DOI: 10.1590/1809-6891v27e-84205P

Ciência Animal Brasileira
Brazilian Animal Science

e-ISSN 1809-6891
Zootecnia | Artigo científico

Influência da sazonalidade de nascimento e do sexo no desenvolvimento ponderal de bezerros da raça Nelore em sistemas tropicais

[Influence of season of birth and sex on wight gain in Nelore calves in tropical systems]

Heitor Faustino Sampaio[1], Naílla Crystine de Carvalho Dias*[2], Alexandre Lopes Gomes[2], Ayure Gomes da Silva[2], Walter Baida Garcia Coutinho[3], Wolff Camargo Marques Filho[1]

1 Instituto Federal Goiano (IFGOIANO), Campus Cristalina, Cristalina, Goiás, Brasil
2 Centro Universitário Evangélico de Goianésia (UNIEGO), Goianésia, Goiás, Brasil
3 Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais, Brasil
*autor correspondente: nadias.vet@outlook.com

Recebido: 19 de outubro de 2025. Aceito: 13 de maio de 2026. Publicado: 14 de julho de 2026.
Editor: Rondineli P. Barbero

Resumo: O desempenho produtivo de bovinos de corte é influenciado pela interação de fatores genéticos e ambientais. Objetivou-se avaliar o impacto da sazonalidade, do sexo e do peso ao nascimento no desenvolvimento ponderal de 483 bovinos Nelore. Foi realizado um levantamento longitudinal retrospectivo de cinco anos, analisando os dados por meio de ANOVA, teste de Tukey, correlação de Pearson e Random Forest. Os resultados indicaram que bezerros nascidos no período chuvoso apresentaram maior peso ao nascer, independentemente do sexo. O dimorfismo sexual foi mais expressivo no peso ao desmame e ao ano durante a estação chuvosa, onde os machos foram significativamente mais pesados. O peso ao desmame, e não o ao nascimento, consolidou-se como o principal preditor do desempenho subsequente, com fortes correlações positivas com os pesos ao ano e ao sobreano. A análise de importância relativa confirmou que a influência ambiental (período) é mais crítica nas fases iniciais, enquanto o sexo se torna progressivamente mais determinante. Conclui-se que o manejo deve visar à otimização do peso ao desmame, pois este é o indicador mais robusto para o desempenho futuro em sistemas de produção em regiões tropicais.

Palavras-chave: bovinos; crescimento; dimorfismo sexual; interação; peso.

Abstract: The productive performance of beef cattle is influenced by the interaction of genetic and environmental factors. The aim was to evaluate the impact of seasonality, sex and birth weight on the weight development of 483 Nelore cattle. A five-year retrospective longitudinal survey was carried out, analyzing the data using ANOVA, Tukey's test, Pearson's correlation and Random Forest. The results indicated that calves born in the rainy season had higher birth weights, regardless of gender. Sexual dimorphism was more expressive in weaning weight and yearling weight during the rainy season, where males were significantly heavier. Weaning weight, rather than birth weight, was consolidated as the main predictor of subsequent performance, with strong positive correlations with yearling and yearling weights. The analysis of relative importance confirmed that environmental influence (period) is more critical in the early stages, while sex becomes progressively more decisive. It is concluded that management should aim to optimize weaning weight, as this is the most robust indicator of future performance in production systems in tropical regions.

Keywords: cattle; growth; sexual dimorphism; interaction; weight.

Copyright ©. Este é um artigo em acesso aberto distribuído nos termos da Creative Commons Attribution License que permite o uso irrestrito, a distribuição e reprodução em qualquer meio desde que o artigo original seja devidamente citado.

1. Introdução

A bovinocultura brasileira se destaca no cenário agropecuário mundial, com um rebanho estimado em 197 milhões de cabeças em 2023, evidenciando um crescimento notável, mais que dobrando sua produção desde 1970 [1, 2]. A expressiva produção consolida o Brasil como um dos maiores produtores e exportadores de carne bovina do mundo [3, 4], tornando evidente a relevância da pecuária de corte, como uma das principais cadeias produtivas do país.

Dadas as dimensões continentais do país e sua localização predominantemente na zona tropical, a variabilidade climática exige que as linhagens raciais bovinas apresentem elevada adaptabilidade e desempenho nessas condições [5]. A raça zebuína Nelore, de origem indiana, atende a esses requisitos. Sua superioridade adaptativa é justificada por um processo evolutivo que selecionou alelos associados à termotolerância, conferindo-lhe uma habilidade termorregulatória otimizada, caracterizada por uma menor taxa metabólica e maior capacidade de dissipação de calor para o ambiente [6, 7].

Além da capacidade adaptativa, o rápido desenvolvimento ponderal é uma característica de grande valor zootécnico. Animais que atingem o peso de abate precocemente contribuem significativamente para a redução dos custos de produção [8, 9]. O desempenho produtivo dos bovinos resulta da interação entre fatores genéticos e ambientais. A interação genótipo-ambiente (GxE) acontece quando genótipos diferentes reagem de formas distintas às variações do ambiente, influenciando diretamente em características como crescimento, reprodução e eficiência alimentar [10]. Entre os fatores genéticos, destacam-se o sexo, peso ao nascer, peso à desmama e ganho de peso diário, já os fatores ambientais incluem o manejo, as condições climáticas e nutricionais [11, 12].

O sexo exerce influência substancial sobre o crescimento, já que em condições ambientais semelhantes, os machos tendem a ser cerca de 10 % mais pesados que as fêmeas, impactando diretamente a composição da carcaça e a distribuição de peso entre os tecidos [13]. Essa influência se manifesta principalmente na fase de engorda, já que novilhas entram nesse estágio com pesos mais baixos e em touros que se destacam pela maior eficiência alimentar e maior ganho de peso, com distribuição de peso segundo o esperado segundo os fatores que possam influenciam a criação [14,15]. Tais alterações impactam diretamente nas decisões de manejo, levando o proprietário a considerar as características produtivas e as exigências do mercado, e adaptar a alimentação conforme o sexo para alcançar o melhor equilíbrio entre peso de abate e qualidade da carcaça.

Peso ao nascimento constitui um caráter genético de natureza multifatorial, influenciado tanto pela herança genética quanto por condições ambientais, de grande interesse devido à sua correlação genética positiva com pesos vivos posteriores [12, 16, 17]. Bezerros com peso excessivo ao nascer podem predispor a diversos graus de distocia, culminando em sofrimento fetal, acidose metabólica e respiratória, com impactos adversos no desenvolvimento subsequente [18]. Em contrapartida, animais com baixo peso ao nascimento estão associados a reservas energéticas reduzidas, menor capacidade termorregulatória e maior incidência de mortalidade perinatal [19-21].

Os fatores ambientais exercem impactos significativos no desenvolvimento animal em suas diversas fases. A localização do Brasil na zona tropical implica em uma sazonalidade climática bem definida (períodos secos e chuvosos), que afeta diretamente a quantidade e qualidade da forragem disponível. Essa variação pode favorecer ou desfavorecer o desenvolvimento fetal de matrizes Nelore prenhes, dependendo do período [22, 23]. A época de nascimento estratégica permite ajustar as necessidades nutricionais das vacas de cria e dos bezerros à disponibilidade de forragem ao longo do ano, considerando os aspectos ambientais e de manejo distribuídos de forma heterogênea no país [24, 25].

A complexidade no entendimento e controle desses múltiplos fatores ressalta a necessidade de linhas de pesquisa focadas em maior previsibilidade dentro da cadeia produtiva, buscando marcadores e indicadores que auxiliem na tomada de decisão em sistemas de produção. Portanto, objetiva-se com este trabalho avaliar o impacto de fatores como o sexo, o peso ao nascimento e a sazonalidade no desenvolvimento ponderal de bovinos da raça Nelore, sendo base de hipótese no que se refere aos aspectos relacionados no presente estudo.

2. Material e métodos

2.1 Descrição geral

O presente estudo foi realizado por meio de revisão amostral de dados oriundos de propriedade particular localizada no município de Arraias- Tocantins. Este estudo é resultado do levantamento longitudinal retrospectivo de dados de animais que foram avaliados ao longo de cinco anos (2020-2024), de um total de 483 animais, da raça Nelore, considerados como unidades experimentais, puros de origem, sendo 238 machos e 245 fêmeas, identificados eletronicamente para garantir a rastreabilidade e assegurar a coleta dos dados obtidos.

Todos os animais que participaram do estudo se mantiveram hígidos ao longo do tempo, e seus manejos foram direcionados conforme as categorias, como unidades experimentais, acompanhados desde o nascimento, sendo coletadas medidas de peso em quatro estágios: peso ao nascimento, peso ao desmame, peso ao ano e peso ao sobreano. Os valores de medidas de pesagem por quilogramas (kg) foram realizados através de balança eletrônica.

A variável de sazonalidade e sua influência sobre o aspecto de desenvolvimento ponderal dos animais foi avaliada baseado no regime pluviométrico da macrorregião onde os animais foram criados. As estações foram classificadas como período chuvoso (maior precipitação) e período seco (menor precipitação) na região do estudo, de forma que, para garantir a comparabilidade dos dados, os manejos de pesagem mantiveram os protocolos para ambas as estações, devendo ser considerado a particularidade regional na replicação do presente estudo.

Este estudo consistiu em uma análise retrospectiva de dados secundários, previamente existentes, sem qualquer contato direto, intervenção ou manipulação de animais para sua execução. Conforme as diretrizes da Lei Arouca (11.794/2008) e do CONCEA, que regulamentam a ética na pesquisa com animais no Brasil, projetos desta natureza não requerem submissão ou aprovação prévia por uma Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA).

2.2 Descrição estatística

O presente estudo foi conduzido com dados provenientes de um experimento estruturado segundo o delineamento inteiramente casualizado (DIC). O estudo foi conduzido como uma análise retrospectiva de dados observacionais, utilizando registros previamente obtidos de animais avaliados quanto às características de desempenho ponderal. Por se tratar de dados históricos, não houve alocação aleatória experimental dos animais aos grupos avaliados. Assim, as comparações entre grupos foram realizadas com base na estrutura observacional dos dados disponíveis. Inicialmente, os dados foram submetidos à verificação das pressuposições inerentes à aplicação da análise de covariância (ANCOVA). A normalidade dos resíduos foi avaliada por meio do teste de Shapiro-Wilk, enquanto a homogeneidade das variâncias foi verificada pelo teste de Bartlett. No entanto, a covariável "peso ao nascimento" não apresentou efeito significativo sobre as variáveis-resposta, inviabilizando seu uso como ajuste na ANCOVA.

Diante disso, procedeu-se à análise de variância (ANOVA) para avaliar os efeitos principais e a interação entre os fatores sexo (dois níveis: machos e fêmeas) e período sazonal (dois níveis: chuvoso e seco) sobre as variáveis biométricas. O desdobramento da interação foi realizado quando significativo, conforme os critérios estabelecidos pela ANOVA.

Para as comparações múltiplas entre médias, foi adotado o teste HSD de Tukey com dados ranqueados (semiparamétrico), justificando-se sua utilização com base no número de médias envolvidas, nos coeficientes de variação observados e na aceitação das pressuposições. Além disso, foram aplicadas análises de correlação de Pearson entre os pesos aferidos nas diferentes fases (nascimento, desmame, ano e sobreano), considerando separadamente os grupos por sexo e por período. Os coeficientes de correlação foram apresentados por meio de correlogramas e curvas de dispersão, a fim de permitir uma visualização clara e interpretativa das relações entre as variáveis estudadas.

Para a análise de importância relativa das variáveis biométricas, reprodutivas e ambientais nas predições, utilizou-se o algoritmo de machine learning Random Forest. A importância das variáveis foi avaliada utilizando a métrica de aumento percentual no erro médio quadrático de predição (incMSE), essa abordagem permite quantificar o impacto individual de cada variável. Como o objetivo foi estimar a importância das variáveis preditoras na explicação da variável resposta, e não o modelo preditivo para dados futuros, o Ramdom Forest foi ajustado com o conjunto completo dos dados e validado internamente pelo próprio algoritmo por meio de amostragem bootstrap.

As análises estatísticas foram conduzidas no ambiente R[26], versão 4.4.2, com o auxílio dos pacotes: randomForest[27], multcomp[28], emmeans[29], ggplot2[30], RColorBrewer[31], dplyr[32], multcompView[33] e AgroR[34].

3. Resultados

A distribuição do peso ao nascimento (kg) de bezerros da linhagem Nelore não foi significativamente diferente entre o sexo masculino e feminino. No entanto, quando comparados os períodos dentro de cada sexo, observou-se que em ambos os sexos nascidos durante o período chuvoso apresentaram peso ao nascimento superior em relação aos nascidos no período seco (Figura 1 A).

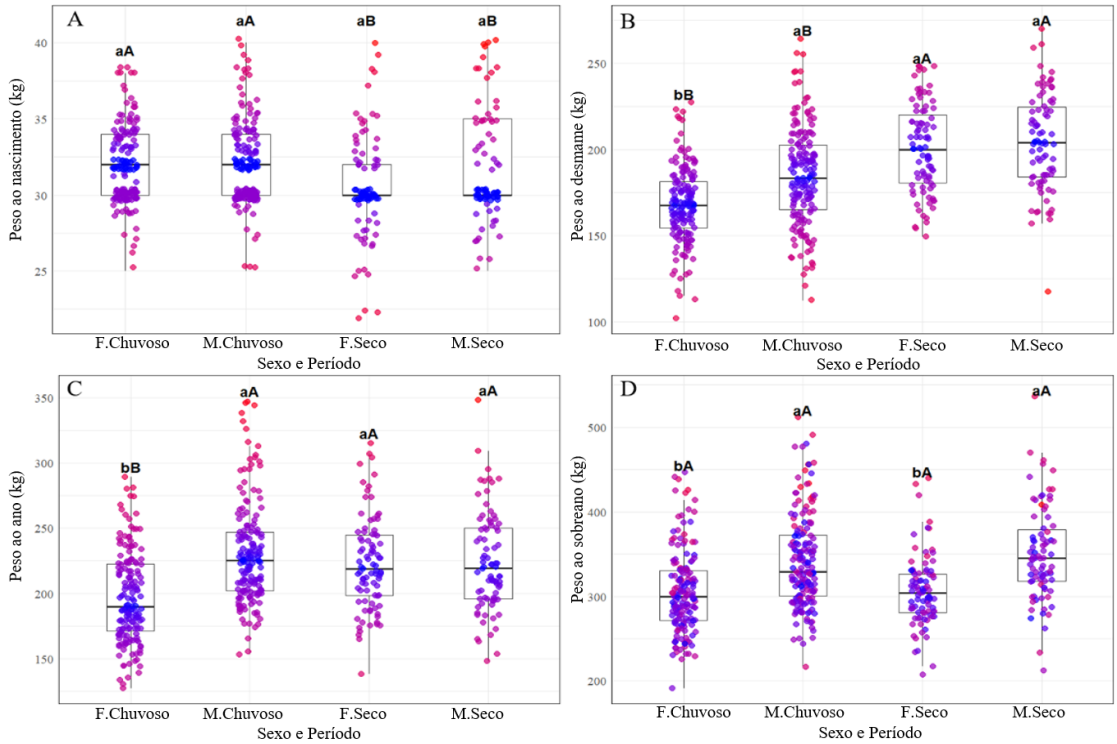

Figura 1. Distribuição do peso ao nascimento (A), desmame (B), ano (C) e sobreano (D) (kg) de bovinos da linhagem nelore por sexo (F – Fêmea e M – Macho) e periodo (Seca e Chuvoso), ao teste de HSD de Tukey ranqueado (p < 0,05). *Mesmas letras minúsculas entre os sexos no mesmo periodo e letra maiúsculas entre os períodos no mesmo sexo não se diferem ao teste HSD de Tukey ranqueado a P<0,05 de significância.

Quanto ao peso ao desmame (kg) é possível observar que no período chuvoso os animais do sexo masculino apresentaram peso significativamente superior em relação aos do sexo feminino possibilitando a visualização do comportamento de maior ganho de peso dos machos. Entretanto, no período seco, não houve diferença significativa entre os sexos dos animais. Ao analisar o efeito do período em cada sexo, nota-se que os animais desmamados no período seco apresentaram pesos superiores em relação aos nascidos no período chuvoso (Figura 1 B).

No peso ao ano (kg) no período chuvoso, o comportamento de maior ganho de peso do animal do sexo masculino se repetiu e demonstrou diferença significativa. Tal comportamento não foi observado no período em relação ao sexo, o que sugere a influência do ambiente reduziu a expressão das diferenças entre os sexos. No efeito do período em cada sexo, observou-se que os animais do sexo feminino apresentaram maior peso ao ano no período seco, diferindo significativamente das nascidas no período chuvoso. Por outro lado, os animais do sexo masculino apresentaram pesos similares independente do período e se recuperando em relação ao peso de desmame que foi inferior no período chuvoso (Figura 1 B e C).

Na distribuição do peso ao sobreano (kg) notou-se que, dentro de ambos os períodos, os animais do sexo masculino apresentaram pesos significativamente superior aos animais do sexo feminino, evidenciando o padrão natural de comportamento de maior ganho de peso dos machos. Quanto ao efeito do período dentro de cada sexo, não foi encontrado diferenças significativas, sugerindo que independente do ambiente, os animais alcançaram desempenho similar ao sobreano (Figura 1D).

Para os animais do sexo feminino nascidos no período seco, é possível notar que o peso ao desmame apresentou correlação significativa e positiva com o peso ao ano e peso ao sobreano, indicando que um bom desempenho na fase de desmame tende a refletir em ganhos consistentes nas fases seguintes de crescimento. Foi ainda mais evidente esse efeito entre o peso ao ano e sobreano, sugerindo que animais com bom desempenho ao ano mantêm esse padrão ao sobreano (Figura 2 A), sendo as médias as entre 0.30 e 0,49 e ano e sobreano forte, acima de 0.5 segundo o critério de Cohen.

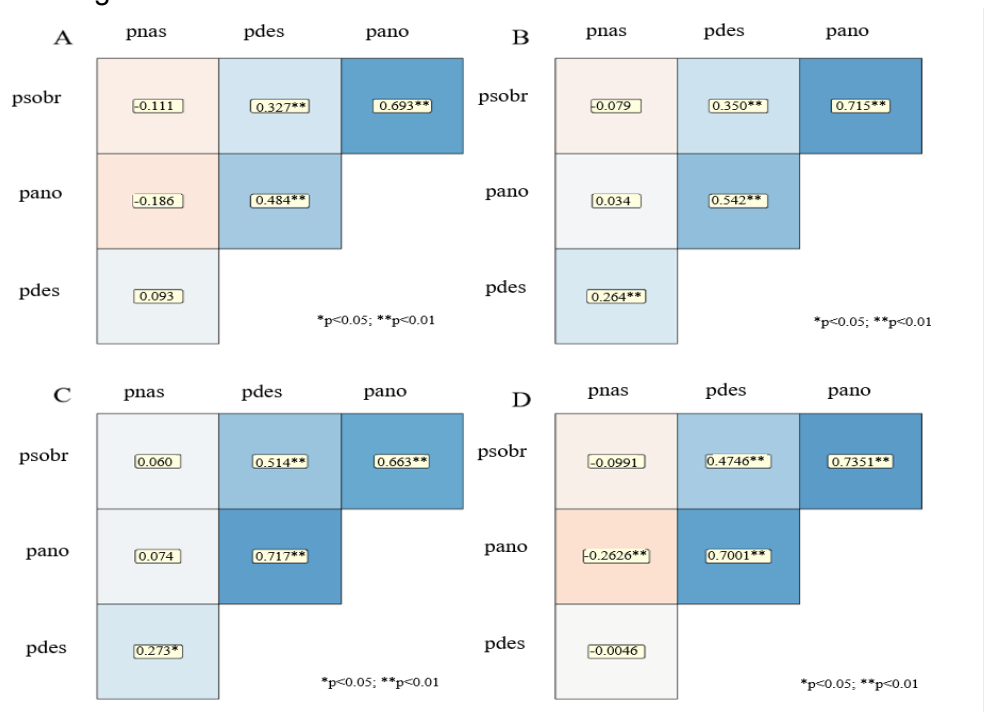

Figura 2. Correlação de Pearson em relação ao peso de nascimento, desmame, ano e sobreano (kg) de bovinos da linhagem nelore fêmeas no período seco (A), fêmeas no período chuvoso (B), machos no período seco (C) e machos no período chuvoso (D). psobr (peso ao sobreano), pano (peso ao ano), pdes (peso à desmama), pnas (peso ao nascimento).

Por outro lado, o peso no nascimento não apresentou significância e coeficientes negativos tanto para peso ao ano quanto para peso ao sobreano. Mesmo que não significativos, esse comportamento sugere que os animais do sexo feminino no período seco com pesos elevados ao nascimento podem apresentar desempenho inferior nas próximas fases (Figura 2 A). Já para os animais do sexo feminino no período chuvoso, mostrou que o peso ao desmame apresentou correlação significativa e positiva com o peso ao ano e com peso ao sobreano, reforçando a importância do desempenho inicial no crescimento dos animais. A correlação mais forte foi observada entre o peso ao ano e sobreano (Figura 2 B).

Quanto ao peso ao nascimento, apenas uma correlação fraca, porém significativa, foi observada com o peso ao desmame. Já em relação com o peso ao ano e sobreano não foram significativas. Isso indica que o peso ao nascimento no período chuvoso para os animais do sexo feminino proporciona uma influência limitada sobre as fases posteriores (Figura 2 B).

Entre os animais do sexo masculino nascidos no período seco, o peso ao desmame mostrou-se fortemente correlacionado com o peso ao ano e com o peso ao sobreano. Sendo a correlação entre o peso ao ano e peso ao sobreano expressiva mantendo a consistência no padrão de crescimento após o desmame (Figura 2 C).

Quanto ao peso ao nascimento apresentou uma correlação positiva e significativa com o peso ao desmame, sugerindo que para os animais do sexo masculino nascidos no período seco o peso ao nascimento pode ter contribuído de forma moderada para o desempenho até o desmame. No entanto não foram observadas correlações significativas entre o peso ao nascimento e a demais fases (peso ano; peso sobreano), demonstrando que seu valor preditivo para as fases posteriores é limitado (Figura 2 C).

Para os animais do sexo masculino no período chuvoso o peso ao desmame apresentou correlação positiva e significativa com o peso ao ano e com ao sobreano demonstrando que o desempenho ao desmame é um fator chave para a evolução nas etapas seguintes. A associação entre o peso ao ano e sobreano foi a mais elevada dentre todas as combinações, reafirmando que animais com melhor desempenho até o peso do ano tendem a manter esse desempenho no peso ao sobreano (Figura 2 D).

O peso ao nascimento apresentou correlação negativa fraca, porém significativa com o peso ao ano para os animais masculinos no período chuvoso, indicando que, bezerros mais pesados ao nascimento, neste contexto, tendem apresentar desempenho inferior ao peso ao ano (Figura 2 D).

O período foi o principal preditor do peso ao desmame, com 40,76 % de importância relativa, seguido por sexo (24,37 %) e peso ao nascimento (18,10 %). Esses resultados indicam que fatores ambientais exercem influência marcante no desempenho inicial dos animais. Para o peso ao ano, o peso ao desmame apresentou a maior importância (34,33 %), demonstrando forte relação entre o crescimento inicial e o desempenho posterior. Sexo, período e peso ao nascimento mantiveram contribuições relevantes (entre 17 % e 23 %), indicando que tanto variáveis relacionadas ao animal quanto ambientais continuam influenciando nesta fase (Tabela 1).

Para a análise de importância relativa das variáveis biométricas, reprodutivas e ambientais nas predições, utilizou-se o algoritmo de machine learning Random Forest. O conjunto de dados foi particionado em subconjuntos de treinamento (70 %) e teste (30 %), o ajuste do modelo foi realizado no conjunto de treinamento empregando validação cruzada repetida 10 folds, para fins de ajuste e seleção interna dos hiperparâmetros do modelo. Posteriormente, o desempenho preditivo foi avaliado no conjunto de teste, não utilizado na etapa de treinamento. A importância das variáveis foi avaliada utilizando a métrica de aumento percentual no erro médio quadrático de predição (incMSE), essa abordagem permite quantificar o impacto individual de cada variável.

Tabela 1. Importância relativa (%) dos preditores na estimativa dos pesos ao desmame, ao ano e ao sobreano, com base no aumento percentual do erro médio quadrático (%IncMSE) no modelo Random Forest.

Preditores	Importância relativa (%)		
	Peso ao desmame	Peso ao Ano	Peso ao Sobreano
Período	34,116	27,103	17,85
Sexo	63,083	24,962	27,469
Peso ao Nascimento	24,904	17,785	3,384
Peso ao Desmame	-	63,049	19,479
Peso ao Ano	-	-	66,430

Na predição do peso ao sobreano, o peso ao ano foi o preditor mais importante (32,70 %), seguido de sexo (31,08 %) e peso ao desmame (20,18 %). A influência do período (16,09 %) e do peso ao nascimento (6,69 %) foi reduzida, o que sugere que os pesos anteriores e o fator sexual tornam-se determinantes à medida que os animais atingem fases mais avançadas de desenvolvimento (Tabela 1).

4. Discussão

O dimorfismo sexual é um fenômeno pelo qual machos e fêmeas da mesma espécie são distintos em comportamento, tamanho e/ou aparência [35,36]. Essa expressão é amplamente descrita em bovinos, que quando avaliados, apresentam um desempenho ponderal superior nos machos, reflexo da a maior deposição de massa muscular e a eficiência alimentar dos machos, em função do perfil hormonal, especialmente a ação da testosterona [37–38]. Tal padrão foi observado com clareza no peso ao desmame e ao ano, especialmente no período chuvoso, onde as condições ambientais mais favoráveis permitiram maior expressão do potencial genético dos animais do sexo masculino (Figura 1- b,c).

A relação de distribuição de calor e de troca deste com o meio onde o animal se mantém deve ser considerada como um aspecto além de adaptabilidade, na ação fisiológica o desenvolvimento de envio de informações desde receptores cutâneo até os receptores centrais e hipotálamo, e sua a perceção deste de aumento de temperatura, gerando vasodilatação, sudorese e ofegação[39], caracterizando um desafio adaptativo com consequente gasto energético para retorno à homeostasia.

Quando o animal atinge o limiar crítico superior além da temperatura de conforto, ocorre o redirecionamento do fluxo sanguíneo para a periferia e aumento da taxa respiratória. Isso reduz a eficiência de conversão alimentar, pois a energia que seria destinada à deposição de tecido muscular (anabolismo) é consumida para a manutenção da homeostase através da termogênese [40].

O peso ao nascimento é um fator importante a ser avaliado, já que pode ser amplamente influenciado pelas condições ambientais e genéticas. Quando comparado isoladamente apenas ao dimorfismo sexual, observou-se a ausência de diferença significativa quanto ao peso ao nascimento (Figura 1-a). Esse resultado foi possível pois, durante as fases iniciais de desenvolvimento, o peso ao nascimento é mais fortemente influenciado por fatores maternos e ambientais do que por características sexuais do neonato [41, 42]. Quando relacionamos peso ao nascimento ao período do ano (período seco e chuvoso), observou-se uma ocorrência neste estudo de animais nascidos em período chuvoso terem maiores valores (Figura 1-a). Corroborando com outros estudos já publicados os quais atribuíram essa diferença às melhores condições nutricionais das matrizes gestantes nesse período, influenciando positivamente o ambiente intrauterino e o crescimento fetal, sendo tais fatores atuantes no desenvolvimento animal no processo produtivo [22,43,44].

No período seco, observou-se maior peso ao desmame entre os animais de ambos os sexos quando comparados aos nascidos no período chuvoso (Figura 1-b). Possivelmente relacionado ao ganho de peso compensatório, fenômeno manifestado em mamíferos e aves, os quais, após um período de restrição alimentar suficiente para deprimir o crescimento contínuo, apresentam taxa de crescimento acima do normal, ao acabar a restrição e iniciar uma alimentação adequada [45,46]. Além disso, práticas de manejo intensificado, frequentemente adotadas durante o período seco focadas na mitigação de deficiências nutricionais, podem ter contribuído para esse desempenho. A importância do ambiente, sobretudo em fases iniciais de desenvolvimento [47,48], é reafirmada pelo fato de o período do nascimento ter sido o preditor mais influente para o peso ao desmame (40,76 %), seguido por sexo (24,37 %) e peso ao nascimento (18,10 %), evidenciados na Tabela 1.

As análises de correlação demonstraram que o peso ao desmame apresentou associações positivas e significativas com o peso ao ano e peso ao sobreano, em todos os grupos estudados, destacando-se como possível variável-chave na indicação do desempenho futuro dos animais. Essa correlação enaltece o impacto que o desenvolvimento inicial detém sobre as fases subsequentes de crescimento [24, 49-51].

Toral et al. [52] ao investigarem a interação genótipo-ambiente em características de crescimento de bovinos Nelore no Mato Grosso do Sul, observaram que bezerros nascidos no início da estação chuvosa apresentaram, em geral, menores pesos ao nascer, o que influencia negativamente o peso à desmama. Contudo, os autores destacaram que esses animais tendem a apresentar ganho compensatório até a desmama, em razão da maior disponibilidade de forragens de boa qualidade e das condições ambientais mais favoráveis nesse período.

Por outro lado, o peso ao nascer apresentou correlação fraca ou não significativa com a fase específica de peso ao sobreano, sendo inclusive negativamente correlacionado com o peso ao ano em machos nascidos no período chuvoso [peso ao ano (r = -0,186), peso ao sobreano (r = -0,111)]. De acordo com Holland e Odde [18], o efeito de correlação baixa é evidente em casos onde o maior peso ao nascer pode acarretar diversos graus de distocia, culminando em sofrimento fetal, acidose metabólica e respiratória, com impactos adversos no desenvolvimento subsequente.

Evidenciando as descrições estatísticas demonstradas na Figura 1D, o peso ao sobreano expressou correlação direta com o dimorfismo sexual, onde o maior ganho de peso fica pronunciado no grupo dos animais machos, através da relação fisiológica como citado por Biffani et al. [53]. Ainda no que diz respeito ao ganho de peso relacionado ao sexo dos animais, Euclides Filho, Rosa & Figueiredo [54] observaram que os bezerros machos apresentaram em média, peso

aos nascer, aproximadamente 1,60 Kg superior aos das fêmeas, e de acordo com Yilmaz & Bayram [55], há uma correlação positiva entre o comprimento da gestação e o peso ao nascer, o que pode explicar esse maior peso observado nos machos, visto que, em geral, apresentam período gestacional mais longo.

Apesar de existir influência da sazonalidade ambiental (Figura 2) e de fases de desenvolvimento ponderal, o peso ao nascimento e o ganho de peso ao sobreano não demonstraram relação significante, com baixa importância relativa dos preditores como demonstrado em (Tabela 1), iguais a (6,69 %), tendência descrita em estudos que visualizaram maior crescimento em animais em fases posteriores [55, 56].

Ainda sobre as análises de correlação, o sexo apresentou papel crescente no desempenho ponderal com o avanço das fases de crescimento, sendo o segundo preditor mais importante para o peso ao sobreano (31,08 %), enaltecendo o efeito do dimorfismo sexual sobre o ganho de peso dos animais, anteriormente já mencionado, e amplamente descrito por diferentes altores [13–15]. Em um contraponto, à influência ambiental (período) reduz seu impacto sobre o desempenho dos animais com o avançar das fases de produção, indicando que os efeitos ambientais tendem a ser mais expressivos nas fases iniciais da vida. Pode-se associar as estratégias de manejo adotadas na propriedade como atenuantes desse efeito do ambiente sobre o animal como manejo nutricional e de bem-estar ambiental [23, 38, 57].

Como caráter resultante dos dados avaliados, pode-se observar o impacto das fases de desenvolvimento inicial pós-natal dos animais no crescimento ponderal dos animais, intimamente associada ao ambiente (período de nascimento), indicando que pesos intermediários ao nascimento e elevados ao desmame, estão relacionados à melhor desenvolvimento ponderal do animal, também considerando o dimorfismo sexual, fator que tem impacto progressivo no desempenho, favorecendo os machos no ganho de peso.

5. Conclusão

Conclui-se que o desempenho ponderal de bovinos da raça Nelore é influenciado pela sazonalidade da época de nascimento e pelo desenvolvimento inicial na região de bioma Cerrado, no sul do estado de Tocantins, com o peso ao desmame se consolidando como um preditor mais robusto do desempenho futuro do que o peso ao nascimento, que pode ser influenciado por fatores maternos.

Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Declaração de disponibilidade de dados

O conjunto completo de dados que suporta os resultados deste estudo foi publicado no próprio artigo.

Contribuições do autor

Conceituação: Sampaio, H.S.; Curadoria de dados: Marques Filho, W.C.; Metodologia: Coutinho, W.B.G. e Gomes, A.L.; Redação (revisão e edição): Dias, N.C.C. e Siva, A.G.

Declaração de uso de IA generativa

Os autores não utilizaram ferramentas ou tecnologias de IA generativa na criação ou edição de nenhuma parte deste manuscrito.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Aquacultura Tupi Ltda., Guaíra, Paraná, Brasil, por doar o peixe utilizado neste estudo.

Referências

1. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (ABIEC). Beef Report 2024: perfil da pecuária no Brasil [Internet]. São Paulo: ABIEC; 2024 [citado 2026 maio 8]. Disponível em: https://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2024-perfil-da-pecuaria-no-brasil/?utm_source=chatgpt.com

2. Biscola PHN, Malafaia GC. Anuário Cicarne da cadeia produtiva da carne bovina: 2024-2025 [Internet]. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte; 2025 [citado 2026 maio 8]. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1174114

3. Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2nd ed. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates; 1988.

4. Gomes EM, Muniz JA, Castro SS, et al. Manejo e bem-estar animal na bovinocultura de corte no Brasil: uma revisão de literatura. Rev Multidiscip Nord Min [Internet]. 2025 abr 15 [citado 2026 maio 8];7(1):1–23. Disponível em: https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/23662

5. Mazarin DS, Meneguelli M. Produção de carne bovina na fase de terminação dentro do sistema intensivo na pecuária de corte. Res Soc Dev [Internet]. 2025 abr 2 [citado 2026 maio 8];14(4):e0414448595. Disponível em: https://doi.org/10.33448/rsd-v14i4.48595

6. Pereira JR, Montagner MM, Fluck AC, et al. Efeitos do clima sobre a adaptação e fisiologia de bovinos de corte *Bos taurus x Bos indicus*. Rev Electron Vet [Internet]. 2017 [citado 2026 maio 8];18(11). Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/636/63653574008.pdf

7. Hansen PJ. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. Anim Reprod Sci [Internet]. 2004 jul 1 [citado 2025 maio 20];82–83:349–60. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15271465/

8. Barbosa BRP, Santos SA, Abreu UGP, et al. Tolerância ao calor em bovinos das raças Nelore branco, Nelore vermelho e Pantaneira. Rev Bras Saúde Prod Anim [Internet]. 2014 [citado 2026 maio 8];15(4):854–65. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbspa/a/5GSj5Wg34sFpYbXq4WmbdrN/?lang=pt

9. Sarmento JLR, Pimenta Filho EC, Ribeiro MN, Martins Filho R. Efeitos ambientais e genéticos sobre o ganho em peso diário de bovinos Nelore no Estado da Paraíba. Rev Bras Zootec [Internet]. 2003 abr [citado 2026 maio 8];32(2):325–30. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000200010

10. Viu MAO, Lopes DT, Gambarini ML, et al. Efeito da época do parto, idade materna e sexo sobre o desempenho pré-desmama de bezerros Nelore (*Bos taurus indicus*), criados extensivamente no Centro-Oeste do Brasil. Arch Vet Sci [Internet]. 2006 dez 31 [citado 2026 maio 8];11(3):75–9. Disponível em: https://doi.org/10.5380/avs.v11i3.7421

11. Silva Neto JB, Mota LFM, Londoño□Gil M, et al. Genotype by environment interactions in beef and dairy cattle populations: a review of methodologies and perspectives on research and applications. Anim Genet [Internet]. 2024 dez 8 [citado 2026 maio 8];55(6):871–92. Disponível em: https://doi.org/10.1111/age.13483

12. Silva NAM, Aquino LH, Silva FF, et al. Growth curves and non-genetic factors affecting growth rate of nelore cattle. Cienc Agrotecnol. 2004;28(3):647–54. https://doi.org/10.1590/S1413-70542004000300022

13. Júnior CPB, Borges LS, Sousa PHAA, et al. Melhoramento genético em bovinos de corte (Bos indicus). Nutr Rev Eletrônica. 2016;13(1):4558–64.

14. Souza JC, Ramos AA, Silva LOC, et al. Fatores do ambiente sobre o peso ao desmame de bezerros da raça nelore em regiões tropicais brasileiras. Cienc Rural [Internet]. 2000 out [citado 2026 maio 8];30(5):881–5. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0103-84782000000500024

15. Berg RT, Butterfield RM. New concepts of cattle growth [Internet]. Vol 4. Sydney: Sydney University Press; 1977 [citado 2026 maio 8]. 299 p. (Livestock Production Science). Disponível em: https://doi.org/10.1016/0301-6226(77)90048-3

16. Lambertz C, Farke-Röver A, Gauly M. Effects of sex and age on behavior and weight gain in beef calves after abrupt weaning. Anim Sci J [Internet]. 2015 mar 1 [citado 2025 maio 20];86(3):345–50. Disponível em: https://doi.org/10.1111/asj.12285

17. Greenwood PL, Cafe LM, Hearnshaw H, et al. Long-term consequences of birth weight and growth to weaning on carcass, yield and beef quality characteristics of Piedmontese- and Wagyu-sired cattle. Aust J Exp Agric [Internet]. 2006 [citado 2025 maio 21];46(2):257. Disponível em: http://www.publish.csiro.au/?paper=EA05240

18. Assan N, Makuza SM. The effect of non-genetic factors on birth weight and weaning weight in three sheep breeds of Zimbabwe. Asian-Australasian J Anim Sci. 2005;18(2):151–7. https://doi.org/10.5713/ajas.2005.151

19. Holland MD, Odde KG. Factors affecting calf birth weight: a review. Theriogenology. 1992;38(5):769–98. https://doi.org/10.1016/0093-691x(92)90155-k

20. Assan N. Various factors influencing birth weight in animal production. Sci J Rev [Internet]. 2013 [citado 2026 maio 8];2(27):156–75. Disponível em: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.367.8957&rep=rep1&type=pdf

21. Ferrell CL. Factors influencing fetal growth and birth weight in cattle. Rom L Hruska US Meat Anim Res Cent Reports [Internet]. 1993 jan 1 [citado 2025 maio 21]. Disponível em: https://digitalcommons.unl.edu/hruskareports/132

22. Guyoti VM. Efeito da esquila durante a gestação no metabolismo de ovelhas e cordeiros na fase pós-nascimento [Dissertação]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2013 [citado 2026 maio 8]. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/71594

23. Novaes TO. Efeito da época de nascimento sobre o desempenho de bezerros nelore na desmama [Trabalho de conclusão de curso]. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"; 2016 [citado 2026 maio 8]. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/entities/publication/a59afca8-98e2-4296-afc1-28c31072d274

24. Hoffmann A, Moraes EHBK, Mousquer CJ, et al. Produção de bovinos de corte no sistema de pasto-suplemento no período seco. Nativa [Internet]. 2014 jun 26 [citado 2026 maio 8];2(2):119–30. Disponível em: https://nutritime.com.br/wp-content/uploads/2020/02/Artigo-315.pdf

25. Cardoso FF, Cardellino RA, Campos LT. Época de nascimento no crescimento de bezerros aberdeen angus criados no Rio Grande do Sul e suas implicações no melhoramento genético. Cienc Rural. 2000;30(6):1047–51.

26. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing [Internet]. Vienna: R Foundation for Statistical Computing; 2024 [citado 2025 abr 30]. Disponível em: https://www.r-project.org/

27. Liaw A, Wiener M. Classification and regression by randomForest. R News. 2002;2(3):18–22.

28. Hothorn T, Bretz F, Westfall P. Simultaneous inference in general parametric models. Biom J. 2008;50(3):346–63.

29. Lenth R. emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means [Internet]. R package version 1.10.0. 2024 [citado 2025 abr 30]. Disponível em: https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3437485

30. Wickham H. ggplot2: Elegant graphics for data analysis [Internet]. 2nd ed. New York: Springer-Verlag; 2016 [citado 2026 maio 8]. Disponível em: https://ggplot2.tidyverse.org

31. Neuwirth E. RColorBrewer: ColorBrewer Palettes [Internet]. R package version 1.1-3. 2022 [citado 2025 abr 30]. Disponível em: https://cran.r-project.org/web/packages/RColorBrewer/index.html

32. Wickham H, François R, Henry L, Müller K, Vaughan D. dplyr: A grammar of data manipulation [Internet]. R package version 1.1.4. 2023 [citado 2025 abr 30]. Disponível em: https://dplyr.tidyverse.org

33. Graves S, Piepho HP, Selzer L. multcompView: Visualizations of Paired Comparisons [Internet]. R package version 0.1-10. 2024 [citado 2025 abr 30]. Disponível em: https://rdrr.io/cran/multcompView/

34. Shimizu GD, Marubayashi RYP, Gonçalves LSA. AgroR: Experimental Statistics and Graphics for Agricultural Sciences [Internet]. R package version 1.3.6. 2024 [citado 2026 maio 8]. Disponível em:https://cran.r-project.org/web/packages/AgroR/index.html

35. Doyle JL, Purfield DC, Moore T, et al. Identification of genomic regions that exhibit sexual dimorphism for size and muscularity in cattle. J Anim Sci [Internet]. 2021 mai 1 [citado 2026 maio 8];99(5). Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33677555/

36. Berns CM. The evolution of sexual dimorphism: understanding mechanisms of sexual shape differences. In: Moriyama H, editor. Sexual Dimorphism [Internet]. Rijeka: InTech; 2013 [citado 2026 maio 8]. p. 1–16. Disponível em: https://doi.org/10.5772/55154

37. Coutinho Filho JLV, Peres RM, Justo CL. Produção de carne de bovinos contemporâneos, machos e fêmeas, terminados em confinamento. Rev Bras Zootec [Internet]. 2006 out [citado 2026 maio 8];35(5):2043–9. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000700023

38. Junqueira JOB, Velloso L, Felício PE. Desempenho, rendimentos de carcaça e cortes de animais, machos e fêmeas, mestiços Marchigiana x Nelore, terminados em confinamento. Rev Bras Zootec [Internet]. 1998 [citado 2026 maio 8];27(6):1199–205. Disponível em: https://www.sbz.org.br/revista/artigos/1944.pdf

39. Paulino PVR, Valadares Filho SC, Detmann E, et al. Desempenho produtivo de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais alimentados com dietas contendo dois níveis de oferta de concentrado. Rev Bras Zootec [Internet]. 2008 jun [citado 2026 maio 8];37(6):1079–87. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000600019

40. Klein BG. Cunningham tratado de fisiologia veterinária. 5th ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2014.

41.Oliveira RFM, Donzele JL, Vargas Junior JG, Albino LFT, Lima APC. Níveis de energia metabolizável para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade mantidos em ambiente de conforto térmico. Rev Bras Zootec. 2005;34(6):1924-32. Available from: https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000600025

42.Ferraz JBS, Euclydes RF. Avaliação genética em gado de corte. Lavras: UFLA; 1997. 200 p.

43. Klein JL, Adams SM, Filho DCA, et al. Effects of maternal nutrition in the final third of gestation on performance and body composition of progeny at slaughter. Cienc Anim Bras [Internet]. 2023 [citado 2026 maio 8];24(2). Disponível em: https://www.scielo.br/j/cab/a/fgdnWmytfRbrjKMp8L7WN9N/

44. Paz CCP, Albuquerque LG, Fries R. Efeitos ambientais sobre ganho de peso no período do nascimento ao desmame em bovinos da raça Nelore. Rev Bras Zootec [Internet]. 1999 fev [citado 2026 maio 8];28(1):55–64. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1516-35981999000100008

45. Greenwood P, Hunt A, Hermanson J, Bell A. Effects of birth weight and postnatal nutrition on neonatal sheep: I. Body growth and composition, and some aspects of energetic efficiency. J Anim Sci. 1998;76:2354–67. https://doi.org/10.2527/1998.7692354x

46. Ben Salem H, Smith T. Feeding strategies to increase small ruminant production in dry environments. Small Rumin Res [Internet]. 2008 jul [citado 2026 maio 8];77(2–3):174–94. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2008.03.008

47. Barbosa FA, Bicalho FL, Graça DS, et al. Ganho compensatório no desempenho e eficiência econômica de novilhos Nelore submetidos a diferentes regimes alimentares. Arq Bras Med Vet Zootec [Internet]. 2016 fev [citado 2026 maio 8];68(1):182–90. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1678-4162-8212

48. Barbero RP, Ribeiro ACC, Moura AM, et al. Production potential of beef cattle in tropical pastures: a review. Cienc Anim Bras [Internet]. 2021 [citado 2026 maio 8];22. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1809-6891v22e-69609

49.Nichele EM, Moraes EHBK, Araújo CV, et al. Hoffmann A. Eficiência bioeconômica de bovinos de corte em confinamento. Rev Bras Saúde Prod Anim [Internet]. 2015 set [citado 2026 maio 8];16(3):699–711. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1519-99402015000300020

50. Evangelista AF, Borges LS, Fonseca WJL, et al. Parâmetros genéticos de características de crescimento em bovinos da raça Tabapuã. Med Vet [Internet]. 2019 abr 23 [citado 2026 maio 8];13(3):454. Disponível em: https://doi.org/10.26605/medvet-v13n3-3310

51. Baldi F, Alencar MM, Albuquerque LG. Estimativas de parâmetros genéticos para características de crescimento em bovinos da raça Canchim utilizando modelos de dimensão finita. Rev Bras Zootec. 2010;39(11):2409–17. https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001100013

52. Toral FLB, Silva LOC, Martins EN, et al. Interação genótipo x ambiente em características de crescimento de bovinos da raça Nelore no Mato Grosso do Sul. Rev Bras Zootec [Internet]. 2004 dez [citado 2026 maio 8];33(6):1445–55. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000600011

53. Biffani S, Martins Filho R, Giorgetti A, et al. Fatores ambientais e genéticos sobre o crescimento ao ano e ao sobreano de bovinos Nelore, criados no Nordeste do Brasil. Rev Bras Zootec [Internet]. 1999 [citado 2026 maio 8];28(3):468–73. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1516-35981999000300005

54. Euclides Filho K, Rosa ADN, Figueiredo GR. Peso ao nascer de bezerros nelore: heritabilidade e interação sexo x reprodutor. Pesqui Agropecu Bras [Internet]. 1981 [citado 2026 maio 8];16(6):913–8. Disponível em: http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/318227

55. Yilmaz O, Bayram D. Effects of some factors on gestation length in Hamdani, Red Karaman and Karakul sheep. J Fac Vet Med Istanbul Univ. 2006;32(1):29–35. https://doi.org/10.16988/iuvfd.79326

56. Biffani S, Martins Filho R, Martini A, et al. Fatores ambientais e genéticos que influenciam o desenvolvimento ponderal até o desmame de animais Nelore criados no Nordeste do Brasil. Rev Bras Zootec [Internet]. 1999 ago [citado 2026 maio 8];28(4):693–700. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1516-35981999000400006

57. Evangelista AF, Borges LS, Fonseca WJL, Cavalcante DH. Parâmetros genéticos de características de crescimento em bovinos da raça Tabapuã. Med Vet [Internet]. 2019 abr 23 [citado 2026 maio 8];13(3):454. Disponível em: https://doi.org/10.26605/medvet-v13n3-3310

58. Silva BP, Coan VM, Santinon NP, Silva MD. Bem-estar animal em sistemas de produção de bovinos. Rev Ibero-Am Hum Cienc Educ [Internet]. 2024 dez 5 [citado 2026 maio 8];10(12):1260–75. Disponível em: https://doi.org/10.51891/rease.v10i12.17478