



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO  
CAMPUS MORRINHOS  
GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**TRABALHO DE CURSO**

**MODELOS DE REGRESSÃO NÃO LINEAR EM CURVA DE  
CRESCIMENTO DE PINTAINHAS POEDEIRAS**

BEATRIZ CANDIDA PEREIRA

Orientador:

Prof. Dr. Jeferson Corrêa Ribeiro

MORRINHOS - GO  
2023



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO  
CAMPUS MORRINHOS  
GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

BEATRIZ CANDIDA PEREIRA

**MODELOS DE REGRESSÃO NÃO LINEAR EM CURVA DE  
CRESCIMENTO DE PINTAINHAS POEDEIRAS**

Trabalho de Curso de Graduação em  
Zootecnia do Instituto Federal Goiano –  
Campus Morrinhos, como parte das  
exigências para obtenção do título de  
Bacharel em Zootecnia.

Orientador:  
Prof. Dr. Jeferson Corrêa Ribeiro

MORRINHOS - GO

2023

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

PP436m      Pereira, Beatriz Candida  
              Modelos de regressão não linear em curva de  
              crescimento de pintainhas poedeiras / Beatriz  
              Candida Pereira; orientador Jeferson Corrêa Ribeiro.  
              -- Morrinhos, 2023.  
              25 p.

              TCC (Graduação em Bacharelado em Zootecnia) --  
              Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, 2023.

              1. von Bertalanffy. 2. Galinhas poedeiras. 3.  
              Gompertz. 4. Logístico. 5. Richards. I. Ribeiro,  
              Jeferson Corrêa, orient. II. Título.





SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 10/2023 - CCBZ-MO/CEG-MO/DE-MO/CMPMHOS/IFGOIANO

**ATA DE APRESENTAÇÃO PÚBLICA - DEFESA TRABALHO DE CURSO DE GRADUAÇÃO BACHARELADO EM ZOOTECNIA DO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO**

Ao primeiro dia de agosto de dois mil e vinte e três, às oito horas e seis minutos, reuniu-se os componentes da Banca Examinadora, Dr. Jeferson Corrêa Ribeiro, Dra. Aline Sousa Camargos e Dr. Wallacy Barbacena Rosa dos Santos, sob a presidência do(a) primeiro(a), nas dependências do Instituto Federal Goiano - campus Morrinhos, em sessão pública, para defesa do Trabalho de Curso da discente Beatriz Candida Pereira, do Curso de Bacharelado em Zootecnia, intitulado: **MODELOS DE REGRESSÃO NÃO LINEAR EM CURVA DE CRESCIMENTO DE PINTAINHAS POEDEIRAS**, sob a orientação do professor Jeferson Corrêa Ribeiro. Iniciados os trabalhos, a presidência fez apresentação formal dos membros da banca e agradecimento pela disponibilidade em participar da defesa do Trabalho de Curso. A seguir, a discente fez a apresentação do relatório pelo período de dezesseis minutos. Encerrada a apresentação, a banca arguiu à examinada, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação, na qual foram apontadas correções que deverão ser feitas ao menor prazo possível. Tendo em vista as normas que regulamentam o Trabalho de Curso e procedidas as recomendações, a discente foi aprovada com ressalva, com a nota **8,0 (oito vírgula zero)**, considerando-se integralmente cumprido este requisito quando o aluno entregar a versão final corrigida, para fins de obtenção do título de Bacharel em Zootecnia. Nada mais havendo a tratar, eu, Jeferson Corrêa Ribeiro, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada, segue assinada por seus integrantes.

Morrinhos, 01 de agosto de 2023.

Prof. Dr. Jeferson Corrêa Ribeiro - presidente

Prof.<sup>a</sup> Dra. Aline Sousa Camargos - membro titular

Prof.<sup>a</sup> Dr. Wallacy Barbacena Rosa dos Santos - membro titular

Documento assinado eletronicamente por:

- **Wallacy Barbacena Rosa dos Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 03/08/2023 19:45:39.
- **Aline Sousa Camargos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 01/08/2023 12:39:38.
- **Jeferson Correa Ribeiro, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 01/08/2023 09:13:07.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 01/08/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 516154

Código de Autenticação: 59f5256605



INSTITUTO FEDERAL GOIANO  
Campus Morrinhos  
Rodovia BR-153, Km 633, Zona Rural, SN, Zona Rural, MORRINHOS / GO, CEP 75650-000  
(64) 3413-7900

BEATRIZ CANDIDA PEREIRA

**MODELOS DE REGRESSÃO NÃO LINEAR EM CURVA DE  
CRESCIMENTO DE PINTAINHAS POEDEIRAS**

Trabalho de Curso de Graduação em Zootecnia do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Orientador:  
Prof. Dr. Jeferson Corrêa Ribeiro

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Aline Sousa Camargos  
(Membro da banca)

---

Prof. Dr. Wallacy Barbacena Rosa dos Santos  
(Membro da banca)

---

Prof. Dr. Jeferson Corrêa Ribeiro  
(Orientador)

## **DEDICATÓRIA**

À minha mãe Helena e minha irmã Bianca, que sempre estiveram me apoiando e ajudando no que precisei e me proporcionando tanto amor e carinho, ao meu pai Zilmar que foi morar com Deus e prometi dar-lhe orgulho.

Dedico!

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder forças para conseguir conquistar todos os meus objetivos, principalmente meu maior objetivo atualmente de conquistar a tão sonhada graduação.

Agradeço a minha Mãe Helena em que depositou em mim toda sua confiança e sempre esteve projetando suas orações a mim principalmente neste tempo, agradeço também a minha irmã Bianca que me apoiou tanto mesmo em distância. Agradeço à minha avó Rosa que ao longo desta minha caminhada este orando por mim e que hoje está comigo em meu coração, agradeço também ao meu avô Izidoro que me concedeu tantas oportunidades de aprendizados prático e à toda minha família que esteve torcendo por mim todos esses anos de luta.

Este trabalho não seria possível ser realizado sem a ajuda de minha equipe do Projeto Galinha Feliz onde foi realizado o experimento, agradeço à Rogéria Cardoso por ter me dado a oportunidade de realizar este estudo e me proporcionar tantos conhecimentos, agradeço também às minhas colegas Anna Júlia Souza, Júlia Santos, Luana Deyse, Maria Luíza Braz e Thainara Silva por ajudar nas pesagens das aves e aguentar meu estresse ao longo desse tempo.

Ao Prof. Dr. Jeferson Corrêa Ribeiro, por aceitar o convite de orientador nesta pesquisa que gerou meu trabalho de conclusão de curso e que sempre se prontificou em tudo que precisei.

À Prof<sup>a</sup>. Dra. Aline Sousa Camargos e ao Prof. Dr. Wallacy Barbacena Rosa dos Santos por aceitarem meu convite para compor a banca examinadora.

Agradeço imensamente ao Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos por proporcionar esta oportunidade de aprendizado e realização deste trabalho, aos meus amigos e colegas desta instituição que fizeram parte de todo meu tempo de graduação que sempre estiveram me apoiando e ajudando sempre que necessitei.

## RESUMO

PEREIRA, Beatriz Candida, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, agosto de 2023. **Modelos de regressão não linear em curva de crescimento de pintainhas poedeiras.** Orientador: Jeferson Corrêa Ribeiro.

O objetivo deste estudo com pesagem de poedeiras de 1 à 35 dias de idade, foi devido a necessidade de estudos em relação a curvas de crescimento na fase inicial. Os dados utilizados foram obtidos de 32 aves que estavam alojadas com outras 300 em um galpão com piso de concreto forrado com cama de maravalha e aquecido com campânulas elétricas e a gás. Estas aves foram pesadas com idades de 1, 7, 14, 21, 28 e 35 dias, utilizando uma balança de precisão e uma balança digital de plataforma. Destas pesagens foram realizadas médias, desvio padrão e coeficiente de variação para avaliar a homogeneidade do crescimento das aves. Realizado também, sendo o principal objetivo, estudos com modelos matemáticos para descrever curvas de crescimento como o modelo de Gompertz, Logístico, von Bertalanffy e Richards e por final feito a qualificação de ajuste destes modelos, ou seja, o qual ajusta melhor aos dados da curva com avaliadores como a porcentagem de convergência (C%), o coeficiente de determinação  $R^2$ , coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), o erro quadrático médio de predição (MEP), o critério de informação de Akaike (AIC) e o critério bayesiano de Schwarz (BIC).

**Palavras-chave:** von Bertalanffy, Galinhas poedeiras, Gompertz, Logístico, Richards

## ABSTRACT

PEREIRA, Beatriz Candida, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, August 2023. **Nonlinear regression models on the growth curve of laying chicks1**. Adviser: Jeferson Corrêa Ribeiro.

The objective of this study with weighing laying hens from 1 to 35 days old was due to the need for studies regarding growth curves in the initial phase. The data used were obtained from 32 birds that were housed with another 300 in a shed with a concrete floor lined with shavings bedding and heated with electric and gas hoods. These birds were weighed at the ages of 1, 7, 14, 21, 28 and 35 days using a precision scale and a digital platform scale. From these weighings, averages, standard deviations and coefficient of variation were calculated to evaluate the homogeneity of the birds' growth. Also carried out, being the main objective, studies with mathematical models to describe growth curves such as the model of Gompertz, Logistic, von Bertalanffy and Richards and finally made the qualification of adjustment of these models, that is, which adjusts better to the data of the curve with evaluators such as the percentage of convergence (C%), the coefficient of determination  $R^2$ , adjusted coefficient of determination ( $R^2_{aj}$ ), the mean squared error of prediction (MEP), the Akaike information criterion (AIC) and the Bayesian criterion of Schwarz (BIC).

**Key words:** von Bertalanffy, Laying hens, Gompertz, Logistic, Richards.

# ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	6
3.1. Dados experimentais .....	6
3.2. Análise Estatística .....	6
3.2.1. Porcentagem de convergência (C%).....	7
3.2.2. Coeficiente de determinação ( $R^2$ ).....	7
3.2.3. Coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ).....	7
3.2.4. Erro quadrático médio de predição (MEP) .....	8
3.2.5. Critério de informação de Akaike (AIC) .....	8
3.2.6. Critério bayesiano de Schwarz (BIC).....	8
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	9
5. CONCLUSÃO .....	12
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	13

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos tempos, as linhagens de aves de postura estão sendo geneticamente melhoradas para que haja, principalmente, baixo consumo de ração para diminuição no custo de produção, todavia as mudanças genéticas possuem consequências que apresentam crescimento anormal das galinhas, podendo atingir a idade de maturidade com baixa condição corporal (SILVA et al., 2017), conseqüentemente fazendo com que retarde a postura e/ou haja produção de ovos em tamanhos pequenos. Assim, para escolher melhores animais em programas de melhoramento genético, é comum se utilizar os pesos dos animais individualmente em uma população, podendo ser determinado por uma idade fixa para comparar entre os animais selecionados e, assim, desenvolver linhagens com grande desempenho (RIBEIRO, 2014).

No entanto, mesmo utilizando aves caipiras geneticamente melhoradas, como descrito por Silva (2019), que possui rusticidade, maior resistência e adaptação, pode ocorrer frangas com pesos heterogêneos mesmo estando no mesmo lote de produção, sendo resultado de práticas de manejo desacertados durante a fase de cria e recria, qualidade das pintainhas, variações extremas de temperatura, etc. (ATHAYDE, 2020). Com isso, para se ter sucesso nesta criação, sempre deve ser feitas adequações de práticas de manejo, monitoramento do peso das aves e sua uniformidade, pois afeta diretamente em seu desempenho e ciclo produtivo (OLIVEIRA et al., 2018).

Assim como descreve Putra et al. (2020), o crescimento possui características econômicas na produção avícola. No entanto, o crescimento pode ser afetado por fatores genéticos e ambientais. O crescimento corporal das aves ocorre através do aumento gradativo no tamanho e no peso ao longo do tempo, sendo a relação do peso vivo refletindo na idade fisiológica, manifestado por mudanças na deposição de proteínas, gorduras, água e matéria mineral, assim cessando quando chega na maturidade (EMMANS, 1982; EMMANS, 1987 *Apud.* ALVES, 2018).

Desse modo, para que produtores possam entender o crescimento das aves e possibilitar programas nutricionais adequados, os estudos de curvas de crescimento com modelagens matemáticas é uma das melhores ferramentas para caracterizar o crescimento de carcaça e de partes que possibilitam análises necessárias para adotar métodos que melhorem o desempenho das aves, principalmente no ganho de peso e eficiência alimentar (OLIVEIRA et al., 2018).

Estes modelos matemáticos utilizados na curva de crescimento fornecem vários parâmetros que descrevem um padrão de crescimento ao longo do tempo, pois é considerado que este crescimento é constante, ou seja, da fase embrionária até a idade adulta (PUTRA, 2020). Estes modelos foram desenvolvidos para fazer estimativas com pesquisa, verificação e interpretação (MÁXIMO, 2023). Utilizando as pesagens para criar uma curva de crescimento através de regressão não linear com peso assintótico (peso adulto), velocidade do crescimento assintótico e, às vezes, parâmetros que darão forma à curva (RIBEIRO, 2014).

No entanto, estudos com o peso inicial das aves em granjas comerciais não é considerado relevante, mas é muito importante o crescimento da franga na qualidade e produtividade da galinha, necessitando que se tenha pesos adequados para cada fase de desenvolvimento, pois é determinante na produção de uma galinha pelo fato de a taxa de crescimento não ocorrer de forma linear e sim na forma multifásica (ATHAYDE, 2020). O mesmo autor demonstra também que, a fase inicial é o tempo em que ocorre maior crescimento das aves, acontecendo da primeira até a quinta semana de idade, consequência do crescimento do sistema digestório e de seus órgãos vitais, assim necessitando da realização de pesagens para comparar com o padrão de sua linhagem.

Com a necessidade de estudos relacionados à modelos de curvas de crescimento de galinhas de postura nas fases pré inicial e inicial, objetivou-se com este trabalho, avaliar o modelo de regressão não linear para descrever a curva de crescimento aves de postura nas idades de 1 a 35 dias de vida.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo os dados do IBGE, a criação de galinhas no Brasil vem crescendo significativamente todos os anos. Visto que, em 2019 foram registrados um pouco mais de 247 milhões de galinhas e no ano de 2021 ultrapassou os 255 milhões de aves. O estado de Goiás compõe o 6º lugar no ranking de quantidade de galinhas no ano de 2021, possuindo mais de 16 milhões de cabeças. Isso demonstra o quanto a avicultura de postura está em constante evolução, principalmente devido aos altos investimentos em tecnologias avançadas e em melhoramento genético (ATHAYDE, 2020).

As aves de linhagens de crescimento lento ou caipiras melhoradas foram desenvolvidas para se ter uma boa produção com características caipiras, pois a verdadeira galinha caipira possui baixa produtividade (SILVA, 2019). Mesmo que estas linhagens possuam características de boa produção, o crescimento pode ser afetado principalmente, pelo ganho de peso dos animais, sendo vantajoso ter-se adequações nas práticas de manejo e monitoramento de peso (OLIVEIRA et al., 2018). Como afirma Athayde (2020), pode ocorrer desuniformidade no crescimento das aves na fase de cria e na recria devido a desajustes nutricionais, refletindo futuramente na produção de ovos. Com o conhecimento de crescimento e desenvolvimento das galinhas é importante obter informações para contribuir na criação tanto prática quanto teórica (BRUSAMARELO, 2020).

Assim, para ter uma base para ajustar a uniformidade de crescimento das aves utiliza-se modelos matemáticos que exigem informações consistentes que aproxime o máximo da realidade (MÁXIMO, 2023). Estes modelos podem ser definidos como instrumentos para descrever o desenvolvimento e crescimento de partes que possibilitam análises para adotar estratégias para melhorar o desempenho das galinhas, principalmente no ganho de peso e eficiência alimentar (OLIVEIRA et al., 2018). No entanto, estas análises devem ser feitas em condições ideais, com linhagens e sexo separados devido possuírem curvas de crescimento diferentes (TEIXEIRA; GRIESER, 2020). É de suma importância a observação da interpretação biológica dos resultados dos modelos, caso contrário estará apenas fazendo ajustes de curvas (SCAPIM, BASSANEZI, 2008).

Dessa forma, vários modelos são utilizados para estudos de crescimento e, um dos modelos mais utilizados para este estudo é o Modelo de Gompertz que é capaz de descrever variações de crescimento ocorridas no período desejado, pois possui parâmetros que representa

fenômenos biológicos (ALVES, 2018). Este modelo utiliza a massa corporal inicial superior a zero, pois o animal nasce com uma certa quantidade de massa, no entanto esta massa corporal pode atingir valor máximo, estas características dependem do ponto de inflexão onde a ave atinge seu maior ganho de peso, que depende da idade para se ter este resultado (FILHO, 2014).

Já o modelo Logístico foi criado inicialmente para a descrição de crescimento populacional humano, mas foi modificado por Nelder (1961) para descrever o crescimento de mamíferos, plantas, entre outros seres possuindo pontos fixos de inflexão em sua equação (VERAS, 2020). Nesta equação, o crescimento da ave é proporcional ao ganho de peso aumentando conforme a quantidade de nutrientes que conseqüentemente torna o crescimento irreversível, assim o ponto de inflexão é fixado na metade do peso final utilizado na pesagem, que é considerado como o peso adulto da ave (RIZZI, CONTIERO E CASSANDRO, 2013).

No modelo de Richards, o seu ponto de inflexão pode ser ajustável, sendo uma vantagem por proporcionar melhores ajustes na curva de crescimento do animal, sendo este ponto associado com a mudança de sentido da concavidade do gráfico da curva, onde a curvatura passa de crescimento acelerado para crescimento reduzido (QUINTALILHA, 2021).

No caso da equação de von Bertalanffy, esta possui uma forma sigmoide, onde a taxa de crescimento de massa se eleva conforme o seu tamanho aumenta até chegar a um valor máximo e, quando a massa se aproxima da massa corporal adulta a taxa de crescimento diminui em direção a zero (RENNER-MARTINS et al., 2018). Com isso, logo abaixo foi disponibilizado alguns modelos de equação de regressão não linear (Tabela 1), utilizados também para realizar o presente estudo.

Tabela 1 - Modelos de regressão não linear utilizados na descrição de curva de crescimento.

<b>Modelo não linear</b>	<b>Modelo de curva de crescimento</b>	<b>Referência</b>
<b>Gompertz</b>	$y_i = A \exp(-\exp(b-kt_i)) + e_i$	GOMPERTZ E PHILOS (1825)
<b>Logístico</b>	$y_i = \frac{A}{(1 + \exp(b-kt_i))}$	RATKOWSKI (1983)
<b>Richards</b>	$y_i = \frac{A}{(1 + \exp(b-kt_i))^{\frac{1}{m}}}$	RICHARDS (1959)
<b>von Bertalanffy</b>	$y_i = A(1 - b \exp^{-kt_i})^3 + e_i$	VON BERTALANFFY (1957)

$y_i$  é o valor observado,  $A$  é o peso assintótico,  $b$  é a constante de integração,  $k$  é o índice de maturidade,  $t$  é o tempo dado em dias,  $m$  é o parâmetro que dá forma à curva,  $e_i$  é o erro aleatório.

Nestes modelos, a estimativa do peso adulto (assintótico) é dada pelo parâmetro  $A$  em caso de  $t \rightarrow \infty$ , se o peso do animal não atinge a maturidade o parâmetro  $A$  se torna a estimativa do peso das últimas pesagens, o parâmetro  $b$  é utilizada como uma constante de integração que indica a dimensão do crescimento assintótico que o animal deve ganhar após o nascimento (RIBEIRO, 2014). O mesmo autor, demonstra que o parâmetro  $K$  indica a velocidade que as aves aproximam do peso adulto que quanto maior os valores, significam que sua maturidade é precoce e quanto menor o valor sua maturidade está retardada; já o parâmetro  $m$  é o ponto de inflexão (assumindo valor igual a 1 quando não se tem este parâmetro nos modelos), ou seja, é o ponto que o animal passa a diminuir a velocidade de crescimento.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Dados experimentais

Os dados utilizados neste estudo foram de linhagens do tipo caipira de galinhas poedeiras GLC adquiridas da empresa “AVIFRAN” que pertence ao Projeto de Extensão Galinha Feliz na Agricultura Familiar do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, em Morrinhos - GO.

Foram obtidas 300 aves com um dia de idade, alojadas em um círculo de proteção de três metros quadrados dentro de um galpão de piso de concreto forrado com cama de maravalha e aquecido com campânulas elétricas e campânula a gás. Com 11 dias de vida das pintainhas foi necessário o aumento do diâmetro do círculo de proteção, com 21 dias realizou-se a retirada do círculo liberando as pintainhas em uma das separações do galpão que possui 42 m<sup>2</sup>. A partir dos 28 dias iniciou-se a utilização de iluminação natural (não sendo necessário a utilização de campânulas elétricas e à gás), onde todos os dias no início da manhã as cortinas eram abaixadas e no final da tarde eram levantadas para evitar problemas com efeitos climáticos seja com manejo ou no desenvolvimento das aves. A ração e a água foram fornecidas *ad libitum*, sendo a utilização de ração comercial dividida em pré inicial e inicial para ser fornecidas às mesmas.

Escolheu-se 32 aves ao acaso no primeiro dia para serem pesadas e, para ser diferenciadas das demais utilizou-se marcadores enumerados. A pesagem foi realizada de forma individualizada e nas idades de 1, 7, 14, 21, 28 e 35 dias, utilizando balança de precisão S423 BEL Engineering® com duas casas decimais nas pesagens de 1 até 14 dias e nas outras idades utilizou-se balança digital de plataforma modelo B-150-220V que pesa até 150kg.

#### 3.2. Análise Estatística

Após a conclusão das pesagens, foram calculadas as médias, o desvio padrão e o coeficiente de variação das mesmas, também se utilizou modelos matemáticos de regressão não linear para analisar o crescimento na fase inicial das aves com os modelos de Gompertz, Richards, Logístico e de von Bertalanffy. Estes modelos têm a capacidade de utilizar 3 ou 4 parâmetros para estudar a curva de crescimento destes animais. Assim, todos os valores obtidos foram submetidos à análise com a utilização do processo estatístico SAS® 9.2 (2008), para se

ter as estimativas dos parâmetros de cada modelo e os mesmos serem avaliados em relação a qualidade de ajuste.

Para diferir qual o modelo matemático em que melhor descreve o crescimento das aves na fase inicial foram utilizados os seguintes avaliadores da qualidade de ajuste:

### 3.2.1. Porcentagem de convergência (C%)

Como foi descrito por Ribeiro (2014), neste avaliador é possível verificar o quanto o modelo é capaz de se ajustar aos dados, ou seja, quanto maior a porcentagem de convergência maior a capacidade de fazer ajustes aos dados para cada animal.

### 3.2.2. Coeficiente de determinação ( $R^2$ )

Ribeiro (2014) afirma que  $R^2$  equivale a proporção da variação total de uma variável observada  $y$ , onde é explicada pela variação de uma variável  $\hat{y}$ , sendo este resultado expressado por:

$$R^2 = (r_{y,\hat{y}})^2$$

Assim, quando os resultados possuírem baixos valores indica um ajuste ruim e quanto maiores os valores, o modelo demonstra melhor ajuste (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

### 3.2.3. Coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ )

Em Ribeiro (2014), demonstra que sua comparação é em relação a qualidade do ajuste que foram utilizados o coeficiente de determinação  $R^2$  com diferentes números de parâmetros e/ou diferentes números de observações ( $n$ ), na fórmula também é utilizado o número de parâmetros na função dado em  $p$ , assim:

$$R^2_{aj} = R^2 - \left(\frac{p-1}{n-p}\right)(1-R^2)$$

### 3.2.4. Erro quadrático médio de predição (MEP)

Este critério de avaliação expressa a variância residual proveniente dos modelos (OLIVEIRA et al. 2018). Utiliza em sua função o número de observações ( $n$ ), valores estimados ( $\hat{y}_i$ ) que considera valores dos parâmetros resultantes de um ajuste sem a presença da observação  $i$ , com isso quanto menor os valores de MEP, melhores ajustes pelo modelo para os dados (RIBEIRO 2014), assim a função é dada por:

$$MEP = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}$$

### 3.2.5. Critério de informação de Akaike (AIC)

Este critério permite estabelecer hipóteses para escolher o melhor modelo, mas que nem sempre o melhor é o mais parametrizado, entretanto quanto menor são os valores de AIC melhor é o ajuste (BURNHAM e ANDERSON, 2004; AKAIKE, 1974 *apud.* RIBEIRO 2014). A expressão para a discussão de seus resultados é dada por:

$$AIC = -2\loglike + 2p$$

Onde, número de parâmetros é  $p$  e o *loglike* é o valor do logaritmo da função de verossimilhança em relação as estimativas dos parâmetros (RIBEIRO 2014).

### 3.2.6. Critério bayesiano de Schwarz (BIC)

O BIC é um avaliador que segue o mesmo argumento do AIC, ou seja, rejeita modelos com maior grau de parametrização, sendo seus melhores ajustes com menor valor de BIC, onde:

$$BIC = -2\loglike + p \ln(n)$$

o número de observações para ajudar a curva é o  $n$  (SCHWARZ, 1978 *apud.* RIBEIRO 2014).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados em relação à média, desvio padrão e coeficiente de variação dos pesos das pintainhas conforme os dias que foram realizadas as pesagens está descrito na Tabela 2. Como descrito por Mohallem et al. (2008), o coeficiente de variação que se utiliza neste estudo é uma medida de dispersão para estimar a precisão do experimento, representando o desvio-padrão em porcentagem.

**Tabela 2** - Média de pesos das pintainhas GLC do nascimento até 35 dias de idade.

<i>Pesos</i>	<i>N</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>C.V.</i>	<i>Valor Mínimo</i>	<i>Valor Máximo</i>
<i>P1</i>	32	45,55	3,21	7,06	38,83	51,52
<i>P7</i>	32	86,02	10,80	12,56	64,85	104,91
<i>P14</i>	32	158,07	13,97	8,84	136,25	189,34
<i>P21</i>	32	234,29	25,55	10,91	170,97	294,2
<i>P28</i>	32	348,34	33,45	9,60	292,00	424
<i>P35</i>	32	462,50	51,08	11,04	346,00	564

P1 = Peso ao nascimento; P7 = Peso aos 7 dias; P14 = Peso aos 14 dias; P21 = Pesos aos 21 dias; P28 = Peso aos 28 dias; P35 = Peso aos 35 dias; C.V. = Coeficiente de Variação.

No entanto, os autores também afirmaram que não existe dados referenciais de coeficiente de variação que identifica o seu grau de precisão na avicultura, apenas demonstra em seus estudos com frangos de corte que a média do coeficiente de variação foi de 4,6% validando que é incomum possuir valores altos, porém possuem características próprias. Assim, os resultados deste estudo demonstram que os pesos das galinhas poedeiras GLC possuem variação entre baixo e médio, isso acaba demonstrando que estas aves possuem um grau de crescimento elevado na fase inicial em comparação com poedeiras comerciais, resultando em homogeneidade em relação ao ganho de peso.

Na Tabela 3 é demonstrado a análise dos modelos de regressão não linear realizados com avaliadores de qualidade de ajustes. E como descrito anteriormente, os dados em relação aos avaliadores de  $R^2$ ,  $R^2_{aj}$  e MEP necessitam ter valores mais baixos para ser definido como melhores em relação a qualidade de ajuste. Já em relação ao avaliador de porcentagem de convergência é necessário altos valores em porcentagem devido estar representando a quantidade de dados convergidos pelo modelo utilizado para o estudo.

**Tabela 3** - Valores médios dos avaliadores da qualidade de ajuste para Galinhas Poedeiras GLC na fase inicial (1 a 35 dias)

<i>Modelo</i>	$R^2$	$R^2_{aj}$	<i>MEP</i>	<i>% Convergência</i>	<i>LogLike</i>	<i>AIC</i>	<i>BIC</i>
<i>Gompertz</i>	0,9963	0,9908	0,8353	0,9688	-18,4846	42,9692	41,7976
<i>von Bertalanffy</i>	0,9964	0,9909	0,0016	0,9375	-18,2570	42,5140	41,3423
<i>Richards</i>	0,8592	0,6481	1,6851	0,1563	-22,1542	50,3085	49,1368
<i>Logístico</i>	0,9960	0,9899	10,1464	1,0000	-20,3062	46,6125	45,4408

$R^2$  = coeficiente de determinação;  $R^2_{aj}$  = coeficiente de determinação ajustado; MEP = erro quadrático médio de predição; C% = porcentagem de convergência; AIC = critério de informação de Akaike; BIC = critério bayesiano de Schwarz; LogLike = logaritmo

Como demonstrado na Tabela 3 o modelo de melhor qualidade de ajuste para a fase inicial das galinhas poedeiras GLC foi de von Bertalanffy, pois tanto o  $R^2$  quanto  $R^2_{aj}$  obteve maior valor em relação aos outros modelos (0,9964 e 0,9909, respectivamente), sendo confirmado pelos resultados de MEP que demonstrou o menor resultado (0,0016), ou seja, menor valor melhor o ajuste. Confirmado pelos autores Scapim; Bassanezi (2008), onde o modelo foi o mais adequado para relacionar o peso com a idade, por possuir parâmetros de interpretação biológica que evidenciam características relevantes do crescimento.

Na avicultura, o modelo de Gompertz é o mais utilizado para estudos relacionados a curva de crescimento. Entretanto, neste trabalho, os resultados foram inferiores comparados ao modelo de von Bertalanffy, que como explicado por Rizzi, Contiero e Cassandro (2013), isso ocorre devido à quantidade de crescimento ser proporcional ao ganho de peso e a taxa de crescimento decair exponencialmente com o tempo.

No entanto, o modelo de Gompertz obteve resultado superior apenas na porcentagem de convergência que, mesmo assim ficou inferior ao modelo Logístico, onde o modelo de Gompertz obteve 0,9688% de convergência dos dados e o Logístico foi de 1% demonstrando que convergiu todos os dados do estudo, isso pode ser confirmado pelos estudos de Oliveira et al. (2018) em que tanto o modelo Logístico quanto o modelo de Gompertz nos estudos de crescimento de poedeiras possuíam convergência, sendo utilizado para estimativa de crescimento e maturidade dos animais.

Já o modelo de Richards não seria um bom modelo para determinar curva de crescimento de galinhas poedeiras, principalmente na fase inicial, pois todos os resultados foram muito baixos, principalmente em relação a porcentagem de convergência, demonstrando que este modelo convergiu apenas 0,01563% dos dados. Isto pode ocorrer pelo motivo de que os pesos após o ponto de inflexão biológico não serem registrados, fazendo com que cause problemas na determinação do peso assintótico (RIZZI, CONTIERO, CASSANDRO, 2013).

Em relação aos valores de AIC e BIC os piores resultados, ou seja, valores mais altos foram os modelos de Richards e Logístico com resultados para AIC de 50,3085 e 49,1368, e os resultados para BIC de 46,6125 e 45,4408 respectivamente, demonstrando ainda que o modelo de Richards não é um modelo ideal para se utilizar estudos de curvas de crescimento de aves na fase inicial. Já os valores para Gompertz e von Bertalanffy demonstram valores mais baixos onde os resultados foram 42,9692 e 41,7976 para AIC, 42,5140 e 41,3423 para BIC respectivamente, mostrando que os dois modelos são ideais para ser utilizado como estudo de curva de crescimento na fase inicial de galinhas poedeiras e que apenas nos avaliadores de porcentagem de convergência, AIC e BIC o modelo de Gompertz foi melhor que o modelo de von Bertalanffy.

Com estes resultados, observou-se que as Galinhas Poedeiras na fase inicial possuem homogeneidade em relação ao ganho de peso com bons índices de coeficiente de variância e que dentre os modelos estudados o modelo de Richards demonstrou não ser um modelo aceitável para estudos com curva de crescimento de pintainhas de postura.

## 5. CONCLUSÃO

Neste presente estudo, concluiu que o melhor modelo para estudar a curva de crescimento com pintainhas poedeiras foi o modelo de von Bertalanffy que possuiu melhores ajustes em relação aos demais modelos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, W.J. **Descrição do Crescimento do Corpo e Principais Componentes de Aves de Postura**. 2018. 58 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.
- ATHAYDE, V.A. **Influências da homogeneização ao alojamento nos aspectos produtivos de poedeiras comerciais**. 2020. 29 p. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Florianópolis.
- BRUSAMARELO, E. **Crescimento ponderal e biométrico de poedeiras leves por meio do modelo de Gompertz: modelagem das variâncias e densidades de criação**. 2020. 65f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Cuiabá.
- FILHO, O. G. C. **Curva de crescimento de frangos caipiras submetidos a diferentes níveis de lisina digestível**. 2014. 59f. Dissertação (mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.
- GOMPERTZ, B.; PHILOS, T.; On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies, **Royal Society London**, v.115, p.513–585, 1825.
- IBGE. **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html>>.
- MÁXIMO, K. A. M. Compreendendo o modelo de Gompertz e suas aplicações. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciência e Educação - REASE**, São Paulo, v. 9, p. 2134-2141, mar 2023. ISSN 2675-3375.
- MOHALLEM, D. F. et al. Avaliação do coeficiente de variação como medida da precisão em experimento com frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Uberlândia, MG, v. 60, p. 449-453, 2008.
- OLIVEIRA, C. F. S. D. et al. Mathematical models to describe the growth curves of white-egg layers. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 39, p. 1327-1334, Dec. 2018.
- PUTRA, W. P. B. et al. Comparison of Growth Curve in Male Layer Chickens. **Journal of Research in Veterinary Medicine**, v. 40, p. 49-53, 2021.

- QUINTANILHA, C. M. **Aplicação prática de modelos de crescimento para frangos de corte e suas partes**. 2021. 57 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Medicina Veterinária, Araçatuba.
- RATKOWSKI, D.A. **Nonlinear regression modeling: a unified practical approach**. Marcel Dekker, New York. 1983.
- RENNER-MARTIN, K. et al. **On the exponent in the Von Bertalanffy growth model**. Tjeerd Boonstra, 2018.
- RIBEIRO, J. C. **Identidade de modelos não lineares e regressão aleatória para o estudo da curvatura de crescimento de codornas de corte em diferentes gerações sob seleção**. 2014. 69f. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- RICHARDS, F.J. A flexible growth function for empirical use. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.10, p.290-300, 1959.
- RIZZI, C.; CANTIERO, B.; CASSANDRO, M. **Growth patterns of Italian Local Chicken population**. Poultry Science Association Inc., p. 2226-2235, 2013.
- SCAPIM, J.; BASSANEZI, R. C. Modelo de von Bertalanffy generalizado aplicado às curvas de crescimento Animal. **Biomatemática**, 18, 2008. 1-14.
- SILVA, J. H. V. D. et al. Curvas de crescimento deposição de nutrientes corporais e determinação da exigência em proteína para frangas leves e semipesadas. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 16, p. 78-87, jan/mar 2017. ISSN 1983-1471.
- SILVA, M. R. S. **Curva de crescimento de linhagens de postura caipira melhoradas**. 2019. 32p. Monografia (Graduação em Bacharelado em Zootecnia) - Instituto Federal Goiano, Campus Rio verde, Rio Verde.
- TEIXEIRA, H. D. S.; GRIESER, D. D. O. Crescimento corporal de uma linhagem de codornas japonesas denominada vermelha em fase de cria, recria e postura usando Gompertz. **VI Seminário de Iniciação Científica**, Out 2020.
- VERAS, A. G. **Desenvolvimento ósseo em poedeiras comerciais nas fases de cria e recria**. 2020. 121 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

VON BERTALANFFY, K.L. Quantitative laws for metabolism and growth. **The Quarterly Review of Biology**, v.32, p.217–231, 1957.