



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

TRABALHO DE CURSO

Modelos não lineares para curva de crescimento de fêmeas bovinas jovens

ALICE ALVES BATISTA LEONARDO
Orientador:
Prof. Dr. Jeferson Corrêa Ribeiro

MORRINHOS
2025



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

ALICE ALVES BATISTA LEONARDO

**MODELOS NÃO LINEARES PARA CURVA DE CRESCIMENTO DE FÊMEAS
BOVINAS JOVENS**

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
2025

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

L581 Alves Batista Leonardo, Alice
Modelos não lineares para curva de crescimento de fêmeas
bovinas jovens / Alice Alves Batista Leonardo. Morrinhos 2025.
18f.
Orientador: Prof. Dr. Jeferson Corrêa Ribeiro.
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0420181 -
[MO.GRAD] Bacharelado em Zootecnia - Morrinhos (Campus
Morrinhos).
1. AIC. 2. BIC. 3. bovinos mestiços. 4. curva de crescimento. 5.
Gompertz. I. Título.



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

Ata nº 11/2025 - 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 dezessete dias do mês de dezembro de dois mil e vinte e cinco, às quinze horas e quarenta e nove minutos, reuniu-se os componentes da Banca Examinadora, Dr. Jeferson Corrêa Ribeiro, Dra. Eliandra Maria Bianchini Oliveira 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 **Alice Alves Batista Leonardo**, do curso de Graduação Bacharelado em Zootecnia, visando à obtenção do título de Bacharela em Zootecnia, cuja o título é: **MODELOS NÃO LINEARES PARA CURVA DE CRESCIMENTO DE FÊMEAS BOVINAS JOVENS**, 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 **quinze 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 **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 Bacharela 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, 17 de dezembro de 2025.

Prof. Dr. Jeferson Corrêa Ribeiro - presidente

Prof.^a Dra. Eliandra Maria Bianchini Oliveira - membro titular

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

Documento assinado eletronicamente por:

- **Jeferson Correa Ribeiro, COORDENADOR(A) - FUC1 - CCBZ-MO**, em 17/12/2025 16:42:30.
- **Eliandra Maria Bianchini Oliveira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 17/12/2025 16:43:35.
- **Wallacy Barbacena Rosa dos Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 17/12/2025 17:25:09.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 17/12/2025. 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: 775905

Código de Autenticação: e458fd944a



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

ALICE ALVES BATISTA LEONARDO

**MODELOS NÃO LINEARES PARA CURVA DE CRESCIMENTO DE FÊMEAS
BOVINAS JOVENS**

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

APROVADA: 17 de dezembro de 2025.

Prof^a. Dra. Eliandra Maria Bianchini Oliveira
(Membro da banca)

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

Prof. Dr. Jeferson Corrêa Ribeiro
(Orientador)

EPÍGRAFE

“O coração do homem dispõe o seu caminho, mas o Senhor que dirige seus passos.”
Provérbios 16,9

“Honra teu pai e tua mãe, para que teus dias se prolonguem sobre a terra que te dá o Senhor,
teu Deus.”
Êxodo 20,12

“Isto é uma ordem: sê firme e corajoso. Não te atemorizes, não tenhas medo, porque o Senhor
está contigo em qualquer parte para onde fores.”
Josué 1,9

AGRADECIMENTOS

Meu primeiro agradecimento quero dedicá-lo a Deus, foram dias de lutas, noites de cansaço, desafios e incertezas, mas em todos os momentos sua presença me fortaleceu. A cada passo o senhor me sustentou, meu deu forças quando pensei em desistir, sabedoria quando precisei decidir e serenidade para seguir com fé.

Quero agradecer também a minha família, em especial de coração meu pai Agnaldo, minha mãe Marluce e meu irmão José Neto, por serem meu refúgio, minha base e minha inspiração. Durante toda essa caminhada, vocês estiveram ao meu lado, acreditando em mim mesmo quando eu duvidava, oferecendo palavras de apoio, amor e paciência nos momentos mais difíceis. Cada conquista minha carrega um pedacinho de vocês - do esforço, das orações, dos conselhos e do amor incondicional que sempre me deram. Essa vitória não é só minha, mas nossa. Obrigada por serem meu alicerce por me apoiarem nos meus sonhos e o motivo de nunca desistir.

Agradeço ao meu namorado Marcio por estar ao lado em cada etapa dessa jornada. Por acreditar em mim, mesmo quando eu duvidava, e por ser meu apoio nos momentos de cansaço e incerteza. Obrigada por cada palavra de incentivo, por cada gesto de carinho e por entender minhas ausências quando os estudos exigiam mais de mim. Sua presença me trouxe força, paz e motivação para seguir em frente.

Agradeço com carinho ao meu orientador Prof. Jeferson Corrêa Ribeiro, por toda paciência, dedicação e apoio ao longo dessa jornada. Obrigada por acreditar em mim, por me orientar com sabedoria e por sempre estar disposto a ajudar, mesmo nos momentos de maior dificuldade. Suas palavras de incentivo e seus ensinamentos foram essenciais para que eu chegasse até aqui com mais confiança e aprendizado. Levarei comigo não apenas o conhecimento adquirido, mas também o exemplo de comprometimento e generosidade que sempre demonstrou. Sou imensamente grata por ter tido você como orientador nessa etapa tão especial da minha vida.

Aos meus amigos, deixo minha mais sincera gratidão. Obrigada por cada risada compartilhada, por cada palavra de incentivo e por estarem presentes nos momentos bons e nos difíceis. Durante essa caminhada, vocês foram apoio, alívio e motivação. Tornaram os dias mais leves, as noites de estudo mais suportáveis e as conquistas ainda mais especiais. Sou grata por ter vivido essa fase ao lado de pessoas tão incríveis, que fizeram parte dessa história de forma única.

Agradeço com imenso carinho a todos os professores que fizeram parte da minha formação acadêmica. Cada um de vocês contribuiu de maneira única para o meu crescimento, não apenas como futura profissional, mas também como pessoa. Obrigada por compartilharem seus conhecimentos com dedicação, paciência e entusiasmo, por acreditarem no potencial dos seus alunos e por nos inspirarem a ir além dos livros. Durante essa caminhada, aprendi que ser professor é muito mais do que ensinar — é transformar vidas. Levarei comigo não apenas os conteúdos que aprendi em sala de aula, mas também os exemplos de ética, esforço e amor pela profissão que cada um de vocês demonstrou. Sou profundamente grata por todo aprendizado e por terem feito parte dessa etapa tão importante da minha vida.

ÍNDICE

Resumo	8
Abstract	9
Introdução	10
Material e Métodos	13
Resultados e Discussão	14
Conclusão	18
Referências Bibliográficas	19

RESUMO

LEONARDO, Alice Alves Batista, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, dezembro de 2025. **Modelos não lineares para curva de crescimento de fêmeas bovinas jovens.** Orientador: Jeferson Corrêa Ribeiro.

O Brasil ocupa a terceira colocação mundial na produção de leite, com 35,4 bilhões de litros produzidos em 2023, evidenciando o constante crescimento da bovinocultura leiteira nacional. Esse avanço reforça a importância da adoção de práticas de manejo baseadas em indicadores zootécnicos, principalmente na fase de recria, etapa determinante para o desempenho produtivo e reprodutivo das futuras matrizes. A curva de crescimento é uma ferramenta essencial para compreender o desenvolvimento corporal dos animais ao longo do tempo, permitindo estimar parâmetros biológicos como peso à maturidade, taxa de crescimento e idade ideal para o primeiro parto. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar o crescimento de novilhas leiteiras mestiças ($\frac{1}{2}$ Holandês $\frac{1}{2}$ Gir) utilizando diferentes modelos não lineares — Gompertz, von Bertalanffy, Meloun I, Meloun II e Weibull — para identificar aquele que melhor descreve o padrão de crescimento dos animais. O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, entre agosto de 2024 e julho de 2025, com sete novilhas acompanhadas do nascimento aos 690 dias de idade. Os pesos mensais foram ajustados por meio dos modelos propostos, e os ajustes avaliados pelos critérios de porcentagem de convergência, coeficiente de determinação (R^2), erro quadrático médio de predição (MEP), AIC e BIC. Os resultados demonstraram que o modelo de Gompertz apresentou o melhor desempenho, com $R^2 = 0,99$, MEP = 29,8, AIC = 196,7 e 100% de convergência, sendo o mais indicado para descrever o crescimento de bezerras leiteiras mestiças. Conclui-se que o modelo de Gompertz fornece estimativas precisas para o acompanhamento zootécnico, contribuindo para estratégias de manejo nutricional, seleção genética e melhoria da eficiência produtiva em rebanhos leiteiros mestiços.

Palavras-chave: AIC, BIC, bovinos mestiços, curva de crescimento, Gompertz

ABSTRACT

LEONARDO, Alice Alves Batista, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, December 2025. **Nonlinear models for the growth curve of young female cattle** Advisor: Jeferson Corrêa Ribeiro.

Brazil ranks third worldwide in milk production, with 35.4 billion liters produced in 2023, highlighting the expansion of the national dairy sector. To support this growth, herd management practices based on zootechnical indicators—especially during the rearing phase—are essential. Growth curves are valuable tools to describe animals' body development over time and to estimate biological parameters such as mature weight, growth rate and age at first calving. This study evaluated growth patterns of $\frac{1}{2}$ Holstein \times $\frac{1}{2}$ Gir heifers raised at IF Goiano – Campus Morrinhos, monitored monthly from birth to 690 days of age. Seven heifers were included and monthly body weights were fitted to several nonlinear models (Gompertz, von Bertalanffy, Meloun I, Meloun II and Weibull). Model performance was assessed using percentage of convergence, coefficient of determination (R^2), mean prediction error (MPE), Akaike information criterion (AIC) and Bayesian information criterion (BIC). Results indicated poor performance for Meloun I and Weibull models (low convergence and high prediction errors). The Gompertz model provided the best fit ($R^2 = 0.99$; MPE = 29.8; AIC = 196.7; BIC = 196.5) with 100% convergence, while von Bertalanffy showed full convergence but inferior fit by other criteria. We conclude that the Gompertz model is the most suitable to describe growth of $\frac{1}{2}$ Holstein \times $\frac{1}{2}$ Gir heifers under the studied conditions, offering reliable estimates to support rearing management, genetic selection and productivity improvements in dairy herds.

Keywords: AIC, BIC, crossbred cattle, Gompertz, growth curve

INTRODUÇÃO

O Brasil mantém destaque na produção mundial de leite, ocupando a 3ª colocação no ranking global, com produção de 35,7 bilhões de litros em 2024 e crescimento de 2,4% em relação ao ano anterior (MAPA, 2024). A região Sul liderou com 11,9 bilhões de litros (33,6%), seguida pelo Sudeste, com 11,7 bilhões de litros (33%) (Milkpoint, 2024). O Nordeste apresentou crescimento, alcançando 6,3 bilhões de litros (17,8%) (IBGE, 2023). O Centro-Oeste registrou cerca de 3,8 bilhões de litros (11%), enquanto o Norte respondeu por aproximadamente 5% da produção nacional, entre 1,7 e 2,0 bilhões de litros (MAPA, 2024).

Os números expressivos evidenciam a expansão da bovinocultura leiteira brasileira, reforçando a necessidade de maior conscientização dos produtores quanto ao controle e à análise dos índices zootécnicos. Na fase de recria, torna-se essencial a coleta de dados sobre o crescimento e o desenvolvimento dos animais, que serão as futuras produtoras do rebanho.

A curva de crescimento é a forma mais adequada de avaliar o desenvolvimento dos animais, pois permite estimar parâmetros biológicos como peso à maturidade, taxa de crescimento e idade ao primeiro parto, sendo uma ferramenta importante no manejo da recria (Coelho et al., 2009; Pereira et al., 2010). Além disso, é fundamental para programas de melhoramento genético, auxiliando na definição da idade ideal de abate e do momento de maturidade dos animais (Silva et al., 2011).

As curvas de crescimento apresentam formato sigmóide que representa tempo de abate (idade) e peso. As taxas de crescimento são influenciadas pelo sexo, ano e mês de nascimento (Perotto et al., 1997). Em bovinos essa curva pode ser dividida em nascimento, puberdade e maturidade.

Os animais apresentam diferentes fases de crescimento, iniciando com um período de rápido desenvolvimento, seguido por uma redução na taxa de crescimento após a puberdade.

Em seguida, ocorre uma fase de estabilização, na qual há diminuição da produção de carne e aumento da deposição de gordura, caracterizando a fase de maturação.

A fase de recria impacta diretamente a eficiência econômica da produção leiteira, por ser uma das etapas mais onerosas, podendo representar de 15% a 25% dos custos totais da propriedade. Atrasos na idade ao primeiro parto elevam os custos e reduzem a rentabilidade (Margerison, 2024; Laflamme-Michaud et al., 2025). Nesse contexto, as curvas de crescimento auxiliam na definição de estratégias nutricionais e de manejo, permitindo identificar o ponto ótimo de crescimento e o peso ideal para a primeira cobertura, reduzindo o tempo de recria e favorecendo o planejamento zootécnico e econômico, com maior eficiência financeira do rebanho (Sommerseth et al., 2024).

De acordo com Freitas (2025), a curva de crescimento na produção animal tem seus vários parâmetros que pode ser dizer que os mais importantes são: resumir, em poucos parâmetros dos modelos, as características do desenvolvimento da população, uma vez que alguns parâmetros dos modelos não lineares utilizados possuem interpretação biológicas e identificar em uma população os animais mais pesados e os mais precoces, além de dar suporte ao processo de seleção.

Como destaca Fernandes (2013), diversos estudos avaliaram curvas de crescimento em fêmeas leiteiras, verificando que a função Logística tende a subestimar o peso à maturidade, enquanto a função Brody o superestima, sendo os modelos Gompertz e Richards os mais adequados para essa estimativa (Bergamasco et al., 2001). Em fêmeas Guzerá, Gir e mestiças, o modelo de Richards apresentou bom ajuste aos dados (Perotto et al., 1997). Já em novilhas Holandesas, o modelo de Gompertz mostrou melhor desempenho na estimativa do peso à maturidade, especialmente quando os dados foram coletados até os 24 meses de idade, o que influenciou o ajuste dos modelos Logístico e Brody, que superestimaram esse parâmetro (Nogueira et al., 2021).

As curvas de crescimento são ferramentas estratégicas na bovinocultura leiteira, integrando aspectos econômicos e genéticos do sistema produtivo. A modelagem do desenvolvimento permite identificar animais mais precoces, eficientes na conversão alimentar, reduzindo custos de recria e antecipando a idade produtiva. Além disso, parâmetros como peso à maturidade, taxa de crescimento e ponto de inflexão possuem interpretação biológica e valor genético, podendo ser utilizados em programas de melhoramento para seleção de animais com maior potencial produtivo e adaptação ao ambiente tropical (Coffey, 2006; Pereira et al., 2010). Assim, o uso de modelos não lineares contribui para a melhoria do desempenho zootécnico, avanço genético e aumento da rentabilidade do rebanho (Vaz et al., 2024).

Este trabalho teve como objetivo analisar a curva de crescimento de fêmeas jovens leiteiras meio sangue Holandês x Gir, utilizando modelos não lineares aplicados a dados de peso corporais coletados desde o nascimento até os 24 meses de idades.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no IF Goiano – Campus Morrinhos, a uma altitude de 885 m e localização -17° 49' S e 49° 12' O. O clima conforme Köppen é Aw, tropical com estação seca. Com temperatura em torno de 23,3 °C e o regime pluviométrico de 1.346 mm. Foi desenvolvido entre o período de agosto de 2022 a julho de 2025. Os dados utilizados foram mensurados de fêmeas bovinas jovens oriundas do setor de bovinocultura do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos. Foram utilizados 7 animais (fêmeas) para a coleta do peso corporal das bezerras leiteiras, com graus de sangue ½ Holandês ½ Gir. Foram utilizados pesos mensais, do nascimento (P0) ao peso adulto, aos 690 dias de idade, totalizando 24 registros de peso de cada animal. As novilhas leiteiras foram criadas em piquetes sombreamento natural, bebedouros e local adequado para sua alimentação, a nutrição foi feita através de silagem e concentrados na quantidade adequada para o seu desenvolvimento e crescimento.

O conjunto de dados coletados foram submetidos a análises preliminares para validação dos dados coletados e eliminação dos valores discrepantes. A partir dessa etapa, o objetivo foi identificar o melhor modelo não linear capaz de descrever a curva de crescimento dos animais em cada linhagem e que seja comum aos três grupos. Os modelos estudados no trabalho foram von Bertalanffy, Gompertz, Meloun I, Meloun II e Weibull.

Tabela 1 - Modelos de regressão não linear para descrever curvas de crescimento.

Modelos não linear	Modelo de curva de crescimento	Referência
von Bertalanffy	$y_i = A (1 - b \exp^{-kti})^3 + e_i$	VON BERTALANFFY (1957)
Gompertz	$y_i = A \exp^{-\exp(b-kti)} + e_i$	GOMPERTZ & PHILOS (1825)
Meloun I	$y_i = A - b \cdot \exp^{-kti} + e_i$	MELOUN & MILITKY (1996)
Meloun II	$y_i = A - \exp^{-b-kti} + e_i$	MELOUN & MILITKY (1996)
Weibull	$y_i = A - b \cdot \exp^{-\exp ktm_i} + e_i$	RATKOWSKI (1983)

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

Para cada modelo escolhido, foram considerados parâmetros específicos com interpretação biológica, com peso adulto (A), o índice de maturidade (K), que indica a velocidade de crescimento em relação ao peso adulto final, e o ponto de inflexão (m), momento em que o crescimento desacelera.

Para a identificação do melhor modelo foram utilizados os seguintes avaliadores de ajuste: porcentagem de convergência (C%), coeficiente de determinação (R^2), erro quadrático médio de predição (R^2_{aj}), erro quadrático médio de predição (MEP), critério de Akaike (AIC) e critério de Schwarz (BIC). Os modelos foram ajustados pelo método de Marquardt - método de otimização matemática que resolve o problema de minimização de uma função não linear, encontrando seu mínimo local, utilizando o procedimento PROC MODEL do software SAS® 9.2 (2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios para os pesos corporais, desvio padrão, coeficiente de variação, valor mínimo e valor máximo estão apresentados na tabela 2.

O valor médio de nascimento foi de 32,10, sendo este valor compatível com a literatura para as raças leiteiras especializadas (Nogueira et al., 2021). O ganho de peso observado, nos primeiros 90 dias, foi considerado expressivo (81 kg), o que demonstra a importância da fase de aleitamento para o desenvolvimento ponderal inicial dos animais. Oliveira et al. (2020), afirmam que a qualidade e quantidade da dieta líquida influencia diretamente no crescimento e saúde futura das bezerras.

Outro ponto importante no crescimento de fêmeas leiteiras é entre os 120 e 300 dias de vida. Esta fase coincide com o período de transição de desmama e adaptação ao consumo de alimentos sólidos. Nesta fase os animais passaram de 103,14 kg para 265,43 kg, ou seja, mais do que dobrou no período em questão. Nesta fase, a eficiência alimentar e o adequado fornecimento de concentrado e volumoso de qualidade são determinantes para atingir taxas de crescimento compatíveis com a meta de recria (Bittar et al., 2019).

O coeficiente de variação (C.V.) foi maior, para os pesos iniciais, diminuindo ao longo dos registros de peso, na vida do animal. Essa variação decrescente no C.V., indica maior heterogeneidade no desenvolvimento inicial das bezerras, possivelmente associada a diferenças no manejo de colostro, aleitamento e adaptação alimentar. A partir dos 150 dias, há redução do CV, estabilizando-se entre 5 e 7% após os 300 dias, o que sugere maior uniformidade entre os animais, consequência do efeito cumulativo da nutrição sólida e do ambiente (Costa et al., 2022).

Tabela 2 – Estatística descritiva para os registros de pesos corporais de fêmeas leiteiras do nascimento aos 690 dias de vida.

Dias	Média	D.P,	C.V.	Mínimo	Máximo
P0	32,10	3,80	11,85	29,60	40,40
P30	52,00	7,23	13,91	44,00	62,00
P60	64,29	9,29	14,45	55,00	77,00
P90	81,00	10,28	12,69	66,00	93,00
P120	103,14	7,10	6,89	93,00	113,00
P150	127,57	9,78	7,67	116,00	138,00
P180	149,14	13,66	9,16	132,00	169,00
P210	178,86	16,91	9,45	160,00	203,00
P240	202,43	20,82	10,28	175,00	241,00
P270	226,29	17,50	7,73	205,00	257,00
P300	265,43	19,65	7,40	242,00	302,00
P330	287,71	18,35	6,38	257,00	310,00
P360	340,71	25,29	7,42	293,00	365,00
P390	354,43	20,32	5,73	317,00	372,00
P420	387,00	28,32	7,32	360,00	435,00
P450	383,86	19,53	5,09	361,00	413,00
P480	406,29	21,84	5,38	377,00	435,00
P510	417,43	26,84	6,43	383,00	447,00
P540	436,86	24,69	5,65	406,00	465,00
P570	467,00	26,27	5,63	433,00	503,00
P600	486,71	28,25	5,80	452,00	523,00
P630	501,29	29,20	5,82	463,00	540,00
P660	506,14	22,84	4,51	481,00	535,00
P690	502,29	33,48	6,67	442,00	537,00

Onde D.P.= desvio padrão; C.V. = coeficiente de variação

Entre 360 e 690 dias, o crescimento passa a ser mais moderado, variando de 340,71 kg para 502,29 kg, com menor variação relativa ($CV < 7\%$). Esta fase é crítica para que as novilhas alcancem o peso adequado à puberdade e à primeira cobertura, garantindo precocidade reprodutiva e reduzindo o custo da recria. Para raças leiteiras, recomenda-se que as fêmeas atinjam de 55 a 60% do peso adulto no momento da primeira inseminação (Ferreira et al., 2018), o que parece ser atingível segundo os valores médios observados.

Em termos de aplicação prática, os dados sugerem que o rebanho avaliado apresenta crescimento satisfatório, compatível com padrões zootécnicos desejáveis para sistemas de

produção leiteira intensivos. A manutenção de taxas adequadas de ganho de peso, principalmente nas fases iniciais, é fundamental para reduzir a idade do primeiro parto, otimizar o desempenho produtivo e melhorar a eficiência econômica do sistema (Silva et al., 2020).

Na tabela 3, podemos observar as estimativas dos parâmetros e critérios utilizados para avaliar qual modelo descreveu melhor o crescimento de bezerras leiteiras. Os modelos Meloun I e Weibull apresentaram os menores valores de convergência, R^2 , R^2_{aj} e MEP, isso foi determinante para descartar este modelo.

Tabela 3 – Valores médios dos avaliadores da qualidade de ajuste para bezerras leiteiras.

Modelo	% convergência	R^2	R^2_{aj}	MEP	AIC	BIC
Gompertz	100,0000	0,9919	0,9878	29,7888	196,6669	196,5047
Bertalanffy	100,0000	0,1236	0,3146	11614,1552	199,4755	199,3132
Meloun I	100,0000	-	-	-	317,5092	317,3469
Meloun II	85,7100	0,9834	0,9752	52,8713	215,8152	215,6529
Weibull	100,0000	-	-	-	302,7249	302,5627

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

O modelo que melhor se ajustou foi o de Gompertz (Tabela 3) que apresentou os menores valores de AIC e BIC, mas apresentou também uma porcentagem de convergência alta e valores intermediários de R^2 , R^2_{aj} e MEP. O modelo de von Bertalanffy apresentou uma boa porcentagem de convergência alcançando 100%. O modelo de Meloun II obteve 85% de convergência. Os demais modelos apresentaram bons ajustes.

Autores como Silva et al. (2004) e Fitzhugh (1976) destacam que o ponto de inflexão da curva é crucial, pois representa a fase em que o crescimento é mais eficiente, antes da maturidade, quando há maior deposição de gordura e menor ganho de carne.

Perotto et al. (1997) e Bergamasco et al. (2001) reforçam que modelos como Gompertz e Richards apresentam melhor ajuste para estimar o peso à maturidade de fêmeas leiteiras.

A fundamentação teórica destaca que, além da alimentação e genética, fatores como sexo, ambiente e estação de nascimento influenciam diretamente o crescimento. A coleta e análise sistemática desses dados tornam-se ferramentas valiosas para produtores e pesquisadores. A viabilidade do projeto é garantida pela disponibilidade de infraestrutura e animais no IF Goiano – Campus Morrinhos, dispensando investimentos adicionais em insumos. O campus oferece área, instalações e equipamentos necessários. A expectativa é que os resultados obtidos possam ser aplicados tanto no meio acadêmico quanto na prática produtiva, auxiliando produtores na tomada de decisões e incentivando novos estudos sobre crescimento de bovinos mestiços leiteiros.

CONCLUSÃO

O modelo de Gompertz mostrou-se o mais adequado para descrever a curva de crescimento de bezerras leiteiras $\frac{1}{2}$ Holandês $\frac{1}{2}$ Gir, apresentando o melhor ajuste estatístico aos dados avaliados. O modelo de von Bertalanffy também demonstrou boa convergência, embora com desempenho inferior. Esses resultados reforçaram que a escolha do modelo matemático é fundamental para representar com precisão o desenvolvimento corporal das bezerras, permitindo maior eficiência no acompanhamento zootécnico e subsidiando estratégias de manejo nutricional e reprodutivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERGAMASCO, A. F.; AQUINO, L. H.; MUNIZ, J. A. 2001. Ajuste de modelos não lineares a dados de crescimento de fêmeas da raça Holandesa. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v. 25, n. 2, p. 235-241.
- BITTAR, C. M. M.; FERREIRA, C. S.; PEREIRA, M. N. Nutrição de bezerras leiteiras: avanços e perspectivas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.48, p.e20190030, 2019.
- COELHO, J. G. et al. Análise das relações da curva de crescimento e eficiência produtiva de vacas da raça Holandesa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 12, p. 2230-2236, 2009.
- COFFEY, M. P. Genetic aspects of growth of Holstein-Friesian dairy cows from birth to maturity. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 3, p. 1028–1039, 2006. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72168-3.
- COSTA, D. F. A.; REIS, R. B.; LOPES, F. C. F. Estratégias de manejo nutricional na recria de novilhas leiteiras. **Ciência Animal Brasileira**, v.23, p.e73264, 2022.
- FERNANDES, Emanuela Costa. Curva de Crescimento de Novilhas Holandesas. Viçosa, MG, 2013. [acesso em 11 de set 2025]. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/5974/1/texto%20completo.pdf>.
- FERREIRA, G.; VALADARES FILHO, S. C.; MORAES, L. E. Performance and development of dairy heifers fed with different energy levels. **Journal of Dairy Science**, v.101, n.5, p.4496–4505, 2018.
- FITZHUGH Jr., H.A.; Analysis of Growth Curves and Strategies for Altering Their Shape. **Journal of Animal Science**, v.42 p.1036-1051, 1976.
- FREITAS, Alfredo Ribeiro. Curvas de Crescimento na Produção Animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.786-795, 2005. [acesso em 11 de set 2025]. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/rHfSnXSdtRdPcDqYwVxTwsF/?format=pdf&lang=pt>.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Produção da Pecuária Municipal 2023: valor da produção da pecuária e aquicultura chega a R\$ 122,4
- IBGE; **Valor da produção da pecuária e aquicultura chega a R\$122,4 bilhões em 2023**. Rio de Janeiro: 2024 [acesso em 10 de set 2025]. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de->

noticias/noticias/41352-valor-da-producao-da-pecuaria-e-aquicultura-chega-a-r-122-4-bilhoes-em-2023

LAFLAMME-MICHAUD, L. et al. Characterization of heifer rearing costs and their economic impact on Canadian dairy farms. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 105, n. 1, p. 45–58, 2025.

MARGERISON, J. K. A review of dairy heifer rearing and its effect on heifer performance, longevity, rearing costs and farm income. **BSAP Occasional Publication**, v. 29, p. 1–35, 2004. DOI: 10.1017/S0263967X00040039.

MILKPOINT. IBGE: **2023 apresentou crescimento na produção brasileira total de leite**. 2024. [acesso em 10 de set 2025]. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/panorama-mercado/ibge-2023-apresentou-crescimento-na-producao-brasileira-total-de-leite-237479>.

NOGUEIRA, J. R.; OLIVEIRA, C. A.; MARTINS, P. G. Desenvolvimento ponderal de bezerras em sistemas de produção leiteira. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v.24, n.1, p.15–24, 2021.

OLIVEIRA, D. M.; SANTOS, G. T.; MACHADO, F. S. Nutrition and health in early life of dairy calves: effects on growth and future performance. **Animal Feed Science and Technology**, v.268, p.114603, 2020.

PEREIRA, M. A. et al. Comparação de modelos não lineares para descrever o crescimento de fêmeas leiteiras mestiças taurino x zebu no Nordeste do Brasil. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 67, n. 3, p. 265-273, 2010.

PEROTTO, D.; CASTANHO, M. J. de P.; CUBAS, A. C.; ROCHA, J. L.; PINTO, J. M. Efeitos genéticos sobre as estimativas dos parâmetros das curvas de crescimento de fêmeas bovinas Gir, Guzerá, Holandês x Gir e Holandês x Guzerá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 719-725, 1997. [acesso em 11 de set 2025]. Disponível em: <http://www.sbz.org.br/revista/artigos/104.pdf>.

SILVA, N.A.M. da; AQUINO, L.H. de; SILVA, F.F. e; OLIVEIRA, A.I.G. de. 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. [acesso em 12 de set 2025] Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/XYZTqfq38hJY3pVT7LLXDJn/abstract/?lang=pt>.

SILVA, Fabiane de Lima et al. Curvas de crescimento em vacas de corte de diferentes tipos biológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.3, p.262-271, mar. 2011. [acesso em 11 de set 2025]. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/qQ34RzRGfMSZFYPyJdStw7C/?format=pdf&lang=pt>.

SILVA, R. A.; LOPES, M. A.; CARVALHO, F. M. Impacto da idade ao primeiro parto no desempenho reprodutivo e produtivo de vacas leiteiras. **Revista de Economia e Agronegócio**, v.18, n.1, p.49–67, 2020.

SOMMERSETH, J. K. et al. How increased heifer growth rate and reduced rearing period affect profitability in dairy production systems. **Animal Production Science**, v. 64, p. 122–135, 2024.

VAZ, K. M. et al. Estimates of genetic parameters, growth curve, and heritability in Nellore cattle using non-linear mixed models. **Animals**, v. 14, n. 4, p. 512, 2024. DOI: 10.3390/ani14040512.