



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

**MODELOS NÃO LINEARES EM DADOS DE CRESCIMENTO DE BOVINOS DE  
CORTE**

PRISCYLLA DE FÁTIMA DA COSTA  
SILVA  
Orientador:  
Prof. Dr. Jeferson Correa Ribeiro

MORRINHOS  
2025



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

PRISCYLLA DE FÁTIMA DA COSTA SILVA

**MODELOS NÃO LINEARES EM DADOS DE CRESCIMENTO DE BOVINOS DE  
CORTE**

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 Correia Ribeiro

MORRINHOS  
2025

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do  
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

S586m Silva, Priscylla de Fátima da Costa  
MODELOS NÃO LINEARES EM DADOS DE  
CRESCIMENTO DE BOVINOS DE CORTE / Priscylla de  
Fátima da Costa Silva. Morrinhos 2025.

17f.

Orientador: Prof. Dr. Jeferson Correa Ribeiro.  
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0420186 -  
Bacharelado em Zootecnia - Morrinhos (especial) (Campus  
Morrinhos).

1. Avaliação estatística. 2. Desempenho produtivo. 3.  
Melhoramento genético. 4. Nutrição animal. 5. Uniformidade. I.  
Título.





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

Ata nº 6/2025 - CCBZ-MO/DE-MO/CMPMHOS/IFGOIANO

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

Aos nove dias do mês de outubro de dois mil e vinte e cinco, às quinze horas e quarenta minutos, reuniu-se os componentes da Banca Examinadora, Dr. Jeferson Corrêa Ribeiro, Dra. Andreia Santos Cesário e Dr. Wallacy Barbacena Rosa dos Santos, sob a presidência do primeiro, em sessão pública, para procederem a apresentação do Trabalho de Curso da discente **Priscylla de Fátima da Costa Silva**, do curso de Graduação Bacharelado em Zootecnia, visando à obtenção do título de Bacharel em Zootecnia, cuja o título é: **MODELOS NÃO LINEARES EM DADOS DE CRESCIMENTO DE BOVINOS DE CORTE**, sob a orientação do professor Jeferson Corrêa Ribeiro. A apresentação foi realizada presencialmente. 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 trabalho pelo período de doze minutos. Encerrada a apresentação, a banca arguiu a 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, o discente foi aprovado com ressalva, com a nota **9,5 (nove vírgula cinco)**, 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, 09 de outubro de 2025.

Prof. Dr. Jeferson Corrêa Ribeiro - presidente

Prof.<sup>a</sup> Dra. Andreia Santos Cezário - membro titular

Prof. Dr. Wallacy Barbacena Rosa dos Santos - membro titular

Documento assinado eletronicamente por:

- **Jeferson Correa Ribeiro, COORDENADOR(A) - FUC1 - CCBZ-MO**, em 09/10/2025 16:43:18.
- **Wallacy Barbacena Rosa dos Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 09/10/2025 17:23:16.
- **Andreia Santos Cezario, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 09/10/2025 18:18:30.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 09/10/2025. 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:** 753256

**Código de Autenticação:** 8412c75b64



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

PRISCYLLA DE FÁTIMA DA COSTA SILVA

**MODELOS NÃO LINEARES EM DADOS DE CRESCIMENTO DE BOVINOS DE  
CORTE**

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 Correia Ribeiro

APROVADA EM: 09 de outubro de 2025.

---

Prof. Dr. Jeferson Correia Ribeiro  
(Orientador)

---

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

---

Prof. Dr. Andreia Santos Cesário  
(Membro da banca)

## **DEDICATÓRIA**

Dedico todo este Trabalho aos meus pais, Israel José da Silva e Aparecida de Fátima da Costa Silva, pois graças ao esforço, paciência e incentivo de ambos que hoje posso concluir o meu curso.

Dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

Quero, antes de tudo, agradecer à minha família, que foi minha base e meu maior alicerce durante toda essa caminhada. Ao meu pai Israel José da Silva e à minha mãe Aparecida de Fátima Costa Silva, que me incentivaram, me encorajaram e fizeram o possível e o impossível para que eu conseguisse chegar até aqui e realizar o sonho da minha formação.

À minha irmã Leticya Maria da Costa Silva, que contribuiu de forma imensa para esta conquista, me ajudando em muitas coisas, me apoiando em todos os momentos e sendo parte fundamental para que eu chegasse onde cheguei.

Agradeço também ao meu namorado Dener Pena Amador de Oliveira, que esteve ao meu lado em cada etapa, me incentivando, me dando forças e acreditando em mim até quando eu mesma duvidei. Nos momentos em que pensei em desistir, foi ele, junto com meus pais, quem não permitiu que eu desanimasse, me mostrando que eu era capaz de continuar e chegar até o fim.

Minha gratidão ainda ao meu orientador Jeferson Correa Ribeiro, que sempre esteve disposto a me ajudar, com paciência, dedicação e palavras que fizeram toda a diferença, me guiando com sabedoria e confiança.

Agradeço também às pessoas que aceitaram compor a minha banca examinadora, profissionais pelos quais tenho um grande carinho e admiração, e que contribuíram de maneira significativa para o meu aprendizado e crescimento acadêmico.

E, por fim, deixo meus agradecimentos a todos os professores que tive ao longo do curso, que, com carinho, paciência e dedicação, compartilharam seus conhecimentos e me apoiaram nessa trajetória.

## RESUMO

SILVA, Priscylla de Fátima da Costa, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, outubro de 2025. **Modelos não lineares em dados de crescimento de bovinos de corte.** Orientador: Jeferson Corrêa Ribeiro.

Este estudo teve como objetivo comparar o desempenho de cinco modelos não lineares Gompertz, Meloun I, Meloun II, von Bertalanffy e Weibull - na descrição do crescimento de bovinos de corte em sistema de confinamento. Foram analisados dados de 6.365 animais, com pesos coletados em diferentes fases produtivas, ajustados por regressão não linear e avaliados pelos critérios: percentual de convergência, coeficiente de determinação ( $R^2$  e  $R^2$  ajustado), média do erro de previsão (MEP), critério de informação de Akaike (AIC) e critério de informação bayesiano (BIC). Os resultados indicaram tendência de redução da variabilidade de peso ao longo do ciclo produtivo, principalmente durante o confinamento, favorecendo a uniformidade do lote. Entre os modelos testados, o de Gompertz apresentou desempenho equilibrado ( $R^2 = 0,9208$ ; convergência = 85,55%; MEP = 0,5619; AIC = 58,3891; BIC = 78,1959). O modelo de von Bertalanffy obteve maior  $R^2$  (0,9421) e menor MEP (0,3563), mas menor convergência (78,90%). O Weibull destacou-se pelos menores valores de AIC (55,8660) e BIC (76,1417), embora limitado pelo baixo  $R^2$  (0,6021). Já os modelos Meloun I e II apresentaram desempenho insatisfatório, com baixo poder explicativo e altos erros de previsão. Esses resultados reforçam a aplicabilidade e relevância do modelo de Gompertz como ferramenta para o planejamento nutricional, reprodutivo, econômico e de melhoramento genético na pecuária de corte.

**Palavras-chave:** avaliação estatística, desempenho produtivo, melhoramento genético, nutrição animal, uniformidade

## ABSTRACT

SILVA, Priscylla de Fátima da Costa, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos October 2025. **Non-linear models in beef cattle growth data.** Advisor: Jeferson Corrêa Ribeiro.

This study aimed to compare the performance of five nonlinear models—Gompertz, Meloun I, Meloun II, von Bertalanffy, and Weibull—in describing the growth of beef cattle under a confinement system. Data from 6,365 animals were analyzed, with weights collected at different productive stages, adjusted using nonlinear regression, and evaluated according to the following criteria: convergence percentage, coefficient of determination ( $R^2$  and adjusted  $R^2$ ), mean prediction error (MPE), Akaike Information Criterion (AIC), and Bayesian Information Criterion (BIC). The results indicated a trend of reduced weight variability throughout the productive cycle, especially during confinement, promoting uniformity within the herd. Among the models tested, the Gompertz model showed balanced performance ( $R^2 = 0.9208$ ; convergence = 85.55%; MPE = 0.5619; AIC = 58.3891; BIC = 78.1959). The von Bertalanffy model achieved a higher  $R^2$  (0.9421) and lower MPE (0.3563) but lower convergence (78.90%). The Weibull model stood out for the lowest AIC (55.8660) and BIC (76.1417) values, although limited by its low  $R^2$  (0.6021). The Meloun I and II models showed unsatisfactory performance, with low explanatory power and high prediction errors. These results reinforce the applicability and relevance of the Gompertz model as a tool for nutritional, reproductive, economic, and genetic improvement planning in beef cattle production.

**Keywords:** statistical evaluation, productive performance, genetic improvement, animal nutrition, uniformity

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	10
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	11
	Tabela 1 – Média, desvio padrão e coeficiente de variação dos pesos corporais em diferentes fases de desenvolvimento .....	11
	Tabela 2 – Parâmetros estimados para os modelos não lineares de crescimento ajustados aos dados dos bovinos confinados .....	13
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	15
<b>5</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	16

## 1 INTRODUÇÃO

O confinamento é um sistema de criação no qual os animais são mantidos em piquetes ou currais, com o intuito de reduzir a necessidade de amplo deslocamento durante a alimentação, otimizando o gasto energético, conseqüentemente aumentando o ganho de peso. Esse sistema tem se consolidado como uma estratégia fundamental para intensificar a produção e garantir maior eficiência na pecuária de corte.

No confinamento, alimento e água são fornecidos de forma ajustada às necessidades dos animais, em cochos e bebedouros, garantindo precisão na dieta e eficiência alimentar. Embora seja mais comum na fase de terminação, essa prática também pode ser aplicada a diferentes categorias do rebanho, como bezerros desmamados, novilhos, novilhas e vacas de descarte, até atingir o peso de abate. O confinamento de bovinos designado à produção de carne é definido pela aplicação dos animais em piquetes/baias para engorda, com área reduzida, tendo até mesmo o alimento provido nos cochos de forma controlada (PEIXOTO et al., 1989).

Diferente da terminação a pasto, o confinamento necessita de maior investimento em estrutura e equipamentos. Em compensação, permite um controle mais preciso da alimentação, podendo-se fazer ajustes na dieta. A alimentação concentrada no confinamento influencia positivamente a qualidade sensorial da carne, contribuindo para uma melhor maciez, suculência e aceitabilidade do produto final.

Como afirmam Pacheco et al. (2005), a terminação em confinamento com dietas de alta densidade energética favorece o desempenho dos animais, promovendo elevados ganhos de peso diário mesmo em períodos curtos de engorda, principalmente em animais mais jovens, o que resulta em cortes mais valorizados.

De acordo com a Embrapa (1996) o confinamento se apresenta como uma estratégia para aproveitar a valorização da arroba do boi durante a entressafra, período em que a escassez de pastagens compromete os sistemas extensivos tradicionais. Diversos fatores podem influenciar nos resultados deste modelo de criação de bovinos, como o fator genético por exemplo, que influencia diretamente o desempenho no confinamento. Animais mestiços têm maior precocidade e melhor conversão alimentar, podendo alcançar o peso de abate mais cedo que os zebuínos puros. Apesar das vantagens produtivas, o confinamento deve ser planejado com cautela, pois sua viabilidade econômica depende da relação entre os custos de alimentação e o preço da arroba no momento da venda.

Segundo Barros *et al.* (2015), os custos elevados associados ao confinamento

representam um obstáculo significativo para a pecuária. Diante disso, torna-se essencial encontrar estratégias que viabilizem a implementação desse sistema e contribuam para a melhoria da rentabilidade na produção animal. No entanto, para que os benefícios sejam alcançados, é fundamental que o sistema seja bem planejado. Falhas no dimensionamento das estruturas podem comprometer o desempenho dos animais e causar prejuízos técnicos e econômicos ao produtor (DIAS FILHO, 2011).

A obtenção precisa dos dados de crescimento dos bovinos de corte, se dá por meio de modelos matemáticos que colaboram com a descrição de peso e outras medidas corporais ao longo do tempo. Essas equações matemáticas muitas vezes não lineares ajudam a representar o padrão biológico do crescimento dos animais, que geralmente ocorre de forma sigmoide. O desenvolvimento dos animais é um fator determinante na produtividade dos sistemas de criação, uma vez que está diretamente relacionado à quantidade e à qualidade da carne produzida. Assim, a utilização de curvas de crescimento tem ganhado destaque como ferramenta prática para acompanhar o desenvolvimento dos bovinos e, conseqüentemente, melhorar os índices econômicos da atividade pecuária (SILVA et al., 2004).

O crescimento dos animais pode ser representado por uma curva sigmoide, o que permite o uso de modelos não lineares capazes de sintetizar informações de peso, altura e outras características em poucos parâmetros biologicamente interpretáveis. Esses modelos são fundamentais para programas de melhoramento genético e planejamento bioeconômico, já que ajudam a identificar o momento ideal para o abate, quando o animal atinge a maturidade e, após isso, passa a ter alta exigência de manutenção e baixa conversão alimentar (SILVA et al., 2011). Dessa forma é possível estimar parâmetros importantes como peso adulto, a taxa de crescimento e a idade ideal para o abate, contribuindo para o planejamento nutricional, reprodutivo e produtivo do rebanho.

Os modelos não lineares têm se mostrado particularmente úteis na análise de curvas de crescimento de bovinos, devido à sua flexibilidade em lidar com características comuns aos dados de peso-idade, como a irregularidade dos intervalos entre pesagens, a presença de dados incompletos, a forte correlação entre medidas próximas no tempo e o aumento da variância ao longo do desenvolvimento dos animais (FREITAS, 2005).

A seleção do modelo não linear mais apropriado para descrever o crescimento de animais em função da idade depende de vários fatores, como a raça dos indivíduos, as condições ambientais em que são criados, a idade nas últimas pesagens e as próprias características do

modelo matemático utilizado (SILVA et al., 2011).

O conhecimento sobre o crescimento animal é essencial para programas de melhoramento genético, pois permite estimar características como a taxa de crescimento, ganho de peso e precocidade. Essas informações possibilitam selecionar animais com maior desempenho produtivo, contribuindo para avanços na eficiência do rebanho (LÔBO et al., 2006). Embora no Brasil existam poucos estudos que acompanhem os pesos dos zebuínos durante todo o ciclo de sua vida, o que dificulta a definição de um padrão de crescimento dessa raça.

Dessa forma, o objetivo da realização deste trabalho foi comparar o desempenho de modelos não lineares em dados de crescimento de bovinos de corte, com o intuito de auxiliar na escolha do modelo que melhor represente a eficiência produtiva dos animais em diferentes fases de desenvolvimento.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados analisados neste estudo foram coletados em uma fazenda parceira que mantém bovinos de corte em sistema de confinamento. A base de inicial continha registros de 6.940 animais válidos para análise. Contudo, foi realizada uma etapa de triagem e limpeza para garantir a qualidade dos dados utilizados na análise. Foram removidos os registros de animais sem dados de pesagem, o que inviabilizou sua utilização no ajuste dos modelos. Após essa filtragem, o número final de animais válidos para análise foi de 6.365. A base final incluiu dados de pesos corporais coletados em diferentes idades durante o período de confinamento.

Foram testados cinco modelos não lineares amplamente utilizados na descrição do crescimento animal: Gompertz, Meloun 1, Meloun 2, von Bertalanffy e Weibull, escolhidos por sua flexibilidade e parâmetros biologicamente interpretáveis.

A estimação dos parâmetros foi realizada por regressão não linear via método dos mínimos quadrados, com comparação baseada em critérios estatísticos: % de convergência, coeficiente de determinação ( $R^2$ ),  $R^2$  ajustado, erro médio de previsão (MEP), Critério de Informação de Akaike (AIC) e Critério de Informação Bayesiano (BIC). O ajuste dos modelos e a aplicação do teste de identidade foram realizados pelo método de Marquardt, que combina a estabilidade do gradiente descendente com a eficiência do método de Gauss-Newton, garantindo maior robustez na convergência. As análises foram conduzidas no **software SAS® (versão 9.2)**, por meio do procedimento PROC MODEL.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos pesos corporais ao longo das diferentes fases de crescimento dos bovinos permite compreender o desempenho produtivo dos animais e verificar o grau de uniformidade do rebanho. Na Tabela 1, são apresentados os valores de média, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) para os pesos ao nascimento (PN), à desmama (PD), na saída do sequestro (PS), na entrada do confinamento (PE) e no abate (PA).

Tabela 1 – Média, desvio padrão e coeficiente de variação dos pesos corporais em diferentes fases de desenvolvimento

Variáveis	PN	PD	PS	PE	PA
<b>Média</b>	30,00	213,48	296,73	346,41	551,94
<b>DP</b>	0,00	41,09	56,25	41,13	59,33
<b>CV</b>	0,00	19,25	18,96	11,87	10,75

Onde: DP = desvio padrão; CV = Coeficiente de variação; PN = peso ao nascer; PD = peso à desmama; PS = peso na saída do sequestro; PE = peso na entrada do confinamento; PA = peso de abate.

Observa-se que o peso médio ao nascimento considerado, foi de 30 kg, com desvio padrão e coeficiente de variação nulos. Isto se deve ao fato da fazenda não coletar o peso ao nascimento, devido ao manejo adotado. Portanto, para fins de comparação entre os pesos de nascimento e os demais registros de pesos, fora adotado um valor padrão como suporte para estimação dos parâmetros.

Na desmama, o peso médio observado foi de 213,48 kg, com desvio padrão de 41,09 kg e coeficiente de variação de 19,25%. Esses valores indicam uma variação moderada entre os animais, possivelmente decorrente de fatores como tipo de alimentação, genética ou manejo individual. Após essa etapa, os animais foram encaminhados para o sequestro, fase em que permanecem em confinamento temporário logo após a desmama, até o início do período das

águas, quando retornam ao pasto. Essa fase tem como objetivo manter o ganho de peso e reduzir perdas nutricionais durante o período seco, garantindo adaptação e preparo para a próxima etapa produtiva.

Na saída do sequestro, a média de peso foi de 296,73 kg, com desvio padrão de 56,25 kg e CV de 18,96%, revelando variações similares às da fase anterior, ainda que com maior dispersão absoluta dos dados. Essa manutenção da variabilidade sugere que o sequestro contribuiu para o ganho de peso, mas não reduziu significativamente a dispersão entre os animais.

Na entrada do confinamento, a média foi de 346,41 kg, com desvio padrão de 41,14 kg e coeficiente de variação de 11,87%, indicando uma redução na variabilidade. Isso pode ser atribuído à uniformização dos lotes antes do início da fase intensiva, o que é desejável para facilitar o manejo nutricional e sanitário no confinamento.

O peso médio na saída do confinamento foi de 551,94 kg, com desvio padrão de 59,33 kg e CV de 10,75%. A redução do coeficiente de variação ao final do ciclo produtivo demonstra um ganho de uniformidade entre os animais, o que é desejável em sistemas de terminação intensiva e contribui para padronização de carcaças e melhores resultados econômicos.

De forma geral, observa-se uma tendência de redução no coeficiente de variação ao longo do tempo, especialmente nas fases mais controladas do sistema produtivo, como confinamento. Essa homogeneização é desejável, pois facilita o planejamento de abate e comercialização dos animais.

Os parâmetros estimados para cada modelo, segundo os modelos estudados, estão apresentados na Tabela 2.

O modelo de Gompertz apresentou desempenho satisfatório na maioria dos critérios, destacando-se como o mais equilibrado. Obteve 85,55% de convergência,  $R^2$  de 0,9208 e  $R^2_{aj}$  de 0,9207, indicando excelente capacidade de explicação da variação nos dados. Embora não tenha atingido os melhores valores absolutos em todos os critérios, seus resultados foram consistentes. O MEP foi de 0,5619, e os critérios AIC (58,3891) e BIC (78,1959) demonstraram razoável eficiência, ainda que não tenham sido os mais baixos entre os modelos.

Von Bertalanffy também apresentou desempenho de destaque, registrando o maior  $R^2$  (0,9421) e o menor MEP (0,3563), evidenciando elevado poder explicativo e excelente capacidade de previsão. Esses resultados demonstram que o Von Bertalanffy é uma alternativa robusta e confiável, sendo capaz de representar o crescimento dos animais de forma precisa,

embora sua taxa de convergência tenha sido inferior à do Gompertz (78,90%) e o BIC (76,4528) não tenha sido o mais baixo, indicando maior complexidade de ajuste.

Tabela 2 – Parâmetros estimados para os modelos não lineares de crescimento ajustados aos dados dos bovinos confinados

<b>Modelo</b>	<b>%C</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup><sub>aj</sub></b>	<b>MEP</b>	<b>AIC</b>	<b>BIC</b>
<b>Gompertz</b>	85,5459	0,9208	0,9207	0,5619	58,3891	78,1959
<b>von Bertalanffy</b>	78,9002	0,9421	0,9420	0,3563	56,8880	76,4528
<b>Meloun I</b>	100,0000	0,0240	0,0236	1,3686	71,6120	91,8877
<b>Meloun II</b>	51,3904	0,6718	0,6716	3,1097	65,0494	83,3279
<b>Weibull</b>	100,0000	0,6021	0,6019	2,7883	55,8660	76,1417

Onde: %C = porcentagem de convergência; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; R<sup>2</sup><sub>aj</sub> = coeficiente de determinação ajustado; MEP = média do erro de previsão; AIC = critério de informação de Akaike; BIC = critério de informação bayesiano.

Weibull apresentou convergência total (100%) e os menores valores de AIC (55,8660) e BIC (76,1417), sendo o modelo com melhor equilíbrio entre ajuste e simplicidade. Apesar disso, apresentou valores intermediários de R<sup>2</sup> (0,6021) e MEP (2,7883), o que limita sua aplicabilidade para representar com precisão o crescimento dos animais.

Meloun I e II apresentaram limitações evidentes. O Meloun I, embora tenha atingido 100% de convergência, apresentou R<sup>2</sup> e R<sup>2</sup><sub>aj</sub> extremamente baixos (0,0240 e 0,0236), além de um alto MEP (1,3686), o que inviabiliza seu uso. O Meloun II, por sua vez, obteve o pior desempenho em termos de convergência (51,39%) e apresentou os maiores erros de previsão (MEP de 3,1097), ainda que seu R<sup>2</sup> (0,6718) tenha sido superior ao do Weibull.

Portanto, embora o modelo de Von Bertalanffy tenha apresentado valores superiores em R<sup>2</sup> e MEP, e o Weibull tenha demonstrado maior eficiência em critérios de convergência e informação, o modelo de Gompertz foi considerado o mais adequado para descrever o

crescimento dos animais neste estudo, por apresentar um equilíbrio consistente entre ajuste, simplicidade e estabilidade de convergência. Ademais, os resultados evidenciam que o modelo de Von Bertalanffy também se mostra altamente confiável e aplicável, funcionando como uma excelente alternativa ao Gompertz dependendo do contexto e do grupo genético analisado.

Esses resultados estão em coerência com as pesquisas de outros autores na literatura. Estudo realizado por Souza et al. (2010), que avaliou cinco modelos não lineares incluindo o de Gompertz para descrever o crescimento de bovinos da raça Indubrasil criados a pasto no estado de Sergipe, apresentou resultados compatíveis com os obtidos no presente trabalho. Embora o modelo Logístico tenha se destacado naquele estudo, o modelo de Gompertz apresentou desempenho satisfatório, com coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,957 e 94% de convergência, evidenciando sua boa capacidade de ajuste e estabilidade. Esses dados ressaltam a eficiência e a fundamentação biológica do modelo de Gompertz, tanto em sistemas extensivos quanto intensivos de produção, confirmando sua adequação para representar o crescimento de bovinos em diferentes condições de manejo (SOUZA et al., 2010).

Além disso, resultados semelhantes foram relatados por Silva et al. (2011), que avaliaram curvas de crescimento em vacas de corte de distintos tipos biológicos, comparando cinco modelos não lineares, entre eles os modelos de Gompertz, Brody e Von Bertalanffy. Apesar do destaque para o modelo de Brody ponderado pelo inverso da variância, o modelo de Gompertz demonstrou desempenho consistente, reforçando sua aplicabilidade em diferentes sistemas de criação e grupos genéticos. O modelo de Von Bertalanffy que, no presente estudo, apresentou o maior  $R^2$  e o menor erro de predição também exibiu excelente capacidade de ajuste no estudo de Silva et al. (2011), sobretudo quando se considerou a ponderação pela variância. Esses resultados indicam que tanto o modelo de Gompertz quanto o de Von Bertalanffy apresentam alta estabilidade e boa capacidade de ajuste, sendo a escolha entre eles dependente do tipo de dado, do grupo genético analisado e dos objetivos da pesquisa (SILVA et al., 2011).

Com base nos critérios de convergência, ajuste ( $R^2$  e  $R^2_{aj}$ ), precisão preditiva (MEP) e eficiência do modelo (AIC e BIC), o modelo de Gompertz destacou-se por seu desempenho equilibrado, apresentando elevada capacidade explicativa ( $R^2 = 0,9208$ ), boa estabilidade de convergência (85,55%) e níveis aceitáveis de erro e complexidade, sendo considerado o mais adequado para representar o crescimento dos animais.

O modelo de Von Bertalanffy apresentou o maior  $R^2$  (0,9421) e o menor MEP (0,3563), demonstrando excelente ajuste e poder preditivo, reforçando que é uma alternativa de

excelência ao Gompertz, mesmo apresentando menor taxa de convergência. Já o modelo Weibull mostrou-se o mais eficiente, com 100% de convergência e os menores valores de AIC e BIC, mas limitado por sua menor capacidade explicativa ( $R^2 = 0,6021$ ). Os modelos Meloun I e II apresentaram desempenho inferior, com baixo  $R^2$  e altos erros de previsão, não sendo recomendados para este tipo de análise.

A avaliação estatística dos pesos corporais nas diferentes fases do ciclo produtivo revelou uma tendência de redução na variabilidade dos animais ao longo do tempo, especialmente durante o confinamento. Essa homogeneização do lote é desejável em sistemas intensivos, pois contribui para facilitar o manejo nutricional e sanitário, além de promover padronização de carcaças e maior eficiência econômica na terminação.

Esses resultados estão em consonância com resultados prévios da literatura, como os de Souza et al. (2010) e Silva et al. (2011), reforçando a eficácia, aplicabilidade e relevância biológica do modelo de Gompertz em distintos sistemas produtivos. Ressalta-se, contudo, que a escolha do modelo mais adequado deve levar em conta não apenas os indicadores estatísticos de ajuste, mas também as características específicas do rebanho, as práticas de manejo adotadas e os objetivos da pesquisa, de modo a garantir interpretações mais precisas e aplicabilidade prática dos resultados.

Assim, a aplicação de modelos não lineares, em especial os de Gompertz e Von Bertalanffy, mostra-se uma ferramenta precisa e eficiente para descrever o crescimento de bovinos de corte em confinamento, fornecendo parâmetros consistentes e biologicamente interpretáveis. Esses resultados são fundamentais para o planejamento nutricional, reprodutivo e econômico, além de subsidiar programas de melhoramento genético e estratégias de abate otimizadas, contribuindo para maior eficiência e sustentabilidade nos sistemas de produção.

#### **4 CONCLUSÕES**

Os modelos de Gompertz e Von Bertalanffy foram os mais adequados para descrever o crescimento de bovinos de corte em confinamento, apresentando bom ajuste, simplicidade e estabilidade. O Gompertz destacou-se pelo  $R^2 = 0,9208$ , taxa de convergência de 85,55% e erro reduzido, enquanto o Von Bertalanffy obteve o maior  $R^2$  (0,9421) e o menor erro de predição (0,3563), evidenciando excelente desempenho estatístico.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, M.C.C., et al.; Viabilidade econômica do uso da glicerina bruta em dietas para cordeiros terminados em confinamento. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.1, p.443-452, 2015.

**DIAS Filho, A.** *Técnicas aplicadas para o confinamento de bovinos*. 2011. 53 p. Trabalho de Conclusão de Curso.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Engorda de bovinos em confinamento: aspectos gerais. Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS, 1996. Disponível em: <https://old.cnpgc.embrapa.br/publicacoes/doc/doc64/01introducao.html>. Acesso em: 14 jul. 2025.

FREITAS, A.R., Curvas de crescimento na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.786-795, 2005.

LÔBO, R.N.B., et al., Parâmetros genéticos de características estimadas da curva de crescimento de ovinos da raça Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1012-1019, 2006.

PACHECO, P.S., et al. Composição física da carcaça e qualidade da carne de novilhos jovens e superjovens de diferentes grupos genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1691-1703, 2005.

PEIXOTO, A M et al. **Confinamento de bois**. Rio de Janeiro: Globo, 1987.

SILVA, F.L., et al, Curvas de crescimento em vacas de corte de diferentes tipos biológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.262-271, 2011.

SILVA, N.A.M., et al, Curvas de crescimento e influência de fatores não-genéticos sobre as taxas de crescimento de bovinos da raça Nelore. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, p.647-654, 2004.

SOUZA, L.A., et al, Curvas de crescimento em bovinos da raça Indubrasil criados no Estado do Sergipe. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, p.671-676, 2010.