos por Dourado *et al.* (2015), com base nas normas de Silva & Queiroz (2002).

Adicionalmente, foram quantificadas as frações de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), de acordo com a metodologia proposta por Souza *et al.* (2015), com base no protocolo de Detmann *et al.* (2012), visando avaliar a fração fibrosa indigerível da dieta.



Figura 8 – Processamento e análise bromatológica das amostras de ração: (A) Trituração das amostras secas em moinho; (B) Determinação das frações fibrosas (FDN e FDA) e (C) Procedimento de titulação para quantificação de cinzas e nutrientes específicos.

## 2.5. Avaliação do crescimento dos frangos

As aves foram submetidas a pesagens semanais utilizando uma balança digital de precisão, com o objectivo de monitorizar o desempenho zootécnico individual ao longo do período experimental. Este controlo do peso vivo permitiu avaliar a evolução do crescimento e detectar eventuais desvios relacionados com a estirpe ou com o manejo.

As variáveis analisadas foram:

Consumo de Ração (CR): quantificado diariamente por diferença entre a quantidade fornecida e a ração remanescente. Os valores foram acumulados semanalmente por ave, permitindo uma estimativa do consumo médio por estirpe.

Ganho Médio Diário (GMD): calculado a partir da variação do peso corporal entre duas pesagens consecutivas, dividido pelo número de dias entre medições. Esta métrica permite avaliar a eficiência de crescimento em função do tempo.

Estas métricas permitem caracterizar o crescimento individual e o aproveitamento alimentar das estirpes estudadas, sendo essenciais para a análise comparativa do desempenho produtivo em sistema ao ar livre.



Figura 9 - (A) Frangos na fase final do ensaio; (B) Ave da estirpe Branca e (C) Ave da estirpe Vermelha em processo de pesagem.

## 2.6. Análise Estatística

Os dados recolhidos foram analisados com o objectivo de avaliar o desempenho zootécnico das estirpes Branca e Vermelha ao longo do período experimental. As análises estatísticas

foram conduzidas no software R, versão actualizada, com recurso a pacotes especializados para dados longitudinais e modelos mistos.

Inicialmente, realizou-se uma análise descritiva exploratória, com o cálculo de médias, desvios-padrão, valores máximos e mínimos do peso corporal por idade e estirpe. Adicionalmente, boxplots e gráficos de dispersão foram utilizados para visualizar a distribuição dos dados e a evolução do peso ao longo do tempo, de forma estratificada por estirpe.

A seguir, foi conduzida uma análise de covariância (ANCOVA) para examinar os efeitos principais da estirpe, idade e peso inicial sobre o peso corporal nas diferentes idades. Modelos lineares com e sem interações foram ajustados e comparados através de análise de variância (ANOVA) e critérios de informação (AIC), de forma a seleccionar o modelo mais parcimonioso. Estimativas marginais ajustadas foram obtidas com o pacote *emmeans*, permitindo comparações entre estirpes e idades corrigidas pelo peso inicial.

Para contemplar a estrutura longitudinal dos dados (medidas repetidas sobre os mesmos indivíduos), foram utilizados modelos lineares mistos (LMM), com efeitos aleatórios para o indivíduo (Id), considerando a dependência intra-indivíduo. As variáveis fixas incluíram o peso inicial centrado (cPeso0), a estirpe e a idade (em três níveis: 44, 51 e 58 dias). Foram ajustados dois modelos mistos principais: um com interações completas (modelo 1) e outro aditivo (modelo 2). A selecção do modelo baseou-se na comparação dos valores de AIC e na análise dos resíduos.

Este modelo revelou efeitos significativos da estirpe e da idade sobre o peso vivo, mesmo após o controlo pelo peso inicial. As previsões ajustadas indicaram diferenças consistentes no crescimento entre estirpes ao longo do tempo. As tendências médias e os intervalos de erro padrão foram visualizados em gráficos com linhas por idade e estirpe.

Além disso, a relação entre o peso vivo inicial e os pesos em diferentes idades foi ilustrada com gráficos de dispersão e linhas de regressão estratificadas por estirpe e idade, permitindo observar a inclinação das trajectórias de crescimento.

A validade dos modelos foi verificada por diagnóstico gráfico dos resíduos e pela análise de heterocedasticidade, não se detectando desvios substanciais às suposições do modelo. As medidas de ajuste, como o  $R^2$  marginal e condicional, e a variância dos efeitos aleatórios, foram reportadas com o auxílio do pacote *sjPlot*.

Estes procedimentos permitiram uma análise robusta do desempenho das estirpes, com controlo estatístico da variabilidade individual e das covariáveis relevantes, fornecendo uma base fiável para a comparação dos resultados.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1. Resultados Gerais

O presente estudo analisou o crescimento comparativo de frangos de duas estirpes híbridas Branca e Vermelha criados em sistema de ar livre. A variável de interesse foi o peso vivo (kg), registado aos 44, 51 e 58 dias de idade. A Tabela 5 apresenta os valores médios, desvios-padrão (DP), pesos máximos e mínimos, bem como o número de aves por grupo (n = 25 por estirpe), para cada ponto de avaliação.

##### 3.1.1. Evolução do Peso Vivo com a Idade

De acordo com a Tabela 5, verificou-se uma progressão crescente do peso médio das aves com o avanço da idade, em ambas as estirpes, em conformidade com os padrões esperados para frangos de carne. Entre os 44 e os 58 dias, os pesos médios evoluíram de aproximadamente 1,05 kg para 1,63 kg. Estes resultados estão em consonância com as observações de Provin (2024), que destaca o desempenho zootécnico como um dos principais objectivos na avicultura moderna, sendo influenciado por factores como o potencial genético, o manejo, a nutrição e o controlo sanitário.

Tabela 5 - Análise descritiva do peso vivo (kg) das aves por estirpe e idade (DP: desvio padrão; Máx.: valor máximo observado; Mín.: valor mínimo observado).

Estirpe	Idade	Média	DP	Max	Min	n
Branca	44	1,054	0,1991	1,400	0,740	25
	51	1,267	0,1953	1,665	0,890	25
	58	1,631	0,2221	2,085	1,255	25
Vermelha	44	1,083	0,2034	1,575	0,770	25
	51	1,248	0,2418	1,7535	0,855	25
	58	1,630	0,2559	2,210	1,140	25

### **3.1.2. Comparação entre Estirpes**

As diferenças entre estirpes foram detectáveis em todas as idades. Aos 44 dias, a estirpe Vermelha apresentou peso ligeiramente superior ao da estirpe Branca (1,083 kg vs. 1,054 kg). No entanto, aos 51 dias essa tendência inverteu-se, com a estirpe Branca a apresentar maior peso médio (1,267 kg vs. 1,248 kg). Aos 58 dias, as duas estirpes apresentaram valores praticamente idênticos (1,631 kg Branca vs. 1,630 kg Vermelha), indicando uma convergência no crescimento final.

### **3.1.3. Influência da Genética e da Variabilidade Intra-grupo**

Tal como era expectável, cada linhagem de frango de carne exhibe características genéticas específicas, seleccionadas para objectivos distintos como crescimento rápido, rendimento de carcaça ou resistência a doenças (Coutinho *et al.*, 2000; Hassan *et al.*, 2021). Mesmo sob condições ambientais e alimentares idênticas, as linhagens diferem na eficiência com que metabolizam nutrientes e convertem alimento em massa corporal (Johnson, 2025; Sakr *et al.*, 2025).

No que respeita à variabilidade intra-grupo, a estirpe Vermelha apresentou desvios padrão mais elevados, sobretudo aos 51 e 58 dias, indicando maior heterogeneidade individual. Em contraste, a estirpe Branca demonstrou crescimento mais uniforme, característica vantajosa em contextos onde se valoriza a homogeneidade dos lotes para fins comerciais e industriais.

### **3.1.4. Impacto do Sistema de Criação**

Os resultados sugerem que o sistema de criação ao ar livre não comprometeu o crescimento das aves no período em estudo. Pelo contrário, os dados apontam para um efeito positivo na performance produtiva, aliando bem-estar e eficiência.

Figueiredo *et al.* (2000) demonstraram que aves criadas em sistemas confinados atingem maior peso e melhor conversão alimentar em comparação com sistemas semiconfinados, especialmente em linhagens comerciais. No entanto, os dados do presente estudo não revelaram diferenças significativas atribuíveis ao regime ao ar livre, o que pode ser explicado pela curta duração do ensaio, pela adequação do manejo e pela natureza das linhagens avaliadas.

### 3.1.5. Confirmação com Estudos Precedentes

Segundo Madeira *et al.* (2010), o ganho de peso é fortemente condicionado pela linhagem, sendo que aves da linhagem Ross superaram outras linhagens em diversos intervalos de tempo. A linhagem Label Rouge, por sua vez, apresentou desempenho inferior, possivelmente devido à sua maior actividade locomotora.

Estudos de Hellmeister Filho *et al.* (2003) reforçam esta ideia: em sistemas intensivos e semi-intensivos, linhagens de crescimento rápido (Paraíso Pedrês e 7P) atingiram 2,300 kg em menos tempo do que linhagens de crescimento lento (Caipirinha e Label Rouge).

### 3.1.6. Importância da Uniformidade de Lotes

Apesar de não se verificarem diferenças estatisticamente significativas entre as médias das estirpes, a menor variabilidade da estirpe Branca poderá representar vantagens económicas e operacionais, sobretudo em mercados que exigem padronização do produto final.

A homogeneidade dos lotes está directamente associada à eficiência no processamento industrial, ao rendimento de carcaça e à previsibilidade logística (Martins, 2013). Esta característica pode traduzir-se num diferencial competitivo relevante, especialmente em cadeias de distribuição rigorosas.

### 3.1.7. Comparação do Peso Vivo Inicial entre Estirpes

A Tabela 6 apresenta os dados relativos ao peso vivo inicial (aos 44 dias), ponto de partida comum do ensaio, comparando as estirpes Branca e Vermelha. A amostra foi composta por 25 aves por estirpe, todas criadas em sistema de ar livre.

Tabela 6 - Comparação do peso corporal inicial entre estirpes aos 44 dias de idade (DP: desvio padrão; Máx.: valor máximo observado; Mín.: valor mínimo observado).

	<b>Estirpe</b>	<b>Sistema</b>	<b>Média</b>	<b>DP</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>n</b>
1	Branca	Ar Livre	1,0538	0,1990775	1,400	0,74	25
2	Vermelha	Ar Livre	1,0826	0,2034910	1,575	0,77	25

Ambas as estirpes apresentaram médias semelhantes, com a estirpe Vermelha a registar um valor ligeiramente superior (+29 g) face à Branca. Contudo, esta diferença é marginal ( $P = 0,615$ ) do ponto de vista zootécnico. Para validar estatisticamente a hipótese de igualdade dos pesos iniciais entre estirpes, foi conduzida uma análise de variância (ANOVA), cujos resultados estão resumidos na Tabela 7.

Tabela 7 - Resultados da ANOVA para comparação do peso vivo inicial entre estirpes.

	<b>GLN</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
Estirpe	1	0,0104	0,01037	0,256	0,615
Residuals	48	1,9450	0,04052		

GLN: Graus de liberdade do numerador; SQ: Soma dos quadrados; QM: Quadrado médio, F: Valor de F e Pr: Valor de p.

O valor de  $p = 0,615$  evidencia ausência de significância estatística, confirmando que as aves das duas estirpes iniciaram o ensaio com pesos equivalentes. A ligeira vantagem inicial da estirpe Vermelha poderá estar associada ao seu comportamento mais sedentário, observado durante as primeiras fases do ensaio, o que poderia traduzir-se numa menor despesa energética com actividade locomotora. Este padrão comportamental pode contribuir para diferenças iniciais no crescimento, conforme sugerido por Madeira *et al.* (2010) em ensaios comparativos entre linhagens de frangos.

Estudos como o de Silva *et al.* (2003) destacam a influência da linhagem genética no desempenho, sendo que aves de crescimento rápido, como as estirpes C2 e 7P, apresentam ganhos de peso superiores, embora nem sempre com melhor conversão alimentar.

A ausência de diferenças significativas no peso inicial é particularmente relevante do ponto de vista metodológico. Este equilíbrio entre grupos assegura que os modelos estatísticos posteriores nomeadamente os modelos lineares generalizados e mistos não sejam enviesados pela variabilidade inicial, permitindo que os efeitos observados ao longo do tempo possam ser atribuídos à interação entre estirpe e idade, e não a desequilíbrios nas condições de partida. Este controlo experimental fortalece a validade interna do estudo e sustenta a utilização do peso inicial como covariável, ajustando adequadamente os modelos de crescimento.

## 3.2. Evolução do Peso Vivo

### 3.2.1. Distribuição dos Pesos por Idade e Estirpe

A Figura 12 apresenta a evolução do peso vivo das aves por idade (44, 51 e 58 dias), distinguindo as estirpes Branca e Vermelha. As caixas representam a mediana, os quartis e possíveis outliers, permitindo avaliar tanto os padrões de crescimento como a homogeneidade intra-grupo. A faceta por estirpe facilita a comparação visual entre os dois grupos genéticos.

Este tipo de representação gráfica é particularmente útil para identificar assimetrias ou dispersão nos dados, bem como para destacar diferenças de variabilidade entre grupos. A análise visual revela um crescimento progressivo do peso corporal ao longo do tempo, alinhado com os resultados descritivos discutidos anteriormente.

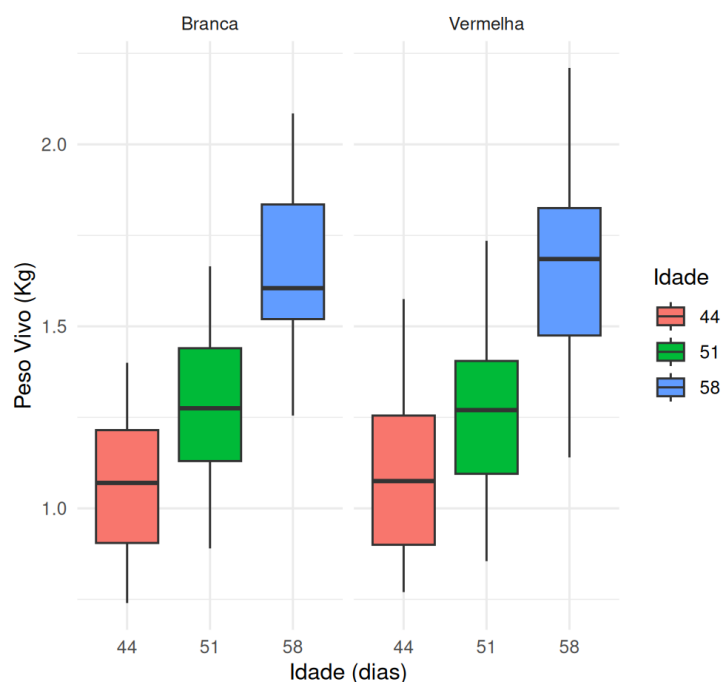


Figura 10 - Evolução do peso vivo das aves em função da idade (44, 51 e 58 dias), por estirpe (Branca e Vermelha).

### 3.2.2. Trajectórias de Crescimento Individuais

A Figura 13 apresenta as trajectórias individuais e a tendência média da evolução do peso vivo das aves das duas estirpes estudadas. Este tipo de representação permite observar tanto os padrões gerais de crescimento como a variabilidade intra e intergrupos.

A evolução do peso mostra uma tendência crescente e clara em ambas as estirpes, o que era esperado. A dispersão das curvas individuais indica variabilidade entre aves um fenómeno comum em estudos zootécnicos com dados longitudinais. Segundo Martins (2013), a consistência no crescimento dentro de um mesmo lote é directamente proporcional à eficiência no processamento industrial e à padronização do produto final.

De acordo com Tholon & Queiroz (2009), a taxa de crescimento individual influencia directamente o tempo necessário para alcançar o peso de abate e, conseqüentemente, a conversão alimentar. Estudos recentes de Jie *et al.* (2024) reforçam que variações nos padrões de ingestão alimentar estão intimamente ligadas ao desempenho produtivo. Assim, a monitorização do consumo e do crescimento a nível individual é fundamental para otimizar estratégias de alimentação e manejo.

O conhecimento detalhado das curvas de crescimento das diferentes linhagens permite não só uma escolha mais informada da estirpe, como também a definição de programas nutricionais adaptados a cada fase fisiológica. Isso facilita, por exemplo, a identificação do momento óptimo de abate com base na eficiência biológica e económica (Braccini Neto, 1993).

A linha média (stat\_summary) indica que, apesar da sobreposição entre as trajectórias individuais, a estirpe Branca tende a apresentar ligeiramente maior peso médio ao longo do tempo. Este resultado está em consonância com os valores das médias marginais ajustadas anteriormente discutidas. Júnior (1983) referiu que, dentro de uma mesma categoria zootécnica, aves com maior peso vivo têm frequentemente melhores rendimentos percentuais, sobretudo ao nível da carcaça.

Morais *et al.* (2015) também salientaram a importância da modelação das curvas de crescimento em frangos de corte caipiras, apontando diferenças significativas entre machos e fêmeas da mesma linhagem. Este tipo de abordagem reforça a necessidade de considerar variáveis individuais e não apenas médias populacionais.

A análise gráfica das trajectórias individuais constitui, assim, uma ferramenta exploratória essencial antes da aplicação de modelos estatísticos mais robustos, como os modelos lineares mistos. Esta etapa permite identificar tendências, desvios, padrões por grupo e fornecer suporte visual para decisões analíticas subsequentes.

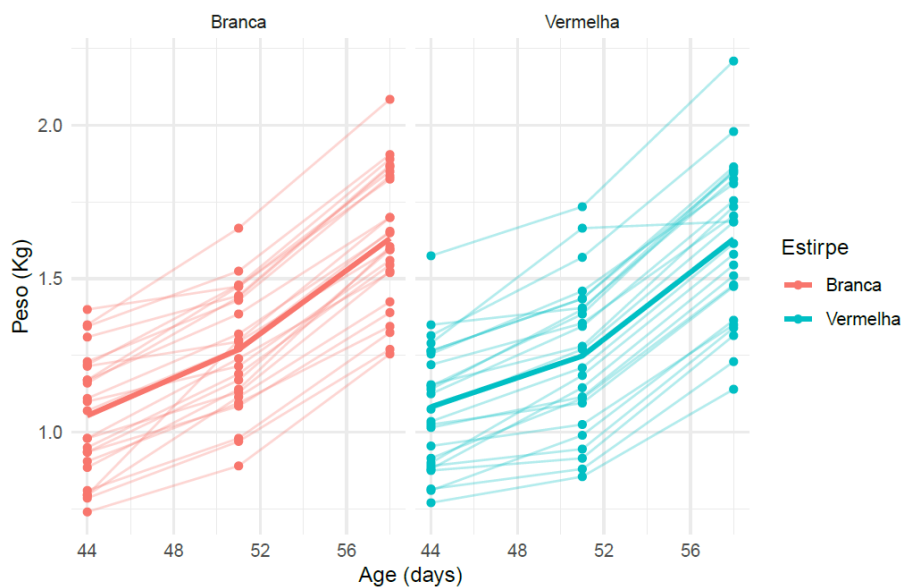


Figura 11 - Trajectórias individuais e tendência média da evolução do peso vivo dos frangos das estirpes Branca e Vermelha.

### 3.2.3. Avaliação da Homogeneidade das Inclinações

Para testar se o efeito do peso inicial sobre o peso final varia em função da estirpe e/ou da idade, ajustou-se um modelo de regressão linear com interações de três factores. Na Tabela 8 apresentamos os resultados da análise de variância para o modelo de análise de variância com interações. Os resultados indicam que o peso inicial é um forte preditor do peso final ( $p < 0,001$ ), conforme observado também em Leandro *et al.* (2006) e Stringhini *et al.* (2003).

A idade tem um impacto significativo no peso vivo, confirmando o efeito do crescimento cronológico ( $p < 0,001$ ). A interação entre estirpe e peso inicial é significativa ( $p = 0,027$ ), sugerindo que o impacto do peso inicial varia ligeiramente entre estirpes. As demais interações, incluindo a de três factores (Estirpe x Idade x PesoInicial), não apresentaram significância estatística ( $p > 0,05$ ), o que indica que o efeito do peso inicial sobre o peso final é consistente ao longo das idades.

A importância do peso inicial como indicador de desempenho futuro já foi destacada por Kareem-Ibrahim *et al.* (2023). Embora esse efeito tenda a atenuar-se com o tempo, permanece relevante em modelos preditivos de crescimento. Outros trabalhos, como os de Vieites *et al.* (2004) e Nunes (2024), demonstram que o desempenho zootécnico pode ser sensível a factores como linhagem e densidade de criação, embora nem sempre essas variáveis interajam significativamente.

A observada uniformidade de inclinações reforça a robustez do modelo proposto, permitindo afirmar que a relação linear entre peso inicial e peso final se mantém estável ao longo das idades estudadas, com pequenas diferenças de intensidade entre estirpes. Esta estabilidade é essencial para prever desempenho produtivo e planejar estratégias de alimentação e abate.

Tabela 8 - Resultados da análise de variância para o modelo de regressão com interações.

	<b>GLN</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
Estirpe	1	0,0001843	0,0001843	0,0279712	0,8674214
Idade	2	8,1850581	4,0925291	621,2577542	0,0000000
PesoInicial	1	6,0577500	6,0577500	919,5839837	0,0000000
Estirpe: Idade	2	0,0156226	0,0078113	1,1857804	0,3086008
Estirpe: PesoInicial	1	0,0327863	0,0327863	4,9770560	0,0272994
Idade: PesoInicial	2	0,0041777	0,0020889	0,3170964	0,7287898
Estirpe: Idade: PesoInicial	2	0,0165610	0,0082805	1,2570044	0,2877418
Residuals	138	0,9090736	0,0065875	NA	NA

GLN: Graus de liberdade do numerador; SQ: Soma dos quadrados; QM: Quadrado médio, F: Valor de F e Pr: Valor de p.

### 3.2.4. Interação entre Estirpe e o Peso Inicial

A Tabela 9 apresenta os resultados do modelo ANCOVA que inclui os efeitos principais da estirpe, idade e peso inicial, bem como a interação entre estirpe e peso inicial, sobre o peso vivo final das aves.

Tabela 9 - Efeitos principais e interação entre estirpe e peso inicial sobre o peso vivo final (ANCOVA).

	<b>GLN</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Valor de F</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
--	------------	-----------	-----------	-------------------	------------------

PesoInicial	1	266,8152160	266,8152160	40638,85186	0,0000000
Estirpe	2	0,3047028	0,1523514	23,20477	0,0000000
Idade	1	8,1850581	4,0925291	623,33657	0,0000000
PesoInicial: Estirpe	2	0,0156226	0,0078113	1,1857804	0,3086008
Residuals	14 <sup>c</sup>	0,9090736	0,0065875	NA	NA

GLN: Graus de liberdade do numerador; SQ: Soma dos quadrados; QM: Quadrado médio, F: Valor de F e Pr: Valor de p.

O peso inicial revelou-se o principal preditor do peso vivo final, com um efeito altamente significativo ( $p < 0,001$ ). Este resultado corrobora vários estudos que demonstram a forte influência do peso corporal inicial no desempenho subsequente, incluindo ganho de peso e consumo alimentar (Leandro *et al.*, 2006; Cunha, 2017; Kareem-Ibrahim *et al.*, 2023).

A variável idade apresentou também um efeito estatisticamente significativo ( $p < 0,001$ ), reflectindo o crescimento esperado com o avanço do tempo.

Em relação à estirpe, o efeito principal foi significativo ( $p < 0,001$ ), sugerindo diferenças entre os grupos genéticos. No entanto, é importante notar que a interacção entre estirpe e peso inicial não foi significativa ( $p = 0,309$ ), indicando que o impacto do peso inicial no desempenho final é semelhante entre as duas estirpes avaliadas.

Apesar da ausência de interacção estatística significativa, análises gráficas e tendências individuais sugerem que o crescimento das aves da estirpe Vermelha poderá ser ligeiramente mais sensível ao peso inicial, fenómeno já descrito em estudos anteriores (Vieira *et al.*, 2007; Api *et al.*, 2017; Hassan *et al.*, 2021).

Garcia Neto & Campos (2004) observaram que linhagens como Ross e Hubbard, embora apresentem diferenças nos primeiros dias de vida, tendem a igualar-se no peso final em função das suas características genéticas. Estudos como os de Marcato *et al.* (2006) e Madeira *et al.* (2010) reforçam esta ideia, destacando que o ganho de peso pode estar mais relacionado ao padrão de deposição muscular (especialmente no peito) do que a diferenças precoces no peso corporal.

Finalmente, estes resultados reforçam a importância da padronização do peso inicial no início dos ensaios experimentais. Como demonstrado, mesmo pequenas variações iniciais podem influenciar o desempenho futuro, afectando a interpretação dos efeitos genéticos e de manejo.

### 3.2.5. Interação Estirpe e Idade

A avaliação gráfica apresenta os resultados das comparações entre as combinações de estirpe e idade, obtidas através de contrastes múltiplos com correcção de Tukey. Os principais resultados estão resumidos a seguir.

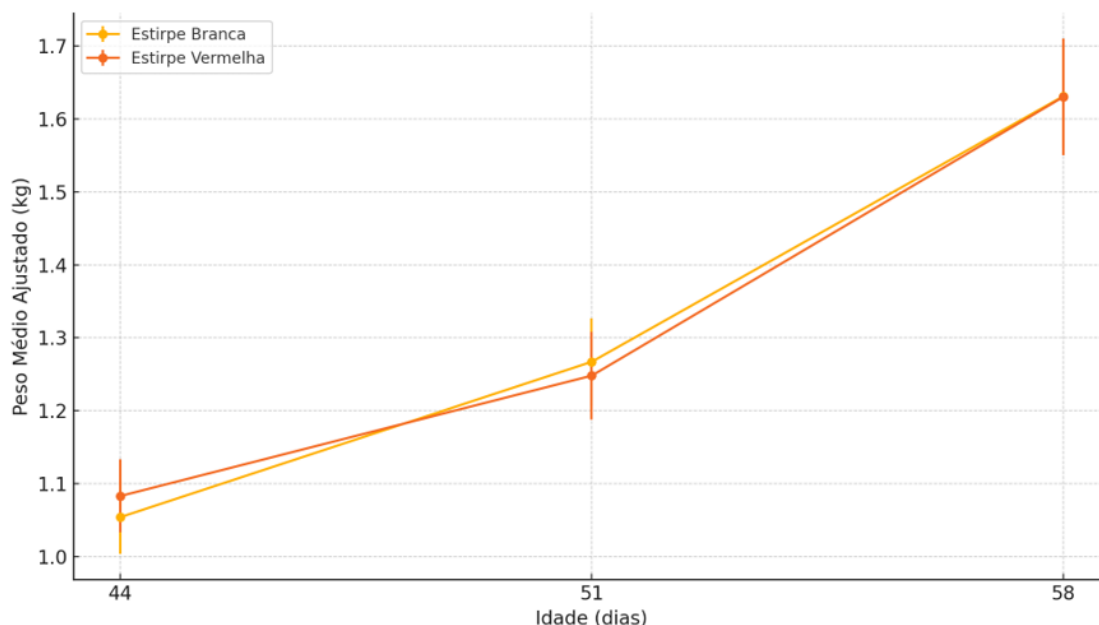


Figura 12 -Medidas ajustadas do peso vivo por idade (44, 51 e 58 dias) e estirpe.

Verificou-se que as diferenças entre estirpes em cada idade (Branca vs. Vermelha aos 44, 51 e 58 dias) não foram estatisticamente significativas ( $p > 0,32$ ). Estes dados estão de acordo com os resultados de Stringhini *et al.* (2003) e Silva (2012), que também não observaram diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) no peso vivo entre linhagens comerciais de crescimento rápido.

Por outro lado, todas as comparações entre idades revelaram diferenças altamente significativas ( $p < 0,001$ ), tanto dentro de cada estirpe como entre estirpes. Por exemplo, a diferença média de peso entre aves Brancas aos 44 e 58 dias foi de  $-0,563$  kg ( $p < 0,001$ ), indicando uma progressão consistente do crescimento.

Estes resultados apontam claramente a idade como o principal factor diferenciador do peso corporal, sendo o crescimento fortemente influenciado pelo tempo. A estirpe, por sua vez, não apresentou efeito significativo em nenhuma das idades analisadas, após controlo pela covariável Peso Inicial.

Visualmente, o gráfico de médias marginais ajustadas mostra duas linhas de crescimento quase paralelas e sobrepostas, reforçando a interpretação estatística: ambas as estirpes seguem um padrão de crescimento muito semelhante, com uma ligeira vantagem consistente para a estirpe Branca.

A análise dos contrastes confirma que o efeito da estirpe não é determinante do desempenho ponderal em sistemas ao ar livre, desde que se controlem variáveis como o peso inicial e o tempo de criação. Assim, do ponto de vista zootécnico e económico, não se justifica a preferência por uma das estirpes apenas com base no peso final, considerando que ambas apresentam desempenhos praticamente equivalentes neste sistema de produção.

### 3.2.6. Interação entre Estirpe, Idade e Peso Inicial

Os resultados apresentados na tabela 10 referem-se à análise do peso vivo das aves, considerando: a covariável contínuo peso inicial centrado (cPeso0); as variáveis categóricas estirpe e idade (codificada como Idade); e todas as interações possíveis entre estas variáveis. O modelo incluiu ainda um efeito aleatório por animal (Id), de forma a contemplar a estrutura de medidas repetidas no tempo.

Tabela 10 - Efeitos principais e interações no modelo de crescimento ponderal com medidas repetidas (modelo misto).

	GLN	SQ	QM	GLD	F	Pr(>F)
(cPeso0)	1	2,2124	2,2124	46	529,2882	< 2e-16 ***
Estirpe	1	0,0100	0,0100	46	2,3990	0.12826
Idade	2	8,1048	4,0524	92	969,4991	< 2e-16 ***
cPeso0:Estirpe	1	0,0120	0,0120	46	2,8753	0,09671
cPeso0:Idade	2	0,0040	0,0020	92	0,4826	0,61875
Estirpe:Idade	2	0,0157	0,0078	92	1,8728	0,15950
cPeso0:Estirpe:Idade	2	0,0166	0,0083	92	1,9810	0,14377

GLN: Graus de liberdade numerador; SQ: Soma dos quadrados; QM: Quadrado médio; GLD: Graus de liberdade do denominador; Valor de F e Pr: Valor de p.

A idade revelou-se um factor determinante e altamente significativo no crescimento corporal ( $p < 0,001$ ), com aumentos médios de aproximadamente +214 g aos 51 dias e +577 g aos 58 dias, comparativamente ao ponto de referência (44 dias).

A covariável *cPeso0* (peso inicial centrado) demonstrou também ser um forte preditor do peso final ( $p < 0,001$ ). A sua relação linear quase perfeita com o desempenho subsequente confirma a sua importância como variável de controlo.

Por outro lado, a estirpe, isoladamente ou em interacção com outras variáveis, não apresentou significância estatística ( $p > 0,05$ ), sugerindo que o padrão de crescimento é semelhante entre as estirpes Branca e Vermelha, e que a resposta ao peso inicial ou à idade não difere substancialmente entre elas.

A interacção entre peso inicial e estirpe ( $cPeso0 \times Estirpe$ ) aproximou-se do limiar de significância ( $p = 0,097$ ), indicando uma possível tendência de resposta diferenciada entre estirpes ao peso inicial. Contudo, esta tendência não é estatisticamente conclusiva com a amostra disponível.

Para validar os resultados, foi ajustado um modelo linear misto (modelo 2), cujos efeitos fixos incluíram: o peso inicial centrado (*cPeso0*), a estirpe e a idade (como factor ordinal). O intercepto aleatório por indivíduo permitiu capturar a variabilidade interindividual.

Tabela 11 - Modelo linear misto com efeitos de estirpe, idade e peso inicial centrado.

	<b>GLN</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>GLD</b>	<b>F</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
( <i>cPeso0</i> )	2,1941960	2,1941960	1	47	510,871595	0,0000000
Estirpe	0,0099432	0,0099432	1	47	2,315061	0,1348263
Idade	8,1850581	4,0925291	2	98	952,857846	0,0000000

GLN: Graus de liberdade numerador; SQ: Soma dos quadrados; QM: Quadrado médio; GLD: Graus de liberdade do denominador; Valor F e Pr(>F): Valor de p.

Os resultados deste modelo confirmam que o peso inicial continua a ser o principal determinante do peso final, com coeficiente de 1,019 ( $p < 0,001$ ); a idade exerce um impacto expressivo e progressivo no crescimento ponderal; a estirpe não apresentou efeito significativo após o controlo pelas outras variáveis, reforçando a ideia de que ambas as estirpes apresentam padrões de crescimento semelhantes neste sistema de criação.

O efeito aleatório por animal justifica-se pela natureza longitudinal dos dados, representando a variabilidade natural entre indivíduos. A robustez do modelo demonstra que o crescimento

ponderal das aves foi amplamente explicado pela idade e pelo peso inicial, sendo a estirpe um factor estatisticamente irrelevante quando essas variáveis são controladas.

A Tabela 12 apresenta os resultados estimados do modelo linear misto ajustado, que incluiu: efeitos fixos para o peso inicial centrado (cPeso0), a estirpe (com a Branca como referência) e a idade (com 44 dias como categoria de base); um intercepto aleatório por indivíduo (Id), para acomodar a estrutura longitudinal dos dados (medidas repetidas); e métricas de qualidade do ajustamento do modelo, como o  $R^2$  marginal e condicional, e o Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC).

Tabela 12 - Efeitos fixos estimados do modelo misto com peso inicial centrado (cPeso0), estirpe e idade.

<b>Preditores</b>	<b>Estimativas</b>	<b>CI</b>	<b>P</b>
(Intercept)	1,08	1,05 – 1.11	<0,001
cPeso0	1,02	0,93 – 1.11	<0,001
Estirpe [Branca]	-0,03	-0,06 – 0.01	0,130
Idade [51]	0,19	0,16 – 0.22	<0,001
Idade [58]	0,56	0,54 – 0.59	<0,001

IC: Intervalo de confiança e P: Valor de p.

As estimativas demonstram que o peso corporal aumenta de forma significativa com a idade, com acréscimos médios de +190 g aos 51 dias e +560 g aos 58 dias, em comparação com os 44 dias de idade. O peso inicial também exerce um efeito positivo e altamente significativo no peso final. A estirpe, no entanto, não apresentou diferença estatisticamente significativa ( $p = 0,130$ ), o que confirma os resultados anteriores e sugere que, após controlo por idade e peso inicial, ambas as linhagens têm desempenhos ponderais semelhantes.

Efeitos aleatórios e qualidade do modelo Métrica Valor Variância residual ( $\sigma^2$ ) ~ 0,00 Variância do intercepto ( $\tau_{00Id}$ ) ~ 0,00 ICC (Coef. Correlação Intraclasse) 0,37 N° de indivíduos (Id), 50 Observações totais, 150  $R^2$  marginal (efeitos fixos) 0,933  $R^2$  condicional (fixos + aleatórios) 0,958.

O  $R^2$  marginal de 93,3% indica que os efeitos fixos explicam a maior parte da variabilidade do peso corporal. O  $R^2$  condicional de 95,8% demonstra que a inclusão do intercepto aleatório por animal melhora o ajustamento do modelo, mesmo com variância estimada

próxima de zero. A correlação intra-classe ( $ICC=0,37$ ) sugere que 37% da variância total do peso pode ser atribuída a diferenças entre indivíduos, o que justifica a escolha de um modelo misto.

O modelo final confirma que o crescimento ponderal dos frangos é fortemente determinado pela idade e pelo peso inicial. A estirpe, por si só, não exerce um efeito significativo quando estas variáveis são controladas. O modelo apresenta excelente ajustamento e pode ser considerado robusto tanto para inferência científica como para aplicações preditivas em sistemas alternativos de produção de frangos de carne.

#### **4. Conclusões**

Este estudo teve como objectivo avaliar o desempenho de crescimento de duas estirpes híbridas de frangos de carne Branca e Vermelha criadas em sistema de produção ao ar livre, considerando o peso inicial, a evolução ponderal ao longo do tempo e a resposta a factores ambientais e de manejo.

Crescimento consistente em sistema ao ar livre: ambas as estirpes demonstraram crescimento contínuo e significativo entre os 44 e os 58 dias de idade, confirmando que o sistema ao ar livre, quando bem gerido, é compatível com bom desempenho zootécnico. A idade foi o factor mais determinante na variação do peso vivo, com incrementos médios de 190 g e 560 g entre os intervalos de 44–51 e 44–58 dias, respectivamente.

Peso inicial como preditor de desempenho: o peso inicial revelou-se um preditor estatisticamente significativo do peso final, com uma relação linear quase perfeita (coeficiente  $\approx 1,02$ ). A importância do peso à entrada no sistema reforça a necessidade de uniformização dos lotes desde o início, para maximizar a previsibilidade e eficiência produtiva.

As análises estatísticas (ANCOVA e modelos mistos) demonstraram que não existiram diferenças estatisticamente significativas entre as estirpes Branca e Vermelha em nenhum dos momentos avaliados, após controlo pelo peso inicial e pela idade. A pequena vantagem ponderal da estirpe Branca não foi suficiente para justificar a sua preferência com base exclusiva no critério de crescimento.

Homogeneidade vs. variabilidade individual: a estirpe Branca apresentou menor variabilidade intra-grupo, o que representa uma vantagem operacional em sistemas que valorizam a uniformidade dos lotes para efeitos de processamento e comercialização. Já a estirpe Vermelha demonstrou maior heterogeneidade individual, o que pode reflectir diferenças de comportamento, metabolismo ou adaptação ao ambiente.

Validação do sistema ao ar livre: o ensaio confirmou a viabilidade técnica do sistema ao ar livre, evidenciando que, com um plano alimentar equilibrado, bom manejo sanitário e monitorização do ambiente, é possível obter desempenhos equiparáveis aos sistemas convencionais. Este modelo apresenta-se como alternativa sustentável, ética e adaptada às exigências de consumidores conscientes.

A utilização de modelos lineares mistos com covariáveis permitiu isolar os efeitos reais de cada factor, controlar a variabilidade individual e produzir estimativas robustas. Este tipo de abordagem é recomendado para estudos zootécnicos longitudinais com medidas repetidas.

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que, em condições de produção ao ar livre, as estirpes Branca e Vermelha não diferem no que respeita ao peso da carcaça quente nem ao rendimento percentual de carcaça. Esta equivalência produtiva reforça a ideia de que ambas são opções tecnicamente válidas para sistemas alternativos, conferindo flexibilidade na escolha do material genético. Assim, a decisão sobre qual estirpe adoptar deve basear-se em critérios complementares, tais como a homogeneidade do crescimento dentro do lote, a adaptação ao ambiente local, o comportamento das aves e as exigências dos mercados-alvo em termos de aparência do produto, cor da plumagem ou preferência do consumidor. A integração destes factores pode maximizar a eficiência do sistema e aumentar a competitividade do produtor em nichos de valor acrescentado.

#### **4. Referências Bibliográficas**

- Abreu, V. M. N., & de Abreu, P. G. (2000). Planeamento de aviários para criação de frangos de corte. <https://core.ac.uk/download/pdf/15441377>
- Alves, M. G. M., de Freitas Albuquerque, L., & Batista, A. S. M. (2016). Qualidade da carne de frangos de corte. *Essentia-Revista de Cultura, Ciência e Tecnologia da UVA*, 17(2). <https://essentia.uvanet.br/index.php/essentia/article/view/28>

- Api, I., Takahashi, S. E., Mendes, A. S., Paixão, S. J., Refati, R., & Restelatto, R. (2017). Efeito da sexagem e linhagens sobre o desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte. *Ciência Animal Brasileira*, 18, e32691. <https://doi.org/10.1590/1089-6891v18e-32691>
- Araújo, C. S. S., Artoni, S. M. B., Araújo, L. F., Junqueira, O. M., & Borges, S. A. (2002). Avaliação do desempenho e excreção de cálcio em duas linhagens de frangos de corte, na fase inicial, alimentados com diferentes níveis de aminoácidos e de cálcio. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 4, 111–118. <https://www.scielo.br/j/rbca/a/sjs9m9vlqwbcwc4xgzy8vfk/?lang=pt>
- Aviagen. (2025, maio 14). Manual de manejo. <https://aviagen.com/pt/>
- Avila, V. S., Appel, K., Feddern, V., Ludke, J., Zabaleta, J., Appel, K. F., & Zabaleta, J. P. L. (2023). Utilização da batata-doce como ingrediente na dieta de aves em sistemas alternativos de criação. <https://agris.fao.org/search/en/providers/122419/records/651197313bee9c5c13269133>
- Azevedo, G. de S., Souza, J. P. L. de, Cardoso, J. A., & Araújo, P. H. H. (2016). Produção de Aves em Sistema Orgânico. *Research Gate*. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v10n4.327-333>
- Benevent, M., Bressot, C., & Paolantonacci, S. (1971). Croissance relative pondérale postnatale, dans les deux sexes, des principaux tissus et organes de l'agneau Mérinos d'Arles. *Annales de Biologie Animale Biochimie Biophysique*, 11(1), 5–39. [https://rnd.edpsciences.org/articles/rnd/pdf/1971/01/ababb\\_0003388x\\_1971\\_11\\_1\\_art0001](https://rnd.edpsciences.org/articles/rnd/pdf/1971/01/ababb_0003388x_1971_11_1_art0001)
- Bilgili, S. F., Moran Jr, E. T., & Acar, N. (1992). Strain-cross response of heavy male broilers to dietary lysine in the finisher feed: Live performance and further-processing yields. *Poultry Science*, 71(5), 850–858. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119335916>
- Braccini Neto, J. (1993). Estudo genético de curvas de crescimento de aves de postura [dissertação]. *Pelotas (RS): Universidade Federal de Pelotas*.
- Brusamarelo, E., da Silva Pereira, T. V., Brusamarelo, D., Souza, C. S., de Oliveira, H. C., Corrêa, G. da S. S., Corrêa, A. B., & de Oliveira, C. F. S. (2020). Modelo de

crescimento de Gompertz na avicultura: Algumas considerações. *Research, Society and Development*, 9(8), e508985208.  
<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/5208>

Carvalho, T. M. R. de, Moura, D. J. de, Souza, Z. M. de, Souza, G. S. de, & Bueno, L. G. de F. (2011). Qualidade da cama e do ar em diferentes condições de alojamento de frangos de corte. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46, 351–361.  
<https://doi.org/10.1590/s0100-204x2011000400003>

Castro, K. R. de, Ferreira, K. N., Oliveira, R. A. P. de, Silva, D. V. da, & Guimarães, C. R. R. (2024). Atividades práticas e extensionistas de avicultura semi-caipira no município de Guaraí/TO: Um relato de experiência. *Revista Novos Desafios*, 4 (2), Artigo 2. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14205165>.

Cerqueira, D. J. O., & Soares, D. L. (2019). Parâmetros biométricos de ovos e reprodutivos de galináceos autóctones portugueses. <https://core.ac.uk/download/pdf/323561178>.

Coelho, E. M. G. (2013). Utilização de um programa de restrição luminosa e seu efeito nas performances produtivas e na ingestão de água de frangos de carne [Dissertação de Mestrado, Universidade de Évora].  
<https://search.proquest.com/openview/c07de60156f8a7b571704a84122f2ed6/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>

Corte, D. (2019). À avicultura. [https://www.sistemafaep.org.br/wp-content/uploads/2025/04/PR.0381-Introducao-a-avicultura-de-corte\\_web](https://www.sistemafaep.org.br/wp-content/uploads/2025/04/PR.0381-Introducao-a-avicultura-de-corte_web)

Costa, C. A. D., Esteves Correia, H., Correia, P., Costa, D., Gaião, D., Guiné, R., Coelho, C., Costa, J. M., Monteiro, A., & Oliveira, J. (2016). *E-book Agricultura biológica*.  
<https://repositorio.ipv.pt/entities/publication/9c2e23fb-cd62-48af-ac3c-e46a8a130911>

Coutinho, L., Gabriel, J., & Alvares, L. (2000). Desenvolvimento embrionário da musculatura de frangos: Efeito da linhagem e sexo. Dans *conferência apinco de ciência e tecnologia avícolas* (pp. 15-32)

Cunha, R. B. (2017). Efeito das características de matrizes no desempenho de progênes de codornas de corte. Repéré à. <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/34996>

- Cruz, F. G. G., Chagas, E. O. das, & Botelho, T. R. P. (2013). Avicultura familiar como alternativa de desenvolvimento sustentável em comunidades ribeirinhas do Amazonas. *Interações (Campo Grande)*, 14, 197–202. <https://doi.org/10.1590/S1518-70122013000200006>
- Decreto-Lei n.º 64/2000. (2000). *Diário da República*. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/64-2000-522981>
- Decreto-Lei n.º 72-F/2003 de 14 de abril. (2003). *Diário da República*. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/72-f-2003-315877>
- Decreto-Lei n.º 155/2008, de 7 de agosto. (2008). *Diário da República*. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/155-2008-455082>
- Demuner, L. F. (2016). Ajuste de curvas de crescimento e deposição de nutrientes em linhagens de frangos de corte com análise econômica. [https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/USP\\_40e4590a1e88458fd4dc0174968dcfaf](https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/USP_40e4590a1e88458fd4dc0174968dcfaf)
- Duan-Yai, S., Young, B. A., Lisle, A., Coutts, J. A., & Gaughan, J. B. (1999). Growth data of broiler chickens fitted to Gompertz function. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 12(8), 1177–1180. <http://www.animbiosci.org/journal/view.php?doi=10.5713/ajas.1999.1177>
- Eekeren, N. V., Maas, A., Saatkamp, H. W., & Verschuur, M. (2006). Criação de galinhas em pequena escala.
- FAO – Food and Agriculture Organization. (2022). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2022-2031*. <https://www.fao.org/publications/oecd-fao-agricultural-outlook>
- Fialho, F. B. (1999). Interpretação da curva de crescimento de Gompertz. <https://core.ac.uk/download/pdf/15441437>
- Figueiredo, E. A. P., de Avila, V. S., Jaenisch, F., Pedroso-de-Paiva, D., & Bomm, E. (2000). Frango de corte colonial Embrapa 041: Uma linhagem para a agricultura familiar. <https://www.sidalc.net/search/Record/dig-infoteca-e-doc-439637/Description>
- Figueiredo, E. A. P. de, Schmidt, G. S., Ledur, M. C., & Ávila, V. S. de. (2003). Raças e Linhagens de Galinhas. <https://www.passeidireto.com/arquivo/140131938>

- Figueiredo, E. A. P. de. (2022). Manual de manejo dos reprodutores de frango de corte. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1146663/manual-de-manejo-dos-reprodutores-de-frango-de-corte-embrapa-021>
- Fitzhugh Jr, H. A. (1976). Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. *Journal of Animal Science*, 42(4), 1036–1051. <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/42/4/1036/4698302>
- Fontana, L. I. (2021). Bem-estar de vacas leiteiras na visão dos consumidores. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/240894>
- Freitas, A. R., Albino, L. F. T., & de Rosso, L. A. (1983). Estimativas do peso de frangos machos e fêmeas através de modelos matemáticos. *Comunicado Técnico - Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves*, (68). <https://agris.fao.org/search/en/providers/123819/records/64735dec53aa8c8963098f3c>
- Freitas, A. R. de. (2005). Curvas de crescimento na produção animal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34, 786–795. <https://www.scielo.br/j/rbz/a/rhfsnxsdtrdpcdqyvwxtwsf/?format=html>
- Freitas, I. S., Salvador, A. P., de Oliveira Mendonça, M., Tardocchi, C. F. T., & de Melo Ferreira, Í. (2019). Atualidades e perspectivas do bem-estar animal na avicultura de corte e de postura. <https://nutritime.com.br/wp-content/uploads/2020/02/Artigo-484>
- Garcia Neto, M., & Campos, E. J. (2004). Suscetibilidade de linhagens de frangos de corte à síndrome ascítica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39, 803-808. Repéré à <https://www.scielo.br/j/pab/a/fhprrt3bm7fpmhwksmkx37xz/>
- Gous, R. M. (2007). Methodologies for modelling energy and amino acid responses in poultry. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 263–275. <https://www.scielo.br/j/rbz/a/9wwlqwdpcxgqqzxwzmfqqf/>
- Grow.decorexpro.com. (2024). Sobre raças de carne de frango: descrições e características, quais são as melhores para o lar. <https://grow.decorexpro.com/pt/domashnyaya-ptica/masnye-porody-kur.html>

- Hassan, F., Atallah, S., & Reda, R. (2021). Comparison of performance, meat quality, and profitability of Cobb, Hubbard, and Ross broiler strains. *European Poultry Science*, 85, 1–13. <https://doi.org/10.1399/eps.2021.332>
- Hellmeister Filho, P., Menten, J. F. M., Silva, M. A. N. da, Coelho, A. A. D., & Savino, V. J. M. (2003). Efeito de genótipo e do sistema de criação sobre o desempenho de frangos tipo caipira. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32, 1883-1889. <https://www.scielo.br/j/rbz/a/djvyy8fvqrgz87p459zsqqc/?lang=pt>
- Helman, E. A. C., & De Ovos, B. P. N. P. (2022). Curso de especialização em produção animal, higiene e tecnologia de produtos de origem animal. <https://agriculturafamiliar.uff.br/wp-content/uploads/sites/518/2023/01/Erika-Astrid>
- Henn, J. D., & Miele, M. (2023). Caracterização da avicultura comercial de pequena escala e a regularização das granjas
- Henrique, C. dos S., Oliveira, A. F. G., Ferreira, T. S., Silva, E. S., Mello, B. F. F. R. de, Andrade, A. de F., ... Bruno, L. D. G. (2017). Efeito da densidade de criação sobre o desempenho, rendimento de carcaça, produtividade e desenvolvimento ósseo de frangos de corte Cobb 500®. *Semina: Ciências Agrárias*, 38(4 Supl 1), 2705–2718. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n4Supl1p2705>
- Hruby, M., Hamre, M. L., & Coon, C. N. (1994). Growth modelling as a tool for predicting amino acid requirements of broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 3(4), 403–415. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1056617119320987>
- Instituto Politécnico de Bragança. (n.d.). *Escola Superior Agrária de Bragança – Apresentação Institucional*. <https://esa.ipb.pt/apresentacao/>
- Jie, Y., Wen, C., Huang, Q., Gu, S., Sun, C., Li, G., Yan, Y., Wu, G., & Yang, N. (2024). Distinct patterns of feed intake and their association with growth performance in broilers. *Poultry Science*, 103(9), 103974. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103974>
- Johnson, M. (2025). Growth rates of broilers contribute to behavior differences, shed light on welfare impacts. Growth rates of broilers contribute to behavior differences, shed light on welfare impacts. <https://www.uaex.uada.edu/media-resources/news/2025/march/03-10-2025-ark-genetic-strain-broiler-behavior.aspx>

- Kareem-Ibrahim, K. O., Abanikannda, O. T. F., Lawal, A. K., & Nwadialo, S. (2023). Influence of weight at hatching on weekly weight of broiler chickens. *Adan Journal of Agriculture*, 4(1), Artigo 1. <https://doi.org/10.36108/adanja/3202.40.0131>
- Knížetová, H., Hyánek, J., Kníže, B., & Roubíček, J. (1991). Analysis of growth curves of fowl. I. Chickens. *British Poultry Science*, 32(5), 1027–1038. <https://doi.org/10.1080/00071669108417427>
- Leandro, N. S. M., Cunha, W. C. P., Stringhini, J. H., Cruz, C. P. da, Café, M. B., & Matos, M. S. (2006). Influência do peso inicial de pintos de corte sobre o desempenho e o rendimento de carcaça de frangos e a viabilidade econômica da produção. *R. Bras. Zootec.*, 35(6), 2314-2321. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000800017>
- Leeson, S., Summers, J. D., & Caston, L. J. (1991). Diet dilution and compensatory growth in broilers. *Poultry Science*, 70(4), 867–873. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119331591>
- IPMA. (2021). Instituto Português do Mar e da Atmosfera. <https://www.ipma.pt/pt/index.html>
- Lima, D. C. P., Figueirêdo, A. V. de, Lopes, J. B., Merval, R. R., Lopes, J. C. O., Veiga, M. do C. da S., Araújo, T. P., Almendra, S. N. de O., Silva, S. R. G. da, & Albuquerque, D. M. de N. (2017). Digestibilidade das dietas formuladas com diferentes níveis de L-glutamina e zinco para frangos de corte. *Revista Brasileira de Ciências Veterinárias*, 24(1), 86–92. <https://www.academia.edu/download/95111433/rbcv.2017>
- Lima, K. F., de Matos, M. B., & Souza, M. N. (2019). Produção de aves em sistema de base agroecológica. *Revista Vértices*, 21(2), 205–219. <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/vertices/article/view/13221>
- Litz, F. H., Castilhano, H., Campos, D. F., Taveira, R. Z., & da Silveira Neto, O. J. (2016). Melhoramento genético de frangos de corte. *Pubvet*, 6, Art. 1369. [https://www.researchgate.net/publication/313087962\\_Melhoramento\\_genetico\\_de\\_frangos\\_de\\_corte](https://www.researchgate.net/publication/313087962_Melhoramento_genetico_de_frangos_de_corte)
- Madeira, L. A., Sartori, J. R., Araujo, P. C., Pizzolante, C. C., Saldanha, É. S. P. B., & Pezzato, A. C. (2010). Avaliação do desempenho e do rendimento de carcaça de

- quatro linhagens de frangos de corte em dois sistemas de criação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 2214-2221. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982010001000017>
- Marangoni, R. S. (2022). Fatores que influenciam o consumo de ração das aves. <https://www.deheus.com.br/explore-e-aprenda/artigos/a-importancia-do-consumo-de-racao-para-frangos-de-corte>
- Marcato, S. M., Sakomura, N. K., Fernandes, J. B. K., Siqueira, J. C. de, Dourado, L. R. B., & Freitas, E. R. (2010). Crescimento e deposição de nutrientes nos órgãos de frangos de corte de duas linhagens comerciais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 1082–1091. <https://www.scielo.br/j/rbz/a/mrhbcqp76jyghmntyg3ql4l/>
- Marques, I. C. (2019). Produção integrada de frango de corte: Uma análise descritiva sobre as vantagens e desvantagens da estratégia de integração vertical adotada por agroindústrias e produtores rurais da microrregião de Anápolis-GO. *ResearchGate*. <https://www.researchgate.net/publication/330811287>
- Mignon-Grasteau, S., & Beaumont, C. (2000). Les courbes de croissance chez les oiseaux. *INRAE Productions Animales*, 13(5), 337–348. Disponível em: <https://productions-animales.org/article/view/3802>
- Monteiro, M. B., & Figueiredo, T. (2009). Título da obra ou artigo. *Editora ou periódico*.
- Morais, V. M. da S. R., Cerqueira, J. O. L., & Soares, M. L. da C. (2020). Parâmetros biométricos de ovos e reprodutivos de galináceos autóctones portugueses. <https://agris.fao.org/search/en/providers/125159/records/67497b4a7625988a37223c4d>
- Morais, J., Ferreira, P. B., Jacome, I. M. T. D., Mello, R., Breda, F. C., & Rorato, P. R. N. (2015). Curva de crescimento de diferentes linhagens de frango de corte caipira. *Ciência Rural*, 45, 1872-1878. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20130867>
- Moreira, J., Mendes, A. A., Garcia, E. A., Oliveira, R. P. de, Garcia, R. G., & Almeida, I. C. L. de. (2003). Avaliação de desempenho, rendimento de carcaça e qualidade da carne do peito em frangos de linhagens de conformação versus convencionais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32, 1663–1673. <https://www.scielo.br/j/rbz/a/fcf3v6lznbyzv vx64lljydg/?lang=pt>

- Murakami, A. E., Watkins, S. E., Saleh, E. A., England, J. A., & Waldroup, P. W. (1997). Estimation of the sodium and chloride requirements for the young broiler chick. *Journal of Applied Poultry Research*, 6(2), 155-162. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1056617119307342>
- Murua, F. J., Carrasco, M., & Maturana, G. (1994). Cómo iniciar un plantel avícola (2a parte). <https://hdl.handle.net/20.500.14001/30889>
- Nazareno, A. C., Pandorfi, H., Guiselini, C., Vigoderis, R. B., & Pedrosa, E. M. R. (2011). Bem-estar na produção de frango de corte em diferentes sistemas de criação. *Engenharia Agrícola*, 31, 13–22. <https://doi.org/10.1590/s0100-69162011000100002>
- Nunes, M. A. M. (2024). Desempenho e características de carcaça de duas linhagens de frangos de corte criados sob duas densidades de alojamento. <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/78803>
- Oliveira, D. L. de, do Nascimento, J. W., Camerini, N. L., Silva, R. C., Furtado, D. A., & Araujo, T. G. (2014). Desempenho e qualidade de ovos de galinhas poedeiras criadas em gaiolas enriquecidas e ambiente controlado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18, 1186–1191. <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/jqzzyg3w5vc7h7svmn5l7fh/?format=html&lang=pt>
- Patrícia, S. (2016). Bragança. *SlideShare*. <https://pt.slideshare.net/slideshow/bragana-69793524/69793524>
- Paula, F. P. C. F. (2020). Projeto de uma exploração de frangos em modo biológico [Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa]. <https://search.proquest.com/openview/af5d4cbff79d096c4cf952fe7db959e6/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>
- Pedó, A. (2020). Sistema de monitoramento Lora aplicado em um aviário do tipo Dark House. <https://core.ac.uk/download/pdf/480136835>
- Provin, M. L. R. (2024). Coeficiente de variação de peso inicial de frangos de corte submetidos a diferentes quantidades de arraçoamento de ração pré inicial. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/281111>

- Quinzeiro Neto, T., Beserra Júnior, J. S., Costa, J. B., Pinho, A. de K. da S., Santos, J. J. R. S. dos, Brasil, E., & Santos Júnior, J. B. dos. (2017). Manual do sistema de produção sustentável de galinhas caipiras (Procap). *São Luís, MA: Embrapa Cocais*. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1085355>
- Regulamento (UE) 2018/848. (2018). Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural. *DGADR*. <https://www.dgadr.gov.pt>
- Reis, B. S. F. dos, & Rodrigues, B. M. (2024). Projeto arquitetônico galpão agrícola para avicultura na Amazônia brasileira. <http://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/3713>
- Ribeiro, J. C. (2024). Modelos não lineares para crescimento de frangos de corte. <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/5072>
- Richetti, A., de Melo Filho, G. A., & Fernandes, F. M. (2002). Sistema integrado de produção de frango de corte em área de assentamento de reforma agrária. <https://core.ac.uk/download/pdf/15437323>
- Rodrigues, P. B., Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Gomes, P. C., Barboza, W. A., & Toledo, R. S. (2003). Desempenho de frangos de corte, digestibilidade de nutrientes e valores energéticos de rações formuladas com vários milhos, suplementadas com enzimas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32, 171–182. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000100022>
- Rondon, E. O. O., Murakami, A. E., & Sakaguti, E. S. (2002). Modelagem computacional para produção e pesquisa em avicultura. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 4, 199–207. <https://www.scielo.br/j/rbca/a/dtt4DchK4wglvrrypmP3J6d/?lang=pt>
- Roque, C. (1992). Título da obra ou artigo. *Editora ou periódico*.
- Rossetti, J. (2014). Avicultura: Atividade de peso para a economia brasileira. Casa da.
- Roushdy, E. M., Zagloul, A. W., & El-Tarabany, M. S. (2018). Effects of chronic thermal stress on growth performance, carcass traits, antioxidant indices and the expression of HSP70, growth hormone and superoxide dismutase genes in two broiler strains. *Journal of Thermal Biology*, 74, 337–343. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306456518300093>
- Rufino, J. P. F. (2017). Formulação e fabricação de rações (Aves, Suínos e Peixes).

- Sales, M. N. G. (2014). Criação de galinhas em sistemas agroecológicos. *Vitória-ES: Incaper*. <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/item/791>
- Santana Filho, E. P. de, Lima, D. J. de, & Ceplac, C. E. do P. da L. C. (2012). Criação de aves semiconfinadas: Geração de trabalho e renda. <http://192.168.3.118:8080/jspui/handle/1/1509>
- Sakr, S. A., Abouelnaga, A. F., Ateya, A. I., Hashem, N. M. A., Wahed, N. M., Rehan, I. F., Elnagar, A., Zigo, F., Siedoi, I., Kamel, W. A., & El-Emam, H. A. (2025). Growth performance, behavior, gene expression, carcass characteristics, stress indicators, and economical parameters of avian 48 broiler chickens raised under three different stocking density. *Frontiers in Veterinary Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1517142>
- Silva, A. E. S. da, Santos, A. G. L. dos, Junior, F. J. de O. M. M., Oliveira, J. W. M. de, Santos, L. M. de A. M., & Brandão, P. A. (2023). Avicultura familiar como alternativa para o desenvolvimento sustentável em propriedades rurais no sertão paraibano. *Caderno Impacto em Extensão*, 3(1). <https://revistas.editora.ufcg.edu.br/index.php/cite/article/view/604>
- Silveira, S. de, Muniz, J. A., Sousa, F. A., & Campos, A. T. (2018). Modelos não lineares ajustados à produção acumulada de biogás provenientes de camas sobrepostas de suínos. *Revista Agrogeoambiental*, 10(3). <https://www.academia.edu/download/102655880/>
- Soares, M. L. da C. (2015). Caracterização fenotípica e genotípica das raças autóctones de galináceos portugueses: *Pedrês Portuguesa, Preta Lusitânica e Amarela* [PhD Thesis, Universidade do Porto (Portugal)]. <https://search.proquest.com/openview/3dcd804f949af93bd5c2968121839767/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>
- Schmidt, N. S., & Silva, C. L. da. (2018). Pesquisa e Desenvolvimento na Cadeia Produtiva de Frangos de Corte no Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 56, 467–482. <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560307>
- Schmidt, F. R., & Freitas, E. S. de. (2024). Comparativo entre ganho de peso de lote de frangos semi caipiras tratados com tres tipos de alimentação diferentes, na região

- oeste do paraná. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária FAG*, 7(2), 141–147. <https://themaetscientia.fag.edu.br/index.php/abmvfag/article/view/2066>
- Stringhini, J. H., Laboissiere, M., Muramatsu, K., Leandro, N. S. M., & Café, M. B. (2003). Avalia o do desempenho e rendimento de carcaça de quatro linhagens de frangos de corte criadas em Goiás. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32, 183-190. <https://www.scielo.br/j/rbz/a/xk48pmzpvhcfkbz9qtdhnbq/>
- Tinôco, I. de F. (2001). Avicultura industrial: Novos conceitos de materiais, concep es e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 3(1), 01–26. <https://www.scielo.br/j/rbca/a/zmwblzvrsnhc5djczc59xvt/?lang=pt>
- Tholon, P., & Queiroz, S. A. de. (2009). Modelos matemáticos utilizados para descrever curvas de crescimento em aves aplicados ao melhoramento genético animal. *Ciência Rural*, 39, 2261–2269. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000700050>
- Trujillo, R. G. (Ed.). (2009). Producción ecológica de gallinas ponedoras. Junta de Andalucía.
- Vieira, N. M., & DIAS, R. S. (2005). Uma abordagem sist mica da avicultura de corte na economia brasileira. *Artigo Científico. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa*
- Vieira, S. L., Olmos, A. R., Berres, J., Freitas, D. M. de, Coneglian, J. L. B., & Peça, J. E. M. (2007). Respostas de frangos de corte fêmeas de duas linhagens a dietas com diferentes perfis protéicos ideais. *Ciência Rural*, 37, 1753-1759. <https://www.scielo.br/j/cr/a/mclds4tsmhkbbvm5kfwjk9lr/?lang=pt>
- Vieites, F. M., Moraes, G. H. K. de, Albino, L. F. T., Rostagno, H. S., Rodrigues, A. C., Silva, F. É. da, & Atencio, A. (2004). Balanço eletrolítico e níveis de proteína bruta sobre parâmetros sang neos e ósseos de frangos de corte aos 21 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33, 1520–1530. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000600019>
- Viola, T. H., Sobreira, R. dos S., & Teresa Herr Viola, C. R. D. S. S. (2018). *Sistema alternativo de cria o de galinhas caipiras*. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1122469>

Wang, Z., & Zuidhof, M. J. (2004). Estimation of growth parameters using a nonlinear mixed Gompertz model. *Poultry science*, 83(6), 847-852.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119426217>

Whitehead, C. C., & Fleming, R. H. (2000). Osteoporosis in cage layers. *Poultry science*, 79(7),1033-1041.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003257911941585X>