



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
MESTRADO EM CIÊNCIA ANIMAL

MARCOS AURELIO VICTOR DE ASSUNÇÃO

**MODELOS DE REGRESSÃO NÃO LINEAR NA AVALIAÇÃO DA CURVA DE
CRESCIMENTO DE OVINOS DA RAÇA MORADA NOVA, VARIEDADE BRANCA**

MOSSORÓ-RN

2024

MARCOS AURELIO VICTOR DE ASSUNÇÃO

**MODELOS DE REGRESSÃO NÃO LINEAR NA AVALIAÇÃO DA CURVA DE
CRESCIMENTO DE OVINOS DA RAÇA MORADA NOVA, VARIEDADE BRANCA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Campus Mossoró-RN, como requisito do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Linha de Pesquisa: Produção e Conservação Animal no Semi-Árido

Orientador: Profa. Dra. Débora Andréa Evangelista Façanha

Co-orientador: Prof. Dr. José Ernandes Rufino de Sousa.

MOSSORÓ-RN

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

AA851 Assunção, Marcos Aurelio Victor.
m Modelos de regressão não linear na avaliação da
curva de crescimento de ovinos da raça Morada
Nova, variedade branca / Marcos Aurelio Victor
Assunção. - 2024.
52 f. : il.

Orientadora: Débora Andréa Evangelista Façanha.
Coorientador: José Ernandes Rufino de Sousa.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Ciência Animal, 2024.

1. Ovinos. 2. Morada Nova. 3. Curva de
Crescimento. 4. TCA. 5. Conservação. I. Façanha,
Débora Andréa Evangelista, orient. II. Sousa,
José Ernandes Rufino de, co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

MARCOS AURELIO VICTOR DE ASSUNÇÃO

**MODELOS DE REGRESSÃO NÃO LINEAR NA AVALIAÇÃO DA CURVA DE
CRESCIMENTO DE OVINOS DA RAÇA MORADA NOVA, VARIEDADE BRANCA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Campus Mossoró-RN, como requisito do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Linha de Pesquisa: Produção e Conservação Animal no Semi-Árido

Defendida em: 29 / 02 / 2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



DEBORA ANDREA EVANGELISTA FACANHA

Data: 01/03/2024 16:34:28-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Débora Andréa Evangelista Façanha (UNILAB)

Presidente

Documento assinado digitalmente



JAIL SOARES BATISTA

Data: 01/03/2024 13:18:58-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jail Soares Batista (UFERSA)

Documento assinado digitalmente



JACINARA HODY GURGEL MORAIS LEITE

Data: 02/03/2024 14:22:36-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa, Dra. Jacinara Hody Gurgel Moraes Leite (UFPB)

Membro Examinador

Ao meu pai, Mácio José Ferreira de Assunção (In Memoriam) que sempre me apoiou na busca por meus sonhos.

A minha mãe Lucimar Victor de Oliveira Assunção e ao meu irmão Max José Victor de Assunção, por todo amor, carinho, incentivo e apoio em todas as minhas escolhas.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me guiar durante toda a minha vida, por abençoar minhas escolhas e me fortalecer para superar as dificuldades.

A minha família, a qual dedico esse trabalho.

A Profa. Dra. Débora Andréa Evangelista Façanha, pela orientação, disponibilidade e atenção durante a elaboração do presente trabalho.

Ao Prof. Dr. José Ernandes Rufino de Sousa, por seus ensinamentos, orientação e contribuições durante o período de minha graduação e Pós-graduação.

Aos colegas que demonstraram notável dedicação e comprometimento, participando ativamente na maioria de nossas coletas de campo: Daniel Caetano, Natanael Felix, Lucas, Mario Jonas, bem como toda a equipe do Laboratório de Genética e Melhoramento Animal (LABGEMA).

Ao PPGCA e seus professores pelos ensinamentos, confiança e cordialidade.

Ao ex-coordenador Moacir Franco e ao atual Marlon Feijó, pelo apoio e esclarecimentos técnicos prestados em momentos de dificuldade.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pelo auxílio financeiro, concedido como bolsa de Pós-graduação em Nível de Mestrado.

A todos os produtores das fazendas: Ovídio Vinagre e Alan e as instituições públicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Universidade Federal do Ceará – UFC e Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB, por terem permitido a coleta em seus animais.

Muito obrigado!

“Lembra que cada um vive exclusivamente o momento presente. O restante, ou já se viveu, ou se é incerto.”

Marco Aurélio

RESUMO

A raça ovina Morada Nova, fundamental para a economia do semiárido do Nordeste brasileiro, destaca-se por sua adaptabilidade e rusticidade. Essa raça exibe um perfil adaptativo notável, especialmente com relação a capacidade de suportar o clima seco predominante na região e manter uma produção eficiente. As fêmeas da raça são reconhecidas por suas qualidades reprodutivas, incluindo precocidade e prolificidade. No entanto, apesar de todas as características intrínsecas da raça, a variedade branca está enfrentando risco de extinção, o que destaca a necessidade de estudos sobre sua produtividade para fundamentar e apoiar esforços de conservação. O presente trabalho teve como foco a obtenção da curva de crescimento da raça Morada Nova, utilizando os modelos não lineares de Brody, Von Bertalanffy, Gompertz e Logístico e analisando os perfis de criação dos rebanhos experimentais. Foram avaliadas 764 observações de 165 animais de quatro núcleos de criação localizados nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, Brasil. Utilizou-se a Análise Discriminante Canônica (ADC) para a análise exploratória e quatro modelos não lineares para o estudo da curva de crescimento, onde avaliou-se o peso desde o nascimento até os 270 dias de idade, a Taxa de Crescimento Absoluto (TCA), e o impacto do sexo nas curvas de crescimento. Os resultados mostraram que o modelo de Gompertz foi o mais eficiente para explicar a curva de crescimento dos ovinos Morada Nova da variedade branca, incluindo diferenças de peso entre os sexos em todas as idades analisadas e um ponto de inflexão antes dos 90 dias. Estas descobertas contribuem para o entendimento do crescimento da raça e auxiliam na formulação de estratégias de conservação.

Palavras-chave: Ovinos. Morada Nova. Curva de Crescimento. TCA. Conservação.

ABSTRACT

The Morada Nova sheep breed, essential for the economy of the semi-arid region in Northeast Brazil, is distinguished by its adaptability and hardiness. This breed demonstrates a remarkable adaptive profile, particularly in its ability to withstand the predominantly dry climate of the region and maintain efficient production. The breed's females are recognized for their reproductive qualities, including precocity and prolificacy. However, despite these intrinsic characteristics, the white variety is facing extinction risk, highlighting the need for productivity studies to support and substantiate conservation efforts. This study focused on determining the growth curve of the Morada Nova breed, using nonlinear models by Brody, Von Bertalanffy, Gompertz, and Logistic, and analyzing the breeding profiles of experimental herds. A total of 764 observations from 165 animals across four breeding centers in the states of Ceará and Rio Grande do Norte, Brazil, were evaluated. Canonical Discriminant Analysis (CDA) was used for exploratory analysis, and four nonlinear models were applied to study the growth curve, assessing weight from birth to 270 days of age, the Absolute Growth Rate (AGR), and the impact of sex on the growth curves. The results showed that the Gompertz model was the most efficient in explaining the growth curve of the Morada Nova sheep, white variety, including weight differences between sexes at all ages analyzed and an inflection point before 90 days. These findings contribute to the understanding of the breed's growth and assist in the formulation of conservation strategies.

Keywords: Sheep. Morada Nova. Growth Curve. AGR. Conservation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Lote de matrizes e cordeiros Morada Nova, variedade branca do núcleo 4, situado em Francisco Dantas, Rio Grande do Norte, Brasil.	32
Figura 2. Identificação e pesagem de ovinos Morada Nova, variedade branca.	33
Figura 3. Curvas de crescimento estimadas pelos modelos Brody, Bertalanffy, Gompertz e Logístico em ovinos Morada Nova, variedade branca.	41
Figura 4. Curvas de crescimento observada e obtida pelo modelo de Gompertz para ovinos Morada Nova, variedade branca em função do sexo.	44
Figura 5. Taxa de Crescimento Absoluto (TCA) em ovinos Morada Nova, variedade branca, obtida pelos modelos Bertalanffy, Brody, Gompertz e Logístico.	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Forma geral das funções não lineares mais utilizadas para descrever o crescimento em animais de produção.	26
Tabela 2. Identificação, localização e descrição dos núcleos de criação estudados.....	31
Tabela 3. Formulas gerais dos modelos não-lineares.	34
Tabela 4. Equações da TCA obtidas a partir dos modelos não lineares.	36
Tabela 5. Estatística descritiva das variáveis Peso e Idade de ovinos Morada Nova brancos	37
Tabela 6. Sumário da Análise Discriminante Canônica conforme o sexo e os núcleos para ovinos da raça Morada Nova, variedade branca.....	38
Tabela 7. Estimativas dos parâmetros da curva de crescimento e os resultados de ajustes de qualidade para os modelos não lineares em estudo.	39
Tabela 8. Estimativas de peso (Kg) de ovinos Morada Nova, variedade branca em diferentes idades (dias) em função do sexo.....	42
Tabela 9. Estimativas dos parâmetros da curva de crescimento e os ajustes de qualidade para os modelos não lineares em função do sexo.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADC	Análise Discriminante Canônica
AIC	Critério de Informação de Akaike
ARCO	Associação Brasileira de Criadores de Ovinos
BIC	Critério de Informação Bayesiano
CENARGEM	Centro Nacional de Pesquisa de Recursos Genéticos e Biotecnologia
DMA	Desvio Médio Absoluto
EMBRAPA	Empresa brasileira de Pesquisa Agropecuária
GLM	Modelo Linear Geral (General Linear Model)
Kg	Quilograma
NLIN	Procedimento de Regressão Não Linear
PN	Peso ao Nascimento
QMR	Quadrado Médio do Resíduo
R^2	Coeficiente de Determinação
R^2_{aj}	Coeficiente de Determinação Ajustado
SAS	Statistical Analysis System
TCA	Taxa de Crescimento Absoluto

LISTA DE SÍMBOLOS

@	Arroba
\$	Cifrão
r	Coefficiente de Correlação
©	Copyright
®	Marca registrada
C%	Percentual de Convergência
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 Geral	17
2.2 Específicos.....	17
3 REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1 A raça Morada Nova e a variedade branca.....	18
3.1.1 Características genéticas e produtivas	19
3.1.2 Importância econômica e cultural.....	20
3.1.3 Conservação e melhoramento genético	21
3.2 Princípios de crescimento e desenvolvimento em ovinos	22
3.3 Modelos não lineares e curvas de crescimento.....	23
3.3.1 Os parâmetros e sua importância.....	26
3.3.2 Critérios de qualidade na seleção de modelos Não Lineares.....	28
3.4 Taxa de crescimento e seus determinantes	29
4 MATERIAL E MÉTODOS	31
4.1 Origem dos dados	31
4.2 Dados coletados.....	33
4.3 Análise estatística exploratória.....	33
4.4 Curva de crescimento e Taxa de Crescimento Absoluto (TCA)	34
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
5.1 Análise exploratória dos dados.....	37
5.2 Curva de Crescimento e Taxa de Crescimento Absoluto (TCA)	39
6 CONCLUSÃO.....	47
REFERENCIAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

A diversidade de raças ovinas desempenha um papel crucial na pecuária, principalmente na escolha estratégica dos produtores em relação às raças que melhor atendem às exigências do mercado e às condições específicas de produção. Isso inclui fatores como a disponibilidade de recursos e a competência na gestão. É fundamental compreender as características únicas de cada raça, o que pode ser alcançado por meio de estudos detalhados e com a ajuda de técnicos especializados. Essa compreensão permite aos produtores selecionar a raça ou a combinação de raças mais apropriadas para o cenário de produção e mercado em que estão inseridos.

Dentro desse panorama, a raça Morada Nova desponta como um recurso genético significativo, adaptado à região semiárida do Nordeste brasileiro. Caracteriza-se pela sua excelente capacidade produtiva e reprodutiva em sistemas de criação extensiva, especialmente no bioma da caatinga. As fêmeas desta raça são notáveis pela precocidade, prolificidade e habilidade materna (Facó et al., 2008). Além disso, demonstram uma eficiente resposta fisiológica às condições de calor da região (Leite et al., 2018) e uma dinâmica de controle eficaz dos principais endoparasitas gastrintestinais (Ferreira et al., 2017).

A raça Morada Nova, reconhecida pela ARCO, apresenta três variedades distintas quanto à cor da pelagem: vermelha, preta e branca. Atualmente, a variedade branca enfrenta uma preocupante fragilidade populacional, evidenciando a urgente necessidade de iniciativas focadas na sua conservação, no melhoramento genético e na viabilização econômica dentro dos sistemas de produção animal (Nunes et al., 2020).

O estudo das curvas de crescimento é fundamental na produção animal, abrangendo aspectos produtivos, reprodutivos e de seleção. Além de fornecer percepções sobre o crescimento em espécies, raças ou cruzamentos específicos, é essencial para a conservação de raças nativas. Curvas de crescimento, descritas através de modelos matemáticos não lineares, simplificam o relacionamento entre peso e idade em um conjunto conciso de parâmetros, facilitando a interpretação e compreensão do fenômeno.

Estas curvas representam ferramentas valiosas no descrever do desenvolvimento animal, possibilitando a adoção de estratégias eficientes de seleção, nutrição, reprodução e conservação baseadas nos dados obtidos. Essas estratégias permitem que os produtores adaptem seus sistemas de criação às particularidades de manejo e genética de seus rebanhos.

Neste contexto, raças locais como a Morada Nova ganham relevância significativa como foco de estudo, devido ao seu valor intrínseco na região e sua contribuição para aumentar a competitividade no mercado ovino. O incentivo a programas de seleção e gestão populacional,

aliado a pesquisas direcionadas ao desenvolvimento destas raças, é fundamental. Sob essa perspectiva, uma análise das curvas de crescimento e seus parâmetros associados surge como uma ferramenta indispensável para a conservação. Tal análise proporciona um entendimento abrangente do desenvolvimento, da taxa de crescimento e dos perfis de manejo ideais, sendo crucial não apenas para entender as características específicas destas raças, mas também para aprimorar práticas de cruzamento e explorar sua capacidade adaptativa ao ambiente semiárido.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

- Avaliar a curva de crescimento, a taxa de crescimento absoluto (TCA) e o efeito do sexo na curva de crescimento dos ovinos Morada Nova, variedade branca, utilizando quatro modelos não lineares.

2.2 Específicos

- Avaliar o efeito do sexo e núcleos de criação no peso dos animais.
- Identificar o melhor modelo para descrição da curva de crescimento dos ovinos Morada Nova da variedade branca.
- Determinar a Taxa de Crescimento Absoluto (TCA) dos ovinos Morada Nova, variedade branca.
- Investigar o efeito do Sexo sobre a curva de crescimento.
- Utilizar os resultados obtidos para informar e aprimorar estratégias de conservação e programas de melhoramento genético, visando a sustentabilidade e eficiência da ovinocultura na região semiárida do Nordeste brasileiro.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A raça Morada Nova e a variedade branca

A raça ovina Morada Nova, resultante do cruzamento entre ovinos bordaleiros lanados europeus e deslanados africanos introduzidos pelos colonizadores (Figueiredo et al., 1980), adaptou-se de forma notável ao ambiente do Nordeste brasileiro. Esta adaptação ocorreu através de processos naturais, como a seleção natural, resultando em características marcantes de rusticidade e resistência ao calor intenso, vitais para a sobrevivência em condições ambientais adversas.

A Morada Nova apresenta pelagens que variam do vermelho, branco ao preto, e é caracterizada por um porte físico menor em relação a outras raças ovinas. Estas características físicas, em combinação com atributos genéticos particulares, conferem a estes animais um papel valioso como recurso zoogenético adaptado ao semiárido nordestino.

Além de suas notáveis características físicas, a raça Morada Nova destaca-se por sua genética robusta. Esta robustez genética confere aos animais uma capacidade única de sobrevivência e prosperidade em ambientes desafiadores. Ferreira et al. (2017) e Leite et al. (2018) ressaltam a eficiência da raça no controle de endoparasitas gastrointestinais e sua adaptabilidade à temperatura regional, mantendo bons níveis de produtividade mesmo em condições adversas.

Entretanto, apesar de todos esses atributos, a raça Morada Nova, incluindo sua variedade branca, ainda é subvalorizada nos sistemas de produção. Esse fenômeno deve-se, principalmente, ao pequeno porte e peso dos animais, que, segundo a Associação Brasileira de Criadores de Ovinos (ARCO), varia entre 30 a 50Kg. Esse pequeno porte foi, por muitos anos, erroneamente interpretado como uma característica negativa. Esta interpretação equivocada, aliada à falta de escrituração zootécnica e a um controle financeiro deficiente entre os criadores, tem limitado a propagação de informações precisas sobre a produtividade e rusticidade da raça (Nunes et al., 2020).

Consequentemente, apesar de sua ampla distribuição, principalmente no Nordeste, a raça Morada Nova representa apenas cerca de 4% do total de ovinos da região. Esta estatística, conforme apontada por Ferreira et al. (2017), ressalta a necessidade urgente de reavaliar o potencial dessa raça na ovinocultura nordestina. Com suas características adaptativas, a Morada Nova tem o potencial de desempenhar um papel mais significativo na ovinocultura da região,

fomentando práticas sustentáveis e economicamente viáveis para os pequenos e médios criadores, caso seu valor seja mais amplamente reconhecido e suas qualidades, mais efetivamente aproveitadas.

3.1.1 Características genéticas e produtivas

As raças adaptadas localmente, desenvolvidas desde o período da colonização, exibem uma capacidade significativa para resistir às adversidades climáticas. Esta resistência deve-se, em grande parte, à presença de genes únicos e combinações genéticas específicas. Esses atributos genéticos são fundamentais e devem ser considerados em programas de reprodução, conforme indicado por Leite et al. (2021).

Paiva et al. (2006) destacou isso, mostrando, através do estudo de um polimorfismo de base única (SNP), características genéticas únicas das raças nativas, apesar de semelhanças mitocondriais com raças europeias, ressaltando a complexidade e singularidade das raças ovinas localmente adaptadas.

Originária do cruzamento de raças introduzidas durante o período da colonização, a raça Morada Nova apresenta capacidades notáveis para a produção em regiões semiáridas, especialmente em sistemas de produção extensivo. Nesse contexto, os animais demandam menos cuidados, o que se traduz em custos operacionais mais baixos para os produtores.

Pesquisas de 2020, incluindo um estudo de Nunes (2020), sobre a variedade branca da Morada Nova, revelaram aptidão para a produção de carne. Diferentemente de raças originárias de climas temperados, os animais da raça Morada Nova mantêm produtividade em amplas áreas de pastagem com mínima intervenção dos criadores, mesmo durante períodos de escassez de forragem, como o período seco no Nordeste. Isso os posiciona entre as raças mais rústicas para criação em regiões semiáridas.

Enquanto estudos sobre seu desempenho em sistemas intensivos de produção são escassos, Malhado et al. (2009) analisaram curvas de crescimento em animais F1, resultantes do cruzamento entre Morada Nova e Dorper, constatando maior peso em comparação com outros cruzamentos. Achados como esse destacam a relevância da raça Morada Nova tanto pura quanto em cruzamentos voltados para a produção de carne.

O estudo de Nunes (2020), também destacou a importância de promover a gestão da população existente, alertando para a baixa diferenciação genética entre subpopulações, o que pode levar à perda de características produtivas específicas. Para aumentar a variabilidade genética e conservar a raça, é essencial selecionar animais reprodutores com base em mérito

genético, visando à produção de progênes superiores, conforme sugerido por Nunes (2020). Tal abordagem beneficiará a cadeia produtiva, valorizando as qualidades únicas da raça Morada Nova.

Em resumo, é essencial a organização efetiva entre os criadores da raça Morada Nova. Tal organização deve priorizar o fornecimento de informações confiáveis, a valorização e o aprimoramento genético da raça. Estas medidas são fundamentais para otimizar a produção ovina em regiões semiáridas. Além disso, contribuem significativamente para a eficiência na conservação deste importante recurso zoogenético.

3.1.2 Importância econômica e cultural

A utilização de raças adaptadas apresenta um potencial significativo para otimizar o ciclo econômico da pecuária entre pequenos e médios produtores na região Nordeste. Essa otimização ocorre por meio da comercialização e permuta de animais, práticas que, além de potencializar a variabilidade genética dos rebanhos, também contribuem para a dinamização da economia local. Ademais, a venda de produtos derivados desses animais, cujo custo de produção é inferior ao de raças exóticas, representa outra fonte de renda para as comunidades e produtores da região.

Santos et al. (2023) observaram que, até recentemente, a produção de ovinos e caprinos no Brasil estava limitada a regiões menos desenvolvidas e se concentrava exclusivamente na obtenção de carne, leite e pele. Essa restrição estava largamente associada às adversidades ambientais e à escassez de incentivo para a adoção de práticas avançadas nesse setor. No entanto, algumas mudanças vêm ocorrendo no semiárido do Nordeste brasileiro, onde a ovinocaprinocultura desponta como uma das atividades mais promissoras e adequadas para os habitantes locais. Esse potencial se deve principalmente à utilização das raças caprinas e ovinas nativas, que por sua adaptação e rusticidade, prosperam nas condições climáticas específicas da região. Esses animais demonstram uma resiliência notável, podendo ser criados em áreas menos férteis e geralmente impróprias para a agricultura, aproveitando assim terras que, de outro modo, permaneceriam ociosas e improdutivas (Santos et al., 2023).

Essa dinâmica econômica, se impulsionada pelas raças adaptadas, constitui um aspecto crucial para o desenvolvimento sustentável da ovinocultura no Nordeste brasileiro. Quando aliada a um sistema eficiente de gestão e controle de dados, a utilização dessas raças pode significativamente aprimorar a produção, trazendo benefícios econômicos substanciais para as famílias e criadores envolvidos.

Dentro desse contexto, a raça Morada Nova, que serve como um exemplo emblemático das raças adaptadas ao semiárido, exibe atributos notáveis tanto na produção quanto na reprodução, especialmente quando inserida em sistemas extensivos de criação. Esta raça se destaca particularmente no bioma da caatinga, uma região que impõe desafios únicos devido às suas condições climáticas extremas, conforme evidenciado pelos estudos de Silveira et al. (2021). As características da raça Morada Nova incluem uma elevada eficiência produtiva e reprodutiva, mesmo sob condições desafiadoras, evidenciando uma extraordinária adaptação e resiliência no contexto específico do semiárido brasileiro.

3.1.3 Conservação e melhoramento genético

Facó et al. (2008) e Nunes et al. (2020) destacam uma preocupante tendência no Nordeste brasileiro: apesar das vantagens genéticas das raças ovinas localmente adaptadas, como a Morada Nova e sua variedade branca, seus rebanhos estão em declínio. Esse fenômeno ocorre em contraste com o crescimento do efetivo ovino geral, impulsionado pela preferência por raças exóticas, teoricamente mais produtivas, mas menos adaptadas ao Semiárido. Essa inclinação para raças exóticas e cruzamentos indiscriminados ameaça a diversidade genética e a adaptabilidade dessas raças nativas, fundamentais para a sustentabilidade da pecuária na região.

Segundo a FAO (2007), a perda de recursos genéticos animais em alguns países pode restringir o desenvolvimento das economias rurais. Essa perda não apenas tem impactos econômicos, mas também sociais e culturais significativos, considerando a longa história de domesticação e a integração dos animais na cultura das comunidades. Por isso, é importante que a conservação de raças locais seja considerada dentro de um contexto mais amplo, que inclua o suporte às comunidades rurais e a manutenção de suas bases econômicas.

Segundo Nunes et al. (2020), a seleção praticada por criadores da raça Morada Nova tende a enfatizar as características fenotípicas que atendem ao padrão racial estabelecido, selecionando os animais principalmente pela aparência, independente do seu potencial genético para atributos produtivos. Esse enfoque pode comprometer a eficiência produtiva dos animais. Idealmente, a seleção para reprodução deveria priorizar características produtivas com base no mérito genético, permitindo assim a propagação e combinação dos genótipos mais favoráveis. Dessa forma, seria possível obter progênies melhores para atender às demandas da cadeia produtiva. Shiotsuki et al., (2016) destacaram que os critérios de seleção atuais para a raça

Morada Nova estão diminuindo a variabilidade genética, o que impacta negativamente no peso ao nascer dos animais.

Portanto, revisar os critérios de seleção da raça Morada Nova é essencial para a conservação e o melhoramento genético, considerando a diversidade de suas variedades. Tal revisão visa atender às necessidades produtivas, essenciais para a economia dos pequenos e médios produtores do Nordeste do Brasil. Ressalta-se ainda a necessidade de promover pesquisas que forneçam informações detalhadas sobre as características produtivas desta raça. A disseminação desses conhecimentos entre os criadores se torna fundamental para estimular práticas de manejo e sistemas produtivos mais eficazes e adaptados às particularidades da ovinocultura na região.

3.2 Princípios de crescimento e desenvolvimento em ovinos

O crescimento e o desenvolvimento de ovinos são fenômenos complexos, influenciados por uma combinação de fatores genéticos e ambientais. A compreensão desses padrões é essencial, especialmente ao considerar a diversidade de raças e práticas de manejo. Com o avanço das tecnologias computacionais e o aumento do foco em pesquisa de nutrição e produção animal, os estudos neste campo têm se tornado cada vez mais relevantes. É crucial distinguir, contudo, que crescimento e desenvolvimento, apesar de serem termos literariamente sinônimos, possuem significados diferentes sob uma perspectiva fisiológica, conforme destacado por Selaive-Villarreal & da Silveira Osório (2000).

No contexto genético, o estudo de Quesada et al. (2002) revela que a raça e o peso ao nascer são determinantes significativos no crescimento dos animais. Este achado ressalta a importância de compreender a influência genética no desenvolvimento dos ovinos, onde características como a capacidade de conversão alimentar e a qualidade da lã (em ovinos lanados) variam substancialmente entre as raças.

Além da genética, a fisiologia do crescimento é fortemente influenciada por fatores endócrinos, moleculares e bioquímicos. Hormônios, incluindo o de crescimento e da tireoide, desempenham um papel crucial em várias fases do desenvolvimento, afetando o crescimento diferencial das partes do corpo (Dukes, Swenson & Reece, 1996). Através de avaliações alométricas, é possível observar meticulosamente essa diferenciação. Tais avaliações levam em consideração as influências hormonais, nutricionais e ambientais, permitindo um entendimento mais profundo de como estes fatores interagem e afetam o desenvolvimento orgânico (Selaive-Villarreal & da Silveira Osório, 2000).

Passando dos aspectos hormonais para a nutrição, a avaliação do impacto nutricional no crescimento animal envolve o uso de várias métricas. Estudos como os de Rohr e Daenicke (1984) e Gionbelli et al. (2015) destacam a importância do peso corporal e do ganho de peso na determinação das exigências nutricionais. Essas variáveis são frequentemente utilizadas tanto em condições práticas de manejo quanto em ensaios experimentais destinados à avaliação de dietas e ao desempenho dos animais.

As necessidades nutricionais dos animais variam conforme diversos fatores, incluindo a raça, o propósito para o qual são criados (categoria de produção), a idade, o tamanho do corpo e as condições ambientais (Houston & Pinchak, 1991). O cordeiro é a categoria de ovinos que oferece a melhor qualidade de carne, possuindo a melhor eficiência de produção devido a sua alta velocidade de crescimento. Na fase de crescimento, os cordeiros apresentam um rápido ganho de peso e, conseqüentemente, as exigências nutricionais são aumentadas (Ribeiro et al., 2006). Portanto, é importante que os produtores estejam bem informados sobre as exigências nutricionais dos ovinos, a fim de atender adequadamente às suas necessidades específicas em todas as fases de crescimento. A adequação da dieta não apenas assegura um desenvolvimento saudável e rápido, mas também maximiza a eficiência na produção de carne de alta qualidade. Este entendimento é vital para a tomada de decisões informadas no manejo nutricional dos rebanhos, impactando diretamente na lucratividade e sustentabilidade da produção ovina.

3.3 Modelos não lineares e curvas de crescimento

O estudo das curvas de crescimento é vital na produção animal, desempenhando um papel central na compreensão de aspectos produtivos, reprodutivos e de seleção. Estas curvas oferecem percepções essenciais sobre o desenvolvimento de espécies, raças ou cruzamentos específicos, e são fundamentais na conservação de raças nativas. Utilizadas extensivamente em pesquisas, as curvas de crescimento mapeiam o desenvolvimento animal ao longo do tempo, fornecendo dados cruciais para a formulação de dietas e a determinação da idade ótima de abate, como observado por Malhado et al. (2008).

Para modelar estas curvas, recorre-se a modelos matemáticos não lineares, que correlacionam peso e idade de forma empírica. Esses modelos resumem séries complexas de dados em parâmetros mais gerenciáveis, simplificando a análise do crescimento, conforme explicado por Oliveira et al. (2000). Modelos não lineares, caracterizados por terem ao menos uma derivada parcial dependente de um parâmetro do modelo, são fundamentais na literatura científica para descrever o crescimento animal, e têm sido extensivamente estudados e

propostos por pesquisadores. Segundo Fernandes et al. (2015), os modelos mais utilizados na descrição do crescimento animal incluem os de Brody, Von Bertalanffy, Richards, Logístico e Gompertz. Estes são amplamente adotados na pesquisa científica devido à sua eficácia em detalhar as complexidades associadas ao crescimento animal.

No contexto dos ovinos da variedade branca da raça Morada Nova, existe uma lacuna quanto aos estudos sobre os modelos mais eficazes para analisar as curvas de crescimento em diferentes sistemas de criação. É necessário identificar quais modelos se ajustam melhor às curvas observadas e analisar as características de crescimento desses animais. Após a seleção do modelo mais adequado ao padrão de crescimento dos animais, é fundamental estudar os parâmetros descritivos para identificar fatores influenciadores nas curvas, tais como raça, sexo, tipo de nascimento, época e ano do nascimento, e idade materna no parto. Essas informações são importantes pois permitem ajustar o padrão de crescimento dos animais estudados (Sarmiento et al., 2006).

Portanto, a implementação de curvas de crescimento na caracterização do desenvolvimento animal é crucial para o avanço da agropecuária. Este método proporciona uma base científica sólida para a implementação de estratégias otimizadas em áreas críticas como seleção, nutrição, reprodução e conservação de raças. Um entendimento aprofundado dos padrões de crescimento animal capacita os produtores a fazerem escolhas mais informadas e adaptativas nos sistemas de criação.

Dentro da pesquisa sobre crescimento em animais de produção, prevalecem como modelos não lineares mais adotados o modelo de Brody (Brody, 1945), de Von Bertalanffy (Bertalanffy, 1957), Gompertz (Laird, 1965), o Logístico (Nelder, 1961) e o de Richards (Richards, 1959). Os primeiros quatro modelos são caracterizados por, normalmente, apresentarem 3 parâmetros fundamentais, enquanto o modelo de Richards se distingue por incluir um quarto parâmetro, representando uma síntese integrativa dos outros quatro modelos.

Segundo Elias et al. (1998), embora o modelo de Richards seja teoricamente superior às demais funções no ajuste de curvas de crescimento, há circunstâncias em que a natureza dos dados ou a limitação no volume de registros pode favorecer a aplicação de funções com apenas três parâmetros. É importante ressaltar que, apesar de fornecer um ajuste mais preciso, a complexidade inerente ao modelo Richards resulta em uma maior dificuldade de ajuste ou convergência.

Entre os cinco modelos não lineares mais empregados, o modelo de Gompertz se destaca como sendo particularmente adequado para descrever o crescimento de organismos vivos (Elias et al., 1998). Essa preferência fundamenta-se principalmente na observação de que a capacidade

média de crescimento, avaliada pela velocidade relativa de aumento, geralmente diminui a uma taxa aproximadamente constante. Esse padrão resulta em curvas sigmoides assimétricas, típicas desse modelo (Fonseca, 1991).

O modelo Brody é recomendado para uso em animais adultos (Brody, 1945), especialmente porque, ao não apresentar um ponto de inflexão, é mais adequado para descrever fases de crescimento linear ou uniforme, ao invés de fases de crescimento acelerado típicas dos estágios iniciais da vida (Eisen et al., 1969).

De acordo com Fonseca (1991), o modelo Logístico, proposto inicialmente em 1838, foi idealizado para descrever o crescimento de populações. Sua principal característica é um ponto de inflexão fixo, localizado na metade do peso final, resultando em uma curva simétrica ao redor desse ponto.

O modelo Von Bertalanffy, proposto inicialmente para descrever o crescimento de peixes e crustáceos, apresenta uma curva similar à do modelo de Gompertz. Ele foi desenvolvido com base na premissa de que o crescimento de um organismo resulta do equilíbrio entre as taxas de anabolismo e catabolismo nos tecidos (Bertalanffy, 1957).

O modelo de Richards foi desenvolvido visando a generalização dos modelos de crescimento mais prevalentes, incorporando um quarto parâmetro que influencia a forma da curva e estabelece um ponto de inflexão variável. Conforme o valor atribuído a esse parâmetro, a função de Richards pode assumir configurações similares aos demais modelos com ponto de inflexão fixo (Elias et al., 1998).

Considerando uma gama de variáveis como número de observações, idade, sexo, raça, manejo e espécie, a adequação de um modelo específico para descrever curvas de crescimento pode variar significativamente. No estudo conduzido por Freitas et al. (2007), observou-se uma maior versatilidade dos modelos Logístico e Bertalanffy. O modelo Logístico se mostrou eficaz na estimativa de peso em todas as espécies examinadas, enquanto o modelo de Bertalanffy não foi compatível com os dados de crescimento de camarões. Para frangos, as variações aplicadas dos modelos Gompertz e Logístico, assim como o modelo de Bertalanffy, demonstraram um ajuste satisfatório. Em caprinos, os modelos de Brody, Logístico e Von Bertalanffy se destacaram pela adequação, e para ovinos, o ajuste foi similar ao de caprinos, excetuando-se o modelo Logístico. De maneira geral, todos os modelos analisados tendiam a superestimar tanto o peso inicial quanto o peso final nas espécies observadas indicando uma necessidade de refinamento para precisão em futuras aplicações.

3.3.1 Os parâmetros e sua importância

As curvas de crescimento possuem uma variedade de aplicações significativas na produção animal, sendo um elemento central na compreensão e manejo do desenvolvimento dos animais. Uma das principais funcionalidades dessas curvas é a capacidade de sintetizar, em apenas três, quatro ou cinco parâmetros, as características essenciais de crescimento de uma população, subpopulação ou mesmo de um indivíduo. Esta síntese é particularmente valiosa, pois alguns modelos não lineares adotados podem ser interpretados biologicamente, oferecendo entendimentos sobre aspectos fundamentais como maturidade e taxa de crescimento, conforme observado por Freitas (2005).

Além disso, as curvas de crescimento permitem a identificação de animais com desempenho superior dentro de uma população, caracterizados por atingirem um peso mais elevado em menor idade. Esta informação é crucial e pode ser derivada pela análise do relacionamento entre os parâmetros das curvas de crescimento. Outra aplicação relevante, destacada por Freitas et al. (2007), é a capacidade de estudar as interações e respostas das subpopulações ao longo do tempo, possibilitando uma compreensão detalhada das variações tanto entre quanto dentro dos indivíduos de uma população.

A tabela abaixo detalha os cinco modelos não lineares mais utilizados, suas respectivas formulas e parâmetros.

Tabela 1. Forma geral das funções não lineares mais utilizadas para descrever o crescimento em animais de produção.

Modelo	Forma geral
Brody	$y = A (1 - Be^{-kt}) + \varepsilon$
Von Bertalanffy	$y = A (1 - Be^{-kt})^3 + \varepsilon$
Logístico	$y = A (1 + Be^{-kt})^{-1} + \varepsilon$
Gompertz	$y = Ae^{-be^{-kt}} + \varepsilon$
Richards	$y = A (1 - Be^{-kt})^m + \varepsilon$

Os parâmetros utilizados nas funções possuem os seguintes significados (Elias. 1998):

Y = Peso corporal em Kg, na idade t , expresso em dias após o nascimento;

A = Peso assintótico superior, representa o peso médio na maturidade, livre das variações sazonais. É, em geral, interpretado como o peso adulto;

K = Taxa de maturidade, refletindo a velocidade com que o animal se aproxima do peso adulto. Valores altos indicam maturidade precoce; valores baixos, maturidade tardia;

B = Constante de integração e está relacionada com os pesos iniciais do animal. Reflete o grau de maturidade do animal ao nascimento ($t=0$);

e = Base do logaritmo natural;

m = Determina a proporção do tamanho final (A) no ponto de inflexão da curva, influenciando a forma da curva e o ponto de inflexão.

Os principais parâmetros utilizados nos modelos não lineares clássicos são o parâmetro “ A ” que representa uma estimativa do peso assintótico ou peso máximo teórico que o animal pode atingir quando o tempo (t) se aproxima do infinito. Em situações onde o peso adulto do animal ainda não foi alcançado, o parâmetro “ A ” indica a projeção estimada do peso nas medições mais recentes. Este parâmetro é crucial, pois oferece uma visão preditiva sobre o potencial de crescimento do animal, permitindo aos pesquisadores e produtores um planejamento mais eficaz baseado na expectativa de crescimento a longo prazo.

O parâmetro “ B ” não possui interpretação biológica precisa, porém é imprescindível na modelação da curva desde o nascimento até a idade adulta. O parâmetro “ K ” é entendido como a taxa de maturidade pós-natal. Biologicamente, este índice é um indicador da velocidade com que o animal se aproxima do seu peso adulto, atuando como uma medida da rapidez da mudança na velocidade de ganho de peso. Em termos práticos, valores elevados de “ K ” sugerem uma maturidade precoce, significando que o animal atinge seu peso adulto mais rapidamente. Por outro lado, valores baixos indicam uma maturidade mais tardia, ou seja, um desenvolvimento mais lento até alcançar o peso adulto. Calculando-se K^{-1} obtém-se o intervalo de tempo gasto para atingir a maturidade (Fitzhugh, 1976).

Seguindo essa linha de análise, o parâmetro “ M ” assume um papel complementar na modelagem do crescimento animal. “ M ” é definido como o valor que indica em que proporção do tamanho final, representado pelo parâmetro “ A ”, ocorre o ponto de inflexão da curva de crescimento. Essencialmente, “ M ” determina a forma da curva de crescimento, influenciando diretamente o ponto onde a taxa de crescimento do animal muda mais rapidamente (Elias et al., 1998). A fixação deste parâmetro é, portanto, um fator determinante na caracterização do padrão de crescimento do animal, permitindo aos pesquisadores uma compreensão mais aprofundada das dinâmicas de crescimento e desenvolvimento.

Resumidamente, os parâmetros ‘ A ’, ‘ B ’, ‘ K ’ e ‘ M ’ são cruciais nos modelos não lineares clássicos para entender e prever com precisão o desenvolvimento animal. Cada um desses parâmetros tem uma função específica: desde estimar o peso máximo teórico até definir a

velocidade de maturidade e a forma da curva de crescimento. Esses parâmetros são, assim, ferramentas fundamentais para produtores e pesquisadores, auxiliando no planejamento eficiente e na tomada de decisões estratégicas na gestão de rebanhos. A habilidade de prever com exatidão o crescimento e o desenvolvimento dos animais demonstra a eficácia destes modelos matemáticos, ressaltando sua significativa contribuição para a agropecuária e a pesquisa em zootecnia.

3.3.2 Critérios de qualidade na seleção de modelos Não Lineares

Na pesquisa científica, particularmente no estudo de crescimento de diversas espécies, a seleção apropriada de um modelo não linear é crucial. Esta escolha depende da análise cuidadosa dos dados fornecidos pelo pesquisador e visa encontrar o modelo que melhor representa o padrão de crescimento da população em estudo. O entendimento profundo e preciso deste crescimento é vital para a interpretação correta dos resultados da pesquisa.

Para garantir a acurácia do modelo escolhido, é importante aplicar critérios de seleção rigorosos. Estes critérios devem assegurar que o modelo não apenas se ajuste de forma adequada aos dados observados, mas também reflita a realidade biológica da população (Weber et al., 2021). Entre os métodos utilizados para determinar o ajuste mais apropriado, destacam-se a análise de resíduos e desvios, bem como outros métodos estatísticos relevantes. Além disso, fatores como o número de indivíduos na população analisada, a complexidade inerente aos modelos em questão e a análise gráfica dos resultados são considerações fundamentais.

Um dos critérios utilizados na determinação do modelo mais eficaz é o Percentual de Convergência (C%). A convergência é atingida quando métricas específicas, como deslocamento relativo ou variação máxima entre estimativas sucessivas de parâmetros, ficam abaixo de um limiar predefinido. Isso indica que o algoritmo obteve a solução ótima (Archontoulis et al., 2015). Se a convergência não ocorre, possíveis causas incluem a escolha inadequada dos valores iniciais ou a inaptidão do modelo selecionado para representar adequadamente os dados em análise.

A partir da convergência, outro ponto importante é avaliar o ajuste dos modelos não lineares aos dados. Para tal, desenvolve-se uma metodologia abrangente, que frequentemente inclui a análise de resíduos, isto é, a comparação entre os valores observados e os previstos pelo modelo (Elias, 1998). Essa avaliação é reforçada por testes estatísticos e procedimentos gráficos.

Indicadores de um ajuste de qualidade em modelos não lineares incluem o Desvio Médio Absoluto (DMA), o Quadrado Médio do Resíduo (QMR), e os Coeficientes de Determinação (R^2 e R^2_{aj}). O DMA avalia a média da magnitude dos erros do modelo, enquanto o QMR, que é a soma dos quadrados dos resíduos dividida pelo número de observações, estima a variância residual, com valores menores indicando um ajuste melhor. O R^2 mede a correlação entre os valores observados e estimados, indicando a capacidade do modelo de explicar a variação dos dados. O R^2_{aj} , por sua vez, ajusta o R^2 para os graus de liberdade do modelo, considerando o número de preditores e o tamanho da amostra. Em ambos os casos, valores mais próximos de 1 demonstram um melhor ajuste do modelo aos dados.

Segundo Fitzhugh Jr. (1976), a identificação do modelo não linear mais adequado geralmente envolve vários critérios comparativos. Estes incluem a interpretação biológica dos parâmetros de cada modelo, o melhor ajuste dos dados - evidenciado pelo menor desvio residual - e a eficácia na convergência dos dados. Além disso, outros critérios frequentemente empregados são o teste t de Student, aplicado às estimativas dos parâmetros (Ratkowsky, 1983), bem como o Critério de Informação Bayesiano (BIC) e o Critério de Informação de Akaike (AIC), como destacado por Archontoulis et al. (2015).

Levando em conta os critérios anteriormente mencionados para a escolha do modelo mais apropriado, é importante destacar que a decisão final depende do equilíbrio entre diversos aspectos. Esses incluem não só a precisão do ajuste do modelo aos dados observados, mas também sua capacidade de interpretar eficazmente as variáveis em análise. Portanto, os modelos ideais são aqueles que não apenas se alinham estreitamente aos dados, mas também fornecem uma representação significativa e coerente das variáveis estudadas.

3.4 Taxa de crescimento e seus determinantes

A análise e previsão da taxa de crescimento em animais, como enfatizado por Fitzhugh Jr. (1976), desempenham um papel fundamental na produção animal. Estas equações preditivas não só estimam a taxa de crescimento, mas também delineiam as exigências nutricionais e a eficácia da seleção genética. A taxa de crescimento é um dos aspectos centrais desta análise, pois fornece aos produtores informações vitais sobre o desenvolvimento do rebanho, permitindo a seleção de animais cujas taxas de crescimento estejam alinhadas com os objetivos específicos de produção.

Além disso, a compreensão da taxa de crescimento ajuda a determinar o momento ideal para a introdução de suplementos alimentares, especialmente quando se observa uma

desaceleração no crescimento. A taxa de crescimento absoluto é calculada utilizando a primeira derivada de modelos não lineares em relação ao tempo (dY/dt), um método proposto por Brown et al. (1976), que oferece uma abordagem quantitativa precisa para avaliar o crescimento dos animais.

O estudo da taxa de crescimento traz consigo informações importantes como a identificação do ponto de inflexão, um marco crítico onde a taxa de crescimento se desloca de uma função crescente para uma decrescente. Este ponto, conforme destacado por Brown et al. (1976), representa o ápice da taxa de crescimento, dividindo a curva de crescimento em duas fases distintas: a “fase de crescimento acelerado” e a “fase de crescimento inibitório”, conforme descrito por Brody em 1945.

Para uma análise mais direta, a taxa de crescimento absoluta (TCA), ou ganho médio diário (GMD), é frequentemente usada. Ela é definida como o aumento de peso diário, geralmente expresso em quilogramas por dia (Kg/dia). Este valor pode ser calculado por uma fórmula menos prática:

$$\text{GMD} = \delta Y / \delta t = (Y_2 - Y_1) / (t_2 - t_1).$$

Finalmente, é importante reconhecer, conforme apontado por Elias et al. (1998), que diversos fatores influenciam a taxa de crescimento dos ovinos. Estes incluem aspectos genéticos, ambientais, o sexo ou estado de castração do animal, além de nutrição e tratamentos específicos. A compreensão desses fatores é essencial para otimizar o gerenciamento dos rebanhos, o que resulta em informações mais precisas e confiáveis sobre o crescimento dos animais.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Origem dos dados

Foram coletados dados de pedigree e produtivos relacionados a pesagens de 165 ovinos da raça Morada Nova da variedade branca, pertencentes a 4 unidades de criação situadas nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará, distribuídos conforme a **Tabela 2**.

Tabela 2. Identificação, localização e descrição dos núcleos de criação estudados.

Cidade	Estado	Núcleos	Longitude	Latitude	Altitude (m)
Redenção	CE	1	50° 01' 22" Oeste	08° 02' 35" Sul	228
Fortaleza	CE	2	38° 32' 36" Oeste	03° 43' 06" Sul	18
Gov. Dix-Sept Rosado	RN	3	37° 31' 16" Oeste	05° 27' 34" Sul	34
Francisco Dantas	RN	4	38° 07' 12" Oeste	06° 04' 53" Sul	217

As duas primeiras unidades são situadas no estado do Ceará, Brasil. Estes rebanhos são parte integrante do núcleo de Conservação da raça Morada Nova. O manejo diário dos animais é realizado em duas fases distintas. Durante a noite, os ovinos são alojados em baias, com separação por sexo, em lotes específicos para machos e fêmeas. No período diurno, os animais recebem alimentação concentrada duas vezes ao dia, especificamente durante as manhãs e tardes.

Após a ingestão da primeira ração matinal, as fêmeas são transferidas para piquetes onde têm acesso livre '*ad libitum*' à forragem nativa, no núcleo 1 e forragem de capim Tifton no núcleo 2. Fêmeas não lactantes e prenhes coabitam no mesmo espaço até o último terço da gestação. Posteriormente, são realocadas para piquetes de parição, onde recebem observação contínua, a fim de assegurar assistência adequada durante o parto.

Os cordeiros são mantidos com suas mães até atingirem 90 dias de idade. Após esse período, ocorre o desmame, e os cordeiros machos são então inseridos no manejo geral destinado aos ovinos machos adultos.

A unidade de criação 3 está situada na cidade de Governador Dix-Sept Rosado, no estado do Rio Grande do Norte, Brasil. Neste núcleo, o rebanho é gerido sob um sistema semi-extensivo de criação. Durante o dia, os ovinos são mantidos em regime de pastagem, alimentando-se primariamente de forragem nativa. À noite, com o objetivo de garantir a segurança dos animais, estes são recolhidos aos currais de manejo.

Adicionalmente, a unidade de criação 3 implementa a prática de suplementação mineral. Esta suplementação é disponibilizada aos animais de forma '*ad libitum*', permitindo o consumo conforme a necessidade individual de cada ovino.

A unidade de criação 4 (**Figura 1**) localizada na cidade de Francisco Dantas, emprega um manejo nutricional semelhante. Assim como na unidade 3, os animais são mantidos em pastagem nativa durante o dia e recolhidos aos currais de manejo à noite para segurança. No entanto, a unidade 4 implementa práticas distintas no manejo reprodutivo. Diferentemente da unidade 3, esta unidade separa as fêmeas dos reprodutores e opera sob uma estação reprodutiva definida.

Durante o período final de gestação, as fêmeas são transferidas para piquetes de observação, onde recebem suplementação específica. Após a parição, tanto as fêmeas quanto os cordeiros são mantidos sob observação contínua. Neste estágio, os cordeiros têm acesso à suplementação através do sistema de '*creep feeding*'.

É importante notar que, tanto nas unidades 3 quanto na 4, os cordeiros machos são mantidos preferencialmente até os 180 dias de vida. Após este período, aqueles que não são selecionados para reprodução são excluídos dos rebanhos.

Figura 1. Lote de matrizes e cordeiros Morada Nova, variedade branca do núcleo 4, situado em Francisco Dantas, Rio Grande do Norte, Brasil.



Fonte: Autoria própria (2022)

4.2 Dados coletados

No decorrer do período experimental, foi implementado um sistema de identificação para os ovinos que inicialmente não possuíam identificação (**Figura 2**). Este processo envolveu a utilização de brincos e colares identificadores. Posteriormente, procedeu-se à coleta de informações cruciais, incluindo peso, data de nascimento e o pedigree de cada animal. Estes dados são fundamentais para o monitoramento e acompanhamento contínuo dos ovinos nos quatro núcleos de criação envolvidos no estudo.

Adicionalmente, com o objetivo de coletar dados para análise longitudinal, realizou-se a pesagem de todos os animais identificados em intervalos regulares de 30 dias. Estes dados de peso foram sistematicamente registrados e adicionados ao banco de dados do projeto para posterior tabulação.

Figura 2. A) Identificação e B) pesagem de ovinos Morada Nova, variedade branca.



Fonte: Autoria própria (2023)

4.3 Análise estatística exploratória

A análise estatística exploratória do banco de dados foi dividida em duas etapas:

1- Os dados coletados foram analisados quanto a presença de outliers, posteriormente calculou-se medidas centrais de estatística para uma análise exploratória dos dados.

2- Foi realizada uma Análise Discriminante Canônica (ADC) para discriminar as principais variáveis que diferenciam o sexo/núcleos e quais variáveis possuem poder discriminatório. O modelo geral da ADC foi:

$$Z_n = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n$$

Onde: Z_n é a variável dependente (núcleos/sexo), α é o intercepto, X_i são as variáveis explicativas e β_i são os coeficientes discriminantes para cada variável explicativa. O poder discriminante foi avaliado por % de variância, estatística Lambda de Wilks e coeficientes padronizados. Utilizou-se o método de Stepwise para determinar quais variáveis identificam os principais biomarcadores fenotípicos.

4.4 Curva de crescimento e Taxa de Crescimento Absoluto (TCA)

Determinar uma curva de crescimento envolve a consolidação de dados referentes ao ciclo de vida dos animais, aplicando-se modelos não lineares a uma série de parâmetros matemáticos com significado biológico. Esses parâmetros podem ser examinados para aprofundar a compreensão acerca das características do crescimento desses animais (Lopes et al. 2016).

Nesse estudo, 764 registros de peso e idade foram medidos de 165 ovinos da raça Morada Nova da variedade branca. Os registros foram coletados em 4 núcleos de criação da raça, sendo 2 no estado do Ceará e 2 no estado do Rio Grande do Norte. Os pesos eram aferidos a cada 30 dias, desde o peso ao nascimento (P1), até o peso aos 270 dias (P270).

Para identificar qual o modelo mais apropriado para descrever a curva de crescimento dos ovinos Morada Nova, foram ajustados quatro modelos não lineares utilizando os dados coletados: Brody, Bertalanffy, Gompertz e Logístico. Esses modelos, amplamente empregados na descrição de curvas de crescimento animal, foram escolhidos devido as suas propriedades biológicas e estatísticas.

Tabela 3. Formulas gerais dos modelos não-lineares.

Modelo	Formula geral
Brody	$y = A (1 - Be^{-kt}) + \varepsilon$
Von bertalanffy	$y = A (1 - Be^{-kt})^3 + \varepsilon$
Gompertz	$y = Ae^{-be^{-kt}} + \varepsilon$
Logístico	$y = A (1 + Be^{-kt})^{-1} + \varepsilon$

Em modelos não lineares:

Y : É o peso corporal a idade t ;

A : O peso assintótico quando t tende ao infinito, ou seja, este parâmetro é interpretado como o peso corporal a idade adulta;

B : É uma constante de integração relacionada ao peso inicial do animal e sem interpretação biológica bem definida. O valor de b é estabelecido pelos valores iniciais y e t ;

K : É interpretado como taxa de maturação, ou seja, é o indicador de velocidade com que o animal se aproxima do seu tamanho adulto.

Todos os modelos foram ajustados utilizando o método de máxima verossimilhança, empregando o algoritmo de otimização de Gauss-Newton. Este processo foi conduzido através do procedimento PROC MODEL NLIN, disponível no SAS OnDemand for Academics (SAS Institute Inc., 2024). A definição dos valores dos parâmetros baseou-se na identificação daqueles com o menor número de iterações convergentes.

Para avaliar a qualidade do modelo ajustado foram usados os seguintes critérios:

1- Quadrado Médio do Resíduo (QMR) que é obtido dividindo-se a soma de quadrados do resíduo, pelo número de observações, que é o estimador de máxima verossimilhança da variância residual:

$$QMR = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$
, onde: n é o número total de observações, y_i é o valor observado da i -ésima observação e $\hat{y}_i$ é o valor predito pelo modelo para a i -ésima observação.

O QMR é uma medida de quão bem o modelo se ajusta aos dados, com valores menores indicando um ajuste melhor. É uma métrica amplamente utilizada na avaliação de modelos de regressão.

2- Desvio Médio Absoluto (DMA), obtido pela soma dos desvios médios em valores absolutos:

$$DMA = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|}{n}$$
, onde: y_i é o valor observado, $\hat{y}_i$ o valor predito e n o tamanho da amostra. Quanto menor o valor de DMA, melhor o ajuste. O DMA é importante para entender a média da magnitude dos erros em um modelo de previsão.

3- Coeficiente de Determinação Ajustado (R^2_{aj}) é derivado do R^2 , que é o quadrado da correlação entre os valores observados e estimados. Para calcular o R^2_{aj} , ajusta-se o R^2 comum levando em consideração o número de preditores no modelo e o tamanho da amostra. A formula para o R^2_{aj} é dada por:

$R^2_{aj} = 1 - \left(\frac{(1-R^2)(n-1)}{n-P-1} \right)$, onde n é o número de observações e p é o número de preditores no modelo. Essa formula ajusta o R^2 para o número de preditores e para o tamanho da amostra, proporcionando uma avaliação mais realista da qualidade do ajuste do modelo. Um valor de R^2_{aj} próximo de 1 indica um melhor ajuste do modelo.

4- Porcentagem de Convergência (C%) esse critério corresponde a porcentagem de animais que convergem dentro de um modelo, corroborando dados reais.

A Taxa de Crescimento Absoluto (TCA) foi determinada a partir da primeira derivada dos modelos não lineares utilizados (**Tabela 4**) em relação ao tempo ($\delta Y/\delta t$). A TCA é, na realidade, o ganho de peso obtido por unidade de tempo, representando o ganho médio diário, estimado ao longo da trajetória de crescimento.

Tabela 4. Equações da TCA obtidas a partir dos modelos não lineares.

Modelo	Primeira derivada
Brody	$Abke^{(-kt)}$
Von Bertalanffy	$3Abke^{(-kt)}(1 - be^{(-kt)})^2$
Gompertz	$Abke^{(-kt)}e^{(-be^{(-kt)})}$
Logístico	$Abke^{(-kt)}(1 + be^{(-kt)})^{-2}$

Posteriormente, foi investigado o efeito do sexo (macho e fêmea) nos parâmetros de crescimento desses modelos para ovinos Morada Nova, variedade branca, utilizando o procedimento NLIN, disponível no SAS OnDemand for Academics (SAS Institute Inc., 2024).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise exploratória dos dados

A **Tabela 5** apresenta os dados descritivos para peso (Kg) e idade (dias) dos ovinos da raça Morada Nova, variedade branca utilizados em estudo. A amplitude de observações da idade dos ovinos foi de 1 a 270 dias (9 meses) de idade, e o peso observado foi proporcional a esse intervalo de idade. Durante o período experimental foram feitas 764 pesagens nos 4 núcleos de criação, resultando nas médias de peso aqui apresentadas.

Tabela 5. Estatística descritiva das variáveis Peso e Idade de ovinos Morada Nova brancos

Variáveis		N			Mínimo			Máximo		
Peso (Kg)		764			1,01			36,60		
Idade (dias)		764			1,00			270,00		
Média observada										
Idade (dias)	PN	30	60	90	120	150	180	210	240	270
Peso (Kg)	2,84	6,60	10,13	13,48	17,58	21,87	23,13	23,81	25,01	26,68

A **Tabela 6** apresenta um resumo dos resultados obtidos pela Análise Discriminante Canônica, destacando-se a significância estatística ($P < 0,05$) das variáveis discriminantes: sexo e núcleo de criação, no que concerne aos efeitos avaliados — peso e idade. Identificou-se que o peso emerge como o principal biomarcador fenotípico, eficaz na discriminação relativa ao sexo e ao tipo de fazenda. Esse resultado sugere uma variação ponderal nos animais do estudo, influenciada pelo núcleo de criação — que varia em práticas de manejo — e pelo sexo dos animais, refletindo diferenças de manejo, dimorfismo sexual, e a utilização diferenciada dos sexos nos núcleos analisados.

A idade, em contrapartida, demonstrou significância apenas na diferenciação entre os núcleos de criação. Isso indica a possibilidade de variações na média de idade dos animais entre os diferentes núcleos, possivelmente devido a estratégias que fazem com que certos núcleos retenham os animais por períodos mais extensos ou devido a um manejo mais cuidadoso, resultando em pesagens mais frequentes de determinados animais.

Quanto à classificação dos animais e seus indicadores, observou-se que a maioria dos animais no estudo foi associada aos núcleos 2 ou 4. Esses núcleos se destacam pelo maior volume e controle sobre os dados coletados, além de um número elevado de animais,

justificando sua influência discriminatória no estudo. Em relação ao sexo, mais de 90% dos animais foram classificados como fêmeas, indicando uma predominância desse grupo e sugerindo que as fêmeas contribuem significativamente para a variação dos dados observados. Esse padrão reflete a estratégia de criação adotada pelos núcleos 1 e 2 — fazendas experimentais da UNILAB e UFC, respectivamente — que se concentram na criação de ovinos da raça Morada Nova para projetos de pesquisa e conservação. Os machos são selecionados principalmente para a reprodução ou são excluídos dos rebanhos após uma avaliação criteriosa. As fazendas 3 e 4, de propriedade privada localizadas em Governador Dix-Sept-Rosado-RN e Francisco Dantas-RN, seguem uma prática similar, priorizando a retenção das fêmeas por períodos mais longos e vendendo os machos para abate ou para outros criatórios, geralmente a partir dos 180 dias de idade.

A análise detalhada dos modelos de gestão populacional adotados nos núcleos observados é crucial para uma compreensão aprofundada das tendências e estratégias atuais no manejo dos ovinos Morada Nova da variedade branca. Esta compreensão não apenas elucida as práticas correntes, mas também oferece uma base sólida de conhecimento que é vital para orientar futuras pesquisas. Além disso, essas informações são essenciais para o desenvolvimento de práticas de manejo sustentáveis na ovinocultura, assegurando tanto a conservação da raça quanto a eficiência produtiva.

Tabela 6. Sumário da Análise Discriminante Canônica conforme o sexo e os núcleos para ovinos da raça Morada Nova, variedade branca.

Indicadores	C _{CC} ¹	Tratamentos (%) ²				Variância Explicada				Biomarcador fenotípico
						(%)		(valor de <i>P</i>)		
		1	2	3	4	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂	
Núcleo	58,1	0	90,9	1,5	67,1	68,7	17,6	0,001	0,001	Peso < Idade
		Macho		Fêmea						
Sexo	69,8	10,4		96,9		37,7	35	0,001		Peso

¹ Percentual total de casos classificados: CCC= Casos Corretamente Classificados.

² Percentual de casos classificados corretamente por Cluster

³ Teste estatístico: Funções Canônicas (F1 e F2) com $P < 0.05$ de Lambda Wilks' foram considerados significativos.

5.2 Curva de Crescimento e Taxa de Crescimento Absoluto (TCA)

Para a análise da curva de crescimento, utilizaram-se 764 registros de pesagem provenientes dos quatro núcleos de criação. A aplicação de modelos não-lineares de crescimento aos dados de peso e idade dos animais permitiu a obtenção de estimativas para os parâmetros A, B e K, essenciais para entender o padrão de crescimento. Esses parâmetros, juntamente com indicadores de qualidade para a seleção do modelo mais adequado, estão detalhados na **Tabela 7**.

Tabela 7. Estimativas dos parâmetros da curva de crescimento e os resultados de ajustes de qualidade para os modelos não lineares em estudo.

Modelo	Parâmetros			QMR	DMA	R ² aj	C%
	A	B	K				
Brody	35,935	0,944	0,0050	2,1144	0,84	0,972	56,37
Bertalanffy	29,340	0,556	0,0107	1,1280	0,61	0,985	73,93
Gompertz	28,072	0,824	0,0130	1,0755	0,60	0,986	78,79
Logístico	26,251	1,840	0,0216	2,3787	0,77	0,969	76,97

QMR, Quadrado Médio do Resíduo; DMA, Desvio Médio Absoluto; R²aj, Coeficiente de Determinação Ajustado; C%, Percentual de Convergência.

Os maiores valores estimados para o parâmetro A foram obtidos a partir dos seguintes modelos: Brody (35,93 Kg), Bertalanffy (29,34 Kg), Gompertz (28,07 Kg) e Logístico (26,25 Kg). Os valores observados neste estudo excederam aqueles reportados em pesquisas anteriores envolvendo ovinos. Especificamente, os valores encontrados são superiores aos reportados por Sarmento et al. (2006) em sua análise de ovinos Santa Inês puros, criados no estado da Paraíba. Em comparação com os resultados de Souza et al. (2011), que estudaram ovinos Morada Nova, os valores deste estudo se mostraram ligeiramente superiores. No entanto, esses valores são inferiores aos observados por Malhado et al. (2008) em seu estudo com ovinos cruzados Santa Inês x Texel. Curiosamente, os valores também são ligeiramente menores que os relatados por Malhado et al. (2009) em sua pesquisa com cruzamentos entre Dorper e Morada Nova. Neste último, o valor de A obtido pelo modelo Gompertz foi de 28,48, um número um pouco maior do que o encontrado no presente estudo. Malhado et al. (2008) também apontam que valores do parâmetro A podem ser influenciados pela raça e pelo sistema de criação, resultando em variações entre diferentes estudos. Do ponto de vista prático, o parâmetro A representa o peso

máximo teórico que um animal pode alcançar, dadas as condições ideais de nutrição e saúde, fornecendo uma meta ou ponto de referência para o potencial crescimento dos animais em estudo. Este parâmetro pode ser usado para identificar e selecionar ovinos com maior potencial de crescimento, particularmente importante nos programas de melhoramento genético que visam aumentar a eficiência e produtividade do rebanho.

Na comparação dos valores do parâmetro B, constatou-se uma diferença significativa no valor estimado pelo modelo Logístico, que foi de 1,840, em comparação com outros modelos. Esse padrão de variação é consistente com resultados encontrados em pesquisas anteriores. Por exemplo, McManus et al. (2003) observaram uma variação similar em um estudo com ovinos da raça Bergamácia. Da mesma forma, Sousa et al. (2021) notaram discrepâncias parecidas ao analisar modelos não lineares aplicados a caprinos da raça Canindé.

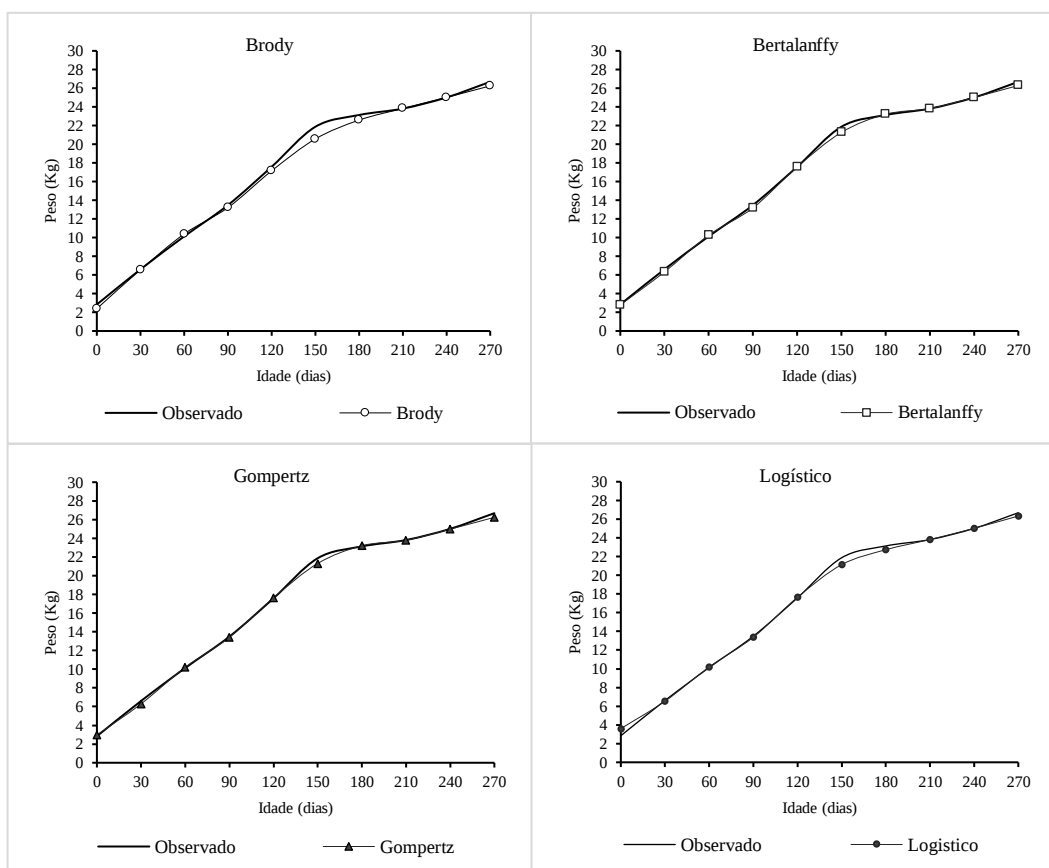
No que se refere ao parâmetro K, foi o modelo Logístico que estimou o valor mais elevado, sendo este de 0,0216. Em ordem decrescente, seguiram-se as estimativas dos modelos de Gompertz, Bertalanffy e Brody. O parâmetro K é definido como a taxa de maturidade do animal, refletindo a rapidez com que ele cresce até alcançar seu peso assintótico. De acordo com Souza et al. (2011), animais que apresentam valores mais altos de K atingem a maturidade mais cedo quando comparados a animais com valores mais baixos de K, assumindo que ambos tenham pesos iniciais similares.

Nos modelos estudados, identificou-se uma correlação negativa ($r = -0,898$) entre os parâmetros A e K, indicando que ovinos com amadurecimento precoce geralmente alcançam um peso adulto menor em comparação aos de amadurecimento mais tardio. Esse padrão, destacado tanto por McManus et al. (2003) quanto por Lopes et al. (2016), ressalta a importância dessa interação entre os parâmetros A e K nos padrões de crescimento ovino.

Para determinar o modelo mais eficaz na estimativa dos parâmetros e da curva de crescimento dos ovinos Morada Nova de pelagem branca, utilizou-se critérios de ajuste de qualidade, incluindo o Quadrado Médio do Resíduo (QMR), Desvio Médio Absoluto (DMA), Coeficiente de Determinação Ajustado (R^2Aj) e o Percentual de Convergência (C%), detalhados na **Tabela 7**. Entre os modelos avaliados, o de Gompertz sobressaiu, registrando o menor QMR (1,0755), o menor DMA (0,60) e o maior R^2Aj (0,986), superando assim os modelos Logístico e Von Bertalanffy. A preferência pelo modelo Gompertz foi reforçada pela sua maior taxa de convergência (78,8%), sendo o valor mais elevado dentre os modelos analisados. Estes resultados indicam a eficácia do modelo Gompertz na estimação dos parâmetros e ajuste da curva de crescimento para ovinos Morada Nova de pelagem branca.

Destaca-se que os modelos de Gompertz e Bertalanffy, conforme detalhado na **Tabela 7**, ajustaram de maneira notavelmente similar à curva média de crescimento observada. Estes modelos demonstraram, portanto, uma proximidade significativa com a tendência média apresentada (**Figura 3**), evidenciando sua relevância e adequação no contexto do estudo.

Figura 3. Curvas de crescimento estimadas pelos modelos Brody, Bertalanffy, Gompertz e Logístico em ovinos Morada Nova, variedade branca.



Com relação ao formato e valores estimados, a curva de crescimento observada no estudo demonstra uma tendência sigmoideal no peso corporal (Kg) de ovinos Morada Nova da variedade branca em função da idade (dias). Todos os modelos analisados apresentaram um ajuste satisfatório à curva de crescimento geral, mas revelam limitações na precisão das estimativas de peso, particularmente aos 150 e 270 dias de idade. Especificamente aos 150 dias, o modelo de Brody subestima o peso em 1,30 Kg. Por outro lado, o modelo Logístico superestima o peso ao nascer em 0,76 Kg e subestima em 0,74 Kg aos 150 dias.

Diversos estudos relataram dificuldades no ajuste e modelagem das curvas de crescimento, particularmente nos estágios inicial e final (Freitas et al., 2007). Uma provável explicação para essa imprecisão, nesse estudo, é a redução na amostra de animais após os 180

dias de idade. Esta diminuição pode ser atribuída principalmente à exclusão de animais com desempenho inferior nas fases mais jovens, ou aos processos rotineiros de venda e abate, especialmente dos machos, nos rebanhos analisados.

Em contraste com as dificuldades de ajuste nos estágios inicial e final, principalmente nos modelos Brody e Logístico, o modelo Gompertz demonstrou um ajuste superior em outros pontos de observação. Estudos correlatos, como os de Silva et al. (2023) e Rego et al. (2012), que analisaram o crescimento de ovinos Santa Inês em diferentes sistemas de criação, e Malhado et al. (2009) encontraram resultados similares. Em contrapartida com os resultados anteriores, onde o modelo Gompertz se mostrou mais eficaz, o estudo de Souza et al. (2011) sobre ovinos Morada Nova identificou que o modelo de Von Bertalanffy foi o mais adequado para os dados obtidos. Esta variação ressalta as diferenças na qualidade de ajuste dos modelos de crescimento em diferentes raças e condições.

Das 764 pesagens registradas para avaliar a curva de crescimento dos ovinos Morada Nova da variedade branca, 240 correspondem a indivíduos do sexo masculino, enquanto as 524 restantes pertencem ao sexo feminino (**Tabela 8**).

Tabela 8. Estimativas de peso (Kg) de ovinos Morada Nova, variedade branca em diferentes idades (dias) em função do sexo.

Idade	Observado		Bertalanffy		Brody		Gompertz		Logístico	
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
1	3,04	2,72	2,89	2,73	2,51	2,32	3,08	2,88	3,75	3,49
30	6,94	6,30	6,79	5,91	6,99	6,17	6,78	5,86	6,97	6,14
60	10,79	9,51	10,84	9,70	10,96	9,86	10,81	9,63	10,80	9,61
90	14,15	13,06	14,05	12,95	13,95	12,76	14,11	12,96	14,02	12,95
120	18,00	17,38	17,82	17,46	17,36	17,05	17,96	17,48	17,81	17,57
150	24,21	21,09	23,36	20,57	22,50	19,93	23,38	20,62	23,28	20,42
180	24,73	22,65	25,07	22,65	24,00	22,15	25,02	22,65	24,33	22,25
210	23,24	23,89	23,06	23,93	23,18	23,92	23,05	23,89	23,06	23,92
240	22,00	25,15	21,84	25,16	21,97	25,16	22,02	25,12	22,03	25,16
270	26,96	26,66	26,88	26,23	26,98	26,17	27,02	26,16	26,90	26,27

M, Macho; F, Fêmea.

As observações indicam que, até os 180 dias de idade, os machos apresentam uma média de peso corporal superior. No entanto, após este período, nota-se uma redução na média do peso corporal dos machos, que se iguala e, eventualmente, ultrapassa a média do peso das fêmeas

aos 270 dias de idade. Esta variação, identificada no presente estudo, pode ser atribuída às estratégias de manejo anteriormente discutidas. Esta observação está alinhada com os resultados de pesquisas conduzidas por Hossein-Zadeh et al. (2015), que analisaram ovinos, e Sousa et al. (2021), que investigaram o efeito do sexo nas curvas de crescimento de caprinos da raça Canindé. Além disso, a discrepância observada nas curvas de peso estimadas entre machos e fêmeas pode ser elucidada pelo fenômeno do dimorfismo sexual. Os pesos estimados por sexo para os modelos avaliados são ilustrados na **Figura 4**.

A **Tabela 9** apresenta os parâmetros e os ajustes de qualidade para modelos não lineares, segmentados por sexo. Notavelmente, o modelo de Gompertz demonstrou superioridade em diversos aspectos. Este modelo registrou os menores valores em QMR e DMA indicando um ajuste mais preciso. Além disso, o modelo Gompertz apresentou o maior R^2 ajustado, com valores de 0,9856 para machos e 0,9853 para fêmeas, refletindo uma alta correlação entre os dados observados e os previstos pelo modelo.

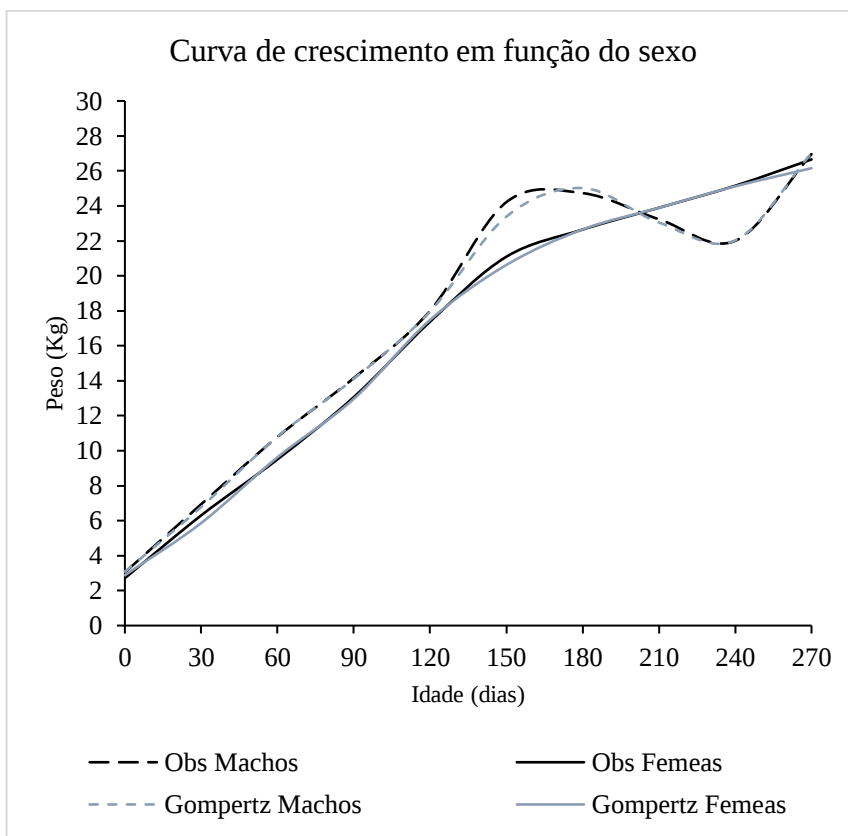
Tabela 9. Estimativas dos parâmetros da curva de crescimento e os ajustes de qualidade para os modelos não lineares em função do sexo.

Parâmetros	Brody		Bertalanffy		Gompertz		Logístico	
	Machos	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos	Fêmeas
A	40,28	36,67	30,77	29,60	29,12	28,27	26,82	26,39
B	0,9442	0,9499	0,5526	0,5684	0,8164	0,855	1,8364	1,8931
K	0,0045	0,0048	0,0106	0,0100	0,0136	0,0130	0,0226	0,0211
Ajustes de qualidade								
QMR	2,511	2,11	1,16	1,13	1,09	1,08	2,46	2,3725
DMA	0,9413	0,7917	0,6536	0,5883	0,6293	0,5915	0,8324	0,7372
R^2 aj	0,968	0,9724	0,9849	0,9845	0,9856	0,9853	0,9679	0,9675
C%	58	54,8	80	69,57	86	75,66	84	73,93

QMR, Quadrado Médio do Resíduo; DMA, Desvio Médio Absoluto; R^2 aj, Coeficiente de Determinação Ajustado; C%, Percentual de Convergência.

Outro indicador relevante foi a porcentagem de convergência (C%), que mede a proporção de ajustes bem-sucedidos dos dados ao modelo. Neste critério, 86% dos ajustes para os machos e 75,66% para as fêmeas foram bem-sucedidos. Este alto índice de convergência reforça a adequação do modelo de Gompertz na descrição da curva de crescimento dos ovinos Morada Nova da variedade branca, considerando a dimensão de gênero.

Figura 4. Curvas de crescimento observada e obtida pelo modelo de Gompertz para ovinos Morada Nova, variedade branca em função do sexo.



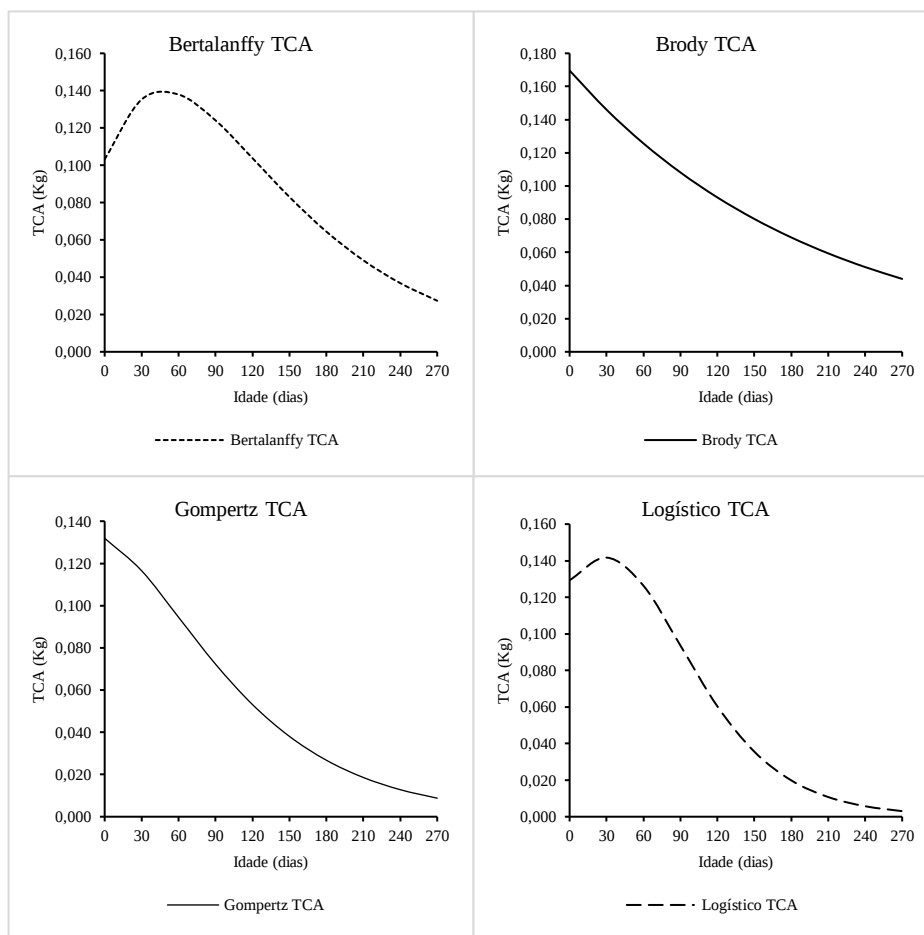
Obs = Observado.

A Taxa de Crescimento Absoluto (TCA) em ovinos da raça Morada Nova da variedade branca foi avaliada utilizando quatro modelos não lineares, conforme ilustrado na **Figura 5**. As primeiras derivadas destes modelos revelaram padrões distintos de crescimento. Notavelmente, os modelos de Brody e Gompertz não indicam um ponto de inflexão; ao invés disso, mostram uma curva de decrescimento contínuo desde o nascimento, com taxas de crescimento máximo de 0,170 Kg e 0,132 Kg, respectivamente. No modelo Brody, a inexistência do ponto de inflexão é atribuída à sua natureza de crescimento uniformemente decrescente, sem uma fase de aceleração seguida por desaceleração (Freitas et al., 2007). Isso reflete uma abordagem distinta na modelagem do crescimento animal. Por sua vez, a ausência do ponto de inflexão no modelo Gompertz pode estar associada à dificuldade deste modelo em identificar com precisão esse ponto em um conjunto de dados de dimensões reduzidas.

Contrastando com os modelos de Brody e Gompertz, os modelos de Bertalanffy e Logístico demonstram a presença de um ponto de inflexão. Este ocorre aproximadamente aos

60 dias de idade no modelo de Bertalanffy e aos 30 dias no modelo Logístico, com picos de TCA de 0,138 Kg e 0,142 Kg, respectivamente.

Figura 5. Taxa de Crescimento Absoluto (TCA) em ovinos Morada Nova, variedade branca, obtida pelos modelos Bertalanffy, Brody, Gompertz e Logístico.



TCA= Taxa de Crescimento Absoluto.

Comparando com estudos anteriores, como o de Souza et al. (2011), que utilizaram o modelo Von Bertalanffy em ovinos Morada Nova e observaram um aumento na TCA, alcançando um pico de aproximadamente 0,116 Kg aos 38 dias, o presente estudo, aplicando o mesmo modelo, identificou um ponto de inflexão aos 60 dias, com uma TCA de 0,138 Kg. Essa diferença sugere uma taxa de crescimento mais elevada, sustentada por um período mais longo, em comparação com os resultados de Souza et al. (2011), ressaltando a variabilidade dentro da espécie e a importância de estudos contínuos para um manejo eficaz.

O ponto de inflexão, em um modelo de crescimento, é definido como o estágio no qual a taxa de crescimento do animal transita de uma fase de aceleração para uma de desaceleração. Este fenômeno representa o momento em que o crescimento começa a diminuir sua taxa de

incremento. Para os produtores, identificar precisamente este ponto é de grande relevância, pois ele oferece informações cruciais para o manejo ideal dos animais. Por exemplo, essa informação pode auxiliar na determinação do momento mais adequado para iniciar a suplementação alimentar, visando prevenir uma desaceleração prematura no crescimento e desenvolvimento dos animais. Além disso, compreender o ponto de inflexão é significativo para estabelecer a idade ideal para o abate, garantindo eficiência e melhor relação custo-benefício na produção (Souza et al., 2011).

Neste estudo, identificou-se que os ovinos Morada Nova atingem o ponto de inflexão no crescimento antes dos 90 dias, um marco significativamente precoce em comparação com outras espécies, considerando as devidas proporções. Por exemplo, na avicultura, é prática comum proceder ao abate dos animais após atingirem o ponto de inflexão, conforme documentado por Sakomura et al. (2007). Contudo, essa abordagem não se mostra viável para os ovinos analisados no estudo, devido ao intervalo reduzido até o ponto de inflexão e ao peso corporal dos animais que, nesse ponto, se encontra abaixo do padrão para o abate.

Em estudo realizado por Sarmento et al. (2006) com a raça ovina Santa Inês sugeriu que o decréscimo na taxa de crescimento pode sinalizar uma adaptação dos animais às condições do clima semiárido, culminando na adoção desse padrão de crescimento. Tal observação reitera a importância de se implementarem práticas de manejo direcionadas que objetivem elevar a eficiência produtiva dos rebanhos.

Diante desses achados, torna-se crucial que os produtores adotem estratégias alimentares ajustadas às necessidades nutricionais dos ovinos em crescimento, com o objetivo de maximizar a TCA, conforme sugerido por Souza et al. (2011). Além disso, é importante destacar também que a predominância de sistemas de criação Semi-extensivos e extensivos influencia esse padrão acelerado de TCA.

6 CONCLUSÃO

Sexo e núcleos de criação são fatores significativos na determinação do peso e idade animal.

O modelo de Gompertz é mais adequado para descrever a curva de crescimento dos ovinos Morada Nova brancos.

A observação de um ponto de inflexão na taxa de crescimento antes dos 90 dias em ovinos Morada Nova da variedade branca sugere a necessidade de implementar estratégias para otimizar seu padrão de crescimento.

Os resultados são fundamentais para o desenvolvimento de estratégias de manejo sustentáveis, equilibrando a conservação da raça com a eficiência produtiva. Além disso, fornecem diretrizes valiosas para produtores e pesquisadores, potencializando a sustentabilidade e eficácia na criação dessa variedade que se encontra em risco de extinção.

REFERENCIAS

ARCHONTOULIS, Sotirios V.; MIGUEZ, Fernando E. Nonlinear regression models and applications in agricultural research. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 2, p. 786-798, 2015.

BATES, Douglas. Nonlinear regression analysis and its applications. **Wiley Series in Probability and Statistics**, 1988.

BERKEY, Catherine S. Bayesian approach for a nonlinear growth model. **Biometrics**, p. 953-961, 1982.

COLUSSE, Juliana Caroline; DA FONSECA, Ricardo; TOMAZ, Rafael Simões. Análise e seleção genética de populações de ovinos das raças Santa Inês e Morada Nova. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 12, n. 27, 2019.

DE FREITAS, A. R. Estimativas de curvas de crescimento na produção animal. 2007.

DE SOUSA, José Ernandes Rufino et al. Evaluation of non-linear models for growth curve in Brazilian tropical goats. **Tropical animal health and production**, v. 53, p. 1-6, 2021.

DE SOUZA SANTOS, Willyane et al. Diagnóstico da cadeia produtiva de caprinos e ovinos no Brasil e na região Nordeste. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 7, p. 21283-21303, 2023.

DUKES, Henry Hugh; SWENSON, Melvin J.; REECE, William O. Dukes fisiologia dos animais domésticos. **Editora Guanabara Koogan**, 1996.

EISEN, E. J.; LANG, B. J.; LEGATES, J. E. Comparison of growth functions within and between lines of mice selected for large and small body weight. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 39, n. 6, p. 251-260, 1969.

ELIAS, Alessandra Maria. Análise de curvas de crescimento de vacas das raças Nelore, Guzera e Gir. 1998. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

FACÓ, O. et al. Raça Morada Nova: origem, características e perspectivas. 2008.

FAO. The state of the world's animal genetic resources for food and agriculture, Rome: **FAO**, p. 511. 2007.

FAO/EMBRAPA. Plano de ação mundial para os recursos genéticos animais e declaração de Interlaken, Brasília: **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**, p.40. 2010.

FERREIRA, Josiel Borges et al. Indicadores morfofisiopatológicos em rebanhos ovinos da raça morada nova. 2017.

FIGUEIREDO, EAP de; OLIVEIRA, ER de; BELLAYER, C. Performance dos ovinos deslanados do Brasil. Sobral: **EMBRAPACNPC**, 1980.

FITZHUGH JR, H. A. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. **Journal of animal Science**, v. 42, n. 4, p. 1036-1051, 1976.

FONSECA, Cleusa Graça da. Análise de crescimento e relações de alometria em aves de corte. 1991. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 1991.

FREITAS SILVEIRA, Robson Mateus et al. Typification, characterization, and differentiation of sheep production systems in the Brazilian semiarid region. **NJAS: Impact in Agricultural and Life Sciences**, v. 93, n. 1, p. 48-73, 2021.

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

GIONBELLI, Mateus P. et al. Achieving body weight adjustments for feeding status and pregnant or non-pregnant condition in beef cows. **PLoS One**, v. 10, n. 3, p. e0112111, 2015.

HERBSTER, Caio Julio Lima. Ajuste de peso para ovinos deslanados em crescimento. 2020.

HOLANDA FILHO, Zenildo Ferreira; MARTINS, Espedito Cezário; GUIMARÃES, Vinícius Pereira. Custo de produção de ovinos da raça Morada Nova em sistema de produção extensivo no município de Morada Nova-CE. **Embrapa Caprinos e Ovinos-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2018.

HOSSEIN-ZADEH, Navid Ghavi. Modeling the growth curve of Iranian Shall sheep using non-linear growth models. **Small Ruminant Research**, v. 130, p. 60-66, 2015

HUET, Sylvie et al. Statistical tools for nonlinear regression: a practical guide with S-PLUS and R examples. New York: **Springer**, 2004.

HUSTON, J. E.; PINCHAK, W. E. Range animal nutrition. Grazing management: an ecological perspective, p. 27-63, 1991.

IQBAL, Farhat et al. Modeling and predicting the growth of indigenous Harnai sheep in Pakistan: non-linear functions and MARS algorithm. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, p. 1-12, 2021.

LEITE, Jacinara Hody Gurgel Moraes et al. Adaptive assessment of small ruminants in arid and semi-arid regions. **Small Ruminant Research**, v. 203, p. 106497, 2021.

LEITE, Jacinara Hody Gurgel Moraes et al. Thermoregulatory responses related to coat traits of Brazilian native ewes: an adaptive approach. **Journal of Applied Animal Research**, v. 46, n. 1, p. 353-359, 2018.

LOPES, F. B. et al. Análises de dados longitudinais em bovinos Nelore Mocho por meio de modelos não lineares. **Archivos de zootecnia**, v. 65, n. 250, p. 123-129, 2016.

MALHADO, C. H. M. et al. Growth curves in Dorper sheep crossed with the local Brazilian breeds, Morada Nova, Rabo Largo, and Santa Inês. **Small Ruminant Research**, v. 84, n. 1-3, p. 16-21, 2009.

MALHADO, Carlos Henrique Mendes et al. Curvas de crescimento para caprinos da raça Anglo-Nubiana criados na caatinga: rebanho de elite e comercial. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n. 4, p. 662-671, 2008.

MARCONDES, Marcos Inácio et al. Exigências nutricionais de energia para bovinos de corte. Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados **BR-CORTE**, v. 2, p. 85-111, 2010.

NASCIMENTO, Maria Izabel de Souza Sá et al. Insights dos principais produtos oriundos da caprinovinocultura no Nordeste brasileiro. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, p. e41811528264-e41811528264, 2022.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (US). COMMITTEE ON NUTRIENT REQUIREMENTS OF SMALL RUMINANTS. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. **中国法制出版社**, 2007.

NUNES, Samuel Freitas et al. Morphometric characterization and zoometric indices of white Morada Nova breed: The first step for conservation. **Small Ruminant Research**, v. 192, p. 106178, 2020.

OLIVEIRA, Diana Campos et al. Spline functions and nonlinear models for modeling the growth of sheep in Northeast Brazil. **Brazilian Journal of Biometrics**, v. 41, n. 3, p. 265-273, 2023.

OWENS, F. NELLORE; DUBESKI, P.; HANSON, C. F. Factors that alter the growth and development of ruminants. **Journal of animal science**, v. 71, n. 11, p. 3138-3150, 1993.

PAIVA, S. R. et al. Genetic variability of Y chromosome among Brazilian sheep breeds. In: Proceedings of the 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil, 13-18 August, 2006. **Instituto Prociência**, p. 33-31, 2006.

PAIVA, Samuel Rezende et al. Genetic variability of the Brazilian hair sheep breeds. **Pesquisa agropecuaria brasileira**, v. 40, p. 887-893, 2005.

PIRES, Mariana Midosi Nunes. Crescimento de borregos Romane, Texel X Romane e Suffolk X Romane em sistema de produção semi-intensivo. Tese de Doutorado. Universidade de Lisboa, Faculdade de Medicina Veterinária. Instituto Superior de Agronomia. 2022.

QUESADA, Maurício et al. Efeitos genéticos e fenotípicos sobre características de produção e reprodução de ovinos deslanados no Distrito Federal. **Revista brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 342-349, 2002.

RATKOWSKY, D. A. et al. Model for bacterial culture growth rate throughout the entire biokinetic temperature range. **Journal of bacteriology**, v. 154, n. 3, p. 1222-1226, 1983.

RÊGO NETO, Aurino de Araújo et al. Curva de crescimento de ovinos Santa Inês no Vale do Gurgueia. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, p. 912-922, 2012.

RIBEIRO, T. P.; LEITE, E. R.; GOMES, JAF. Manejo nutricional de ovinos para a produção de carne no Nordeste do Brasil. 2006.

RITZ, Christian; STREIBIG, Jens C. Bioassay analysis using R. **Journal of statistical software**, v. 12, p. 1-22, 2005.

ROHR, K.; DAENICKE, R. Nutritional effects on the distribution of live weight as gastrointestinal tract fill and tissue components in growing cattle. **Journal of Animal Science**, v. 58, n. 3, p. 753-765, 1984.

SAKOMURA, Nilva Kazue; ROSTAGNO, Horacio Santiago. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: **Funep**, 2007.

SANTOS, Andrea Luciana dos et al. Estudo do crescimento, desempenho, rendimento de carcaça e qualidade de carne de três linhagens de frango de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 1589-1598, 2005.

SARMENTO, José Lindenberg Rocha et al. Estudo da curva de crescimento de ovinos Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 435-442, 2006.

SELAIVE-VILLARROEL, Arturo Bernardo; DA SILVA OSÓRIO, José Carlos. Produção de ovinos no Brasil. **Grupo Gen-Editora Roca Ltda.**, 2000.

SHARIF, Numan et al. Evaluation of nonlinear models to define growth curve in Lohi sheep. **Small Ruminant Research**, v. 205, p. 106564, 2021.

SHIOTSUKI, L. et al. The impact of racial pattern on the genetic improvement of Morada Nova sheep. **Animal Genetic Resources/Resources génétiques animales/Recursos genéticos animales**, v. 58, p. 73-82, 2016.

SILVA, Rodrigo Ferreira da. Desenvolvimento ponderal de ovinos Santa Inês na fase de cria, manejados em pastagem e suplementados. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2023.

SIMPLICIO, Aurino Alves et al. A caprino-ovinocultura de corte como alternativa para a geração de emprego e renda. 2003.

SIMPLÍCIO, Kalina Maria de Medeiros Gomes et al. Desempenho ponderal do nascimento ao desmame de crias Morada Nova oriundas de matrizes submetidas à estação de monta na época seca e paridas na época chuvosa. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 81755-81766, 2020.

SOUZA, Laaina de Andrade et al. Curvas de crescimento em ovinos da raça morada nova criados no estado da Bahia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 1700-1705, 2011.

TEIXEIRA NETO, Milton Rezende et al. Descrição do crescimento de ovinos Santa Inês utilizando modelos não-lineares selecionados por análise multivariada. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, p. 26-36, 2016.

TELEKEN, Jhony Tiago; GALVÃO, Alessandro Cazonatto; ROBAZZA, Weber da Silva. Comparing non-linear mathematical models to describe growth of different animals. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, p. 73-81, 2017.

WEBER, Saulo Henrique et al. Comparison of nonlinear mathematical models for lamb growth analysis. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, p. 1-9, 2021.