

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA**

ISABELA DEFENSOR FARIA

**ACASALAMENTOS DIRIGIDOS COMO FERRAMENTA IMPULSIONADORA DO
PROGRESSO GENÉTICO DE REBANHOS BOVINOS DE CORTE**

UBERLÂNDIA

2025

ISABELA DEFENSOR FARIA

**ACASALAMENTOS DIRIGIDOS COMO FERRAMENTA IMPULSIONADORA DO
PROGRESSO GENÉTICO DE REBANHOS BOVINOS DE CORTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do curso de graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Zootecnia.

Orientador (a): Prof^a. Dr^a Carina Ubirajara de Faria Bernardes

UBERLÂNDIA

2025

ISABELA DEFENSOR FARIA

Acasalamentos dirigidos como ferramenta impulsionadora do progresso genético de rebanhos
bovinos de corte

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
coordenação do curso de graduação em
Zootecnia da Universidade Federal de
Uberlândia como requisito parcial para
obtenção do título de bacharel em Zootecnia.

Uberlândia, 19 de setembro de 2025.

Banca Examinadora:

Prof^ª. Dr^ª. Carina Ubirajara de Faria Bernardes.
Médica Veterinária / Docente FMVZ – UFU

Prof^ª. Dr^ª. Natascha Almeida Marques da Silva
Zootecnista / Docente FMVZ – UFU

Prof^ª. Dr^ª. Renata Lançoni
Médica Veterinária / Docente FMVZ – UFU

Dedico este trabalho aos meus pais, Mário Cesar e Patrícia, que nunca mediram esforços para que eu realizasse minha graduação em uma Federal, além de sempre me apoiarem nesta jornada da melhor forma, vocês foram o pilar desta conquista.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela dádiva da vida e por me permitir estar presente neste mundo tão rico e belo, cercada de pessoas que o tornam mais alegre e melhor. Obrigada, Senhor, pela minha saúde, pela força para superar momentos difíceis, pela sabedoria para tomar decisões e contornar obstáculos no caminho, e até pela minha fragilidade em certos momentos, que me fez compreender a quão pequena sou diante da imensidão da vida. Acima de tudo, obrigada pela minha família.

Obrigada, mãezinha Maria, por sempre estar ao meu lado e me fazer sentir sua presença quando estou com medo. A Nossa Senhora Desatadora dos Nós, que sempre esteve presente nas orações da minha família e que, nos últimos anos, fortaleceu em mim a devoção e a fé de que os nós aparentemente impossíveis em nossas vidas podem, sim, ser desfeitos.

Aos meus pais, meu mais sincero obrigada por me educarem e me mostrarem o caminho certo da vida. Quando amadurecemos, percebemos que tudo o que foi feito no passado — os castigos, a rigidez, as conversas e até as brigas — serviu para o nosso bem. Tenho profunda gratidão por ter sido vocês os escolhidos para guiar, com amor e firmeza, alguém de caráter e personalidade como eu. Agradeço por sempre fazerem o melhor por mim e me ensinarem a ser uma boa pessoa.

Para minha mãe Patrícia, minha melhor amiga e companheira de todas as horas: obrigada por sempre me dar os melhores conselhos, por me ver chorar e reclamar do cansaço, mas nunca — em hipótese alguma — permitir que eu pensasse em desistir. Obrigada por se preocupar comigo e por preparar as melhores comidinhas, que sempre foram um abraço em forma de sabor. Para meu pai Mário, que mesmo sendo duro as vezes, sempre pensou no meu melhor e me ensinou a lidar com os desafios da vida, finanças e a ter dedicação em tudo o que faço. Obrigada, meus pais, por todo amor, apoio e pela confiança depositada em mim. Tudo o que sou e conquistei até aqui carrega a marca de vocês.

Aos meus avós, muito obrigada por ensinarem a pureza da vida e ter me dado o melhor amor de todos, onde fizeram de sua casa em minha infância, um verdadeiro mundo encantado, onde tudo era possível e me fizeram sonhar. Gratidão por ter vivido isso. Vó Sueli, você foi fundamental por me dar forças, escutar meus desabafos e ficar orgulhosa com as experiências que eu contava. Vó Marcia, a senhora foi importante para me apoiar e elogiar, falando o quanto me esforçava e merecia as conquistas que chegavam. Vô Silvio, obrigada por trazer sua espiritualidade e serenidade em minha vida, sendo um bom amigo e um ser humano incrível que me incentivava sempre.

Também agradeço a cada familiar e amigos que de alguma forma foram importantes para essa etapa, que comemorou minhas vitórias e que me incentivaram a ser alguém melhor. Em especial, gostaria de agradecer minhas melhores amigas Geovanna, Jhully e Maria Júlia, que estiveram comigo em todos os momentos e quando eu me sentia sozinha me fizeram lembrar que sou amada e especial, vocês foram demais. A Geovanna principalmente, que está comigo desde os meus 10 anos de idade e é com certeza parte dessa vitória, me ouvindo e aconselhando sempre. Um agradecimento para minhas companheiras e amigas de universidade: Amanda e Anna Karoline, foi muito bom ter vocês como parceiras e amigas nesses anos.

Um agradecimento especial ao Programa de Educação Tutorial (PET) da Zootecnia, , e que foi muito mais do que um programa de ensino durante os 3 anos em que permaneci nele. O PET me ensinou, me desafiou e principalmente me fez amadurecer muito profissionalmente e no âmbito pessoal. Foi nele que tive a oportunidade de explorar o mundo universitário de todas as formas, com pesquisas, eventos e extensão, levando o nome da nossa faculdade para além dos portões da UFU. Com ele, aprendi a importância do trabalho em grupo, a vivência do mundo corporativo e a valorizar a organização pessoal e profissional. Cada experiência, cada projeto, cada problema e cada momento compartilhado me acrescentaram não apenas como estudante, mas como pessoa. Serei eternamente grata por tudo que o PET representou na minha trajetória acadêmica e por todos os aprendizados que levarei para a vida.

Com isso, gostaria de citar a ex tutora do PET, a Elenice, que contribuiu muito para meu crescimento pessoal, e principalmente a conviver com diferenças e saber lidar com as críticas, não somente isso, como a ser justa e fazer com dedicação e amor nosso trabalho. Também agradeço a atual tutora Eliane, que ensinou um jeito novo de lidar em grupo, com uma leveza e respeito. Agradeço também as Petianas que foram minhas amigas e deixaram tudo mais leve: Ana Laura, Anna Karoline, Bianca P., Eduarda, Isabela G. e Polly.

Agradeço profundamente a minha Tutora Carina, que além de excelente professora é uma pessoa especial e iluminada, nunca deixe de ser brilhante, tenho muito orgulho por ter me orientado e topado me ajudar em um dos momentos mais especiais da minha vida. Aguardei ansiosamente seu retorno e por ser sua aluna, o que você me ensinou, jamais será esquecido, e não falo só de conteúdo, mas sim sobre a humildade e simplicidade da vida. Obrigada a minha banca, Natascha e Renata, formada por mulheres incríveis e que tive admiração especial em minha graduação.

Por fim, gostaria de agradecer à Fazenda deste estudo, que disponibilizou os dados genéticos, essenciais para a realização das análises e contribuiu de forma significativa para o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência do uso das ferramentas de melhoramento genético, com ênfase nos acasalamentos dirigidos, sobre o progresso genético de um rebanho de bovinos da raça Nelore, considerando características produtivas e reprodutivas relevantes ao sistema de produção. O estudo foi realizado com os dados genéticos de uma fazenda em Capinópolis – MG, participante dos programas de melhoramento genético da ANCP e PMGZ. Foram comparados dois períodos: I (2017–2019), com seleção baseada em DEPs e acasalamentos morfológicos, e II (2020–2024), marcado pela intensificação do uso de acasalamentos dirigidos. As características avaliadas foram: peso ao desmame (P210, kg), peso ao sobreano (P450, kg), perímetro escrotal aos 365 dias (PE365, cm), área de olho de lombo (AOL, cm²), acabamento de carcaça (ACAB, mm), *stayability* (STAY, %), probabilidade de parto precoce (3P, %) e mérito genético total econômico (MGTe). A análise estatística descritiva das médias das DEPs, complementada por gráficos comparativos, permitiu avaliar a evolução genética anual do rebanho entre os períodos. Os resultados evidenciaram avanços genéticos mais expressivos no cenário II para a maioria das características selecionadas, resultando em maior uniformidade do rebanho e redução dos desvios padrões. Como por exemplo o peso ao desmame (P210), que teve um ganho genético anual de 1,30 kg, ou 145,28% superior ao do cenário I, e a área de olho de lombo (AOL) que teve ganho anual de 0,40 cm² (100% maior), que o período anterior. As exceções foram para as características de acabamento de carcaça, *stayability* e probabilidade de parto precoce, que apresentaram menores ganhos anuais no cenário II, devido à redução da variabilidade genética após ciclos contínuos de seleção, embora tenham mantido médias genéticas superiores. Conclui-se que os acasalamentos dirigidos demonstraram ser uma ferramenta eficaz no progresso genético do rebanho da raça Nelore, contribuindo para a melhoria consistente das características utilizadas como critérios de seleção.

Palavras-chaves: ganho genético; DEPs; Nelore; produção animal; ferramentas do melhoramento genético.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the influence of genetic improvement tools, with an emphasis on directed mating, on the genetic progress of a herd of Nelore cattle, considering productive and reproductive characteristics relevant to the production system. The study was conducted using genetic data from a farm in Capinópolis, Minas Gerais, Brazil, participating in the ANCP and PMGZ genetic improvement programs. Two periods were compared: I (2017–2019), with selection based on EPDs and morphological mating, and II (2020–2024), marked by the intensification of the use of directed mating. The characteristics evaluated were: weaning weight (P210, kg), yearling weight (P450, kg), scrotal circumference at 365 days (PE365, cm), loin eye area (AOL, cm²), carcass finish (ACAB, mm), stayability (STAY, %), probability of early calving (3P, %), and total economic genetic merit (MGTe). Descriptive statistical analysis of the mean TEPs, supplemented by comparative graphs, allowed for the evaluation of the annual genetic evolution of the herd between periods. For example, weaning weight (P210) had an annual genetic gain of 1.30 kg, or 145.28% higher than in scenario I, and loin eye area (LEA) had an annual gain of 0.40 cm² (100% higher) than in the previous period. The results showed more significant genetic advances in scenario II for most of the selected traits, resulting in greater herd uniformity and reduced standard deviations. The exceptions were for carcass finishing traits, stayability, and probability of early calving, which showed lower annual gains in scenario II due to reduced genetic variability after continuous selection cycles, although they maintained higher genetic means. It is concluded that directed mating proved to be an effective tool in the genetic progress of the Nelore breed herd, contributing to the consistent improvement of the traits used as selection criteria.

Keywords: genetic gain; EPDs; Nelore; animal production; genetic improvement tools.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCZ	Associação Brasileira de Criadores de Zebu
ACNB	Associação dos Criadores de Nelore do Brasil
ANCP	Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores
AOL	Área de Olho de Lombo
CV	Coefficiente de Variação
DEPs	Diferenças Esperadas na Progenie
Máx	Máximo
MG	Minas Gerais
MGTe	Mérito Genético Total Econômico
Min	Mínimo
N	Número de Animais
PAG	Programa de Avaliação Genética
PE	Perímetro Escrotal
PGP	Provas de Ganho de Peso
PMGZ	Programa de Melhoramento Genético de Raças Zebuínas
PO	Puro de Origem
SD	Desvio Padrão
STAY	<i>Stayability</i>
\bar{x}	Média

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1	A Evolução do Melhoramento Genético no Brasil	11
2.2	Características de Produção Avaliadas.....	13
2.3	Ferramentas do Melhoramento Genético	15
2.3.1	<i>Seleção.....</i>	15
2.3.2	<i>Acasalamentos Dirigidos.....</i>	16
2.4	Casos de Sucesso com a Aplicação das Ferramentas ao Melhoramento Genético	18
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5	CONCLUSÃO	31
	REFERÊNCIAS.....	32

1 INTRODUÇÃO

A pecuária de corte brasileira tem se consolidado como uma das mais relevantes do mundo, especialmente devido ao seu expressivo volume de exportações. Em 2024, o Brasil manteve sua posição como maior exportador global de carne bovina, com o envio de aproximadamente 2,89 milhões de toneladas do produto para o exterior (ABIEC, 2025). Esse destaque internacional está diretamente ligado à modernização dos sistemas produtivos, impulsionada por avanços tecnológicos e pela busca contínua por maior eficiência nas produções. Entre os principais fatores que contribuíram significativamente para o aumento da produtividade e qualidade da carne bovina, estão as melhorias no manejo, na nutrição e, especialmente, no uso de ferramentas de melhoramento genético (Alencar, 2004).

Com a competitividade do mercado global, aliada à demanda por menor tempo de produção e elevada qualidade do produto, o setor pecuário tem sido constantemente pressionado a adotar soluções cada vez mais eficientes (Barbosa, 2019). Nesse cenário, o melhoramento genético assume papel estratégico para responder aos desafios atuais, assegurando não apenas ganhos econômicos, mas também maior eficiência produtiva e características alinhadas ao propósito de cada propriedade (Alencar, 2004).

Apesar da relevância da pecuária de corte no cenário nacional, muitos produtores ainda mantêm práticas tradicionais, caracterizadas pela utilização de reprodutores sem avaliação genética, ausência de controle sistemático dos acasalamentos e pela falta de registros consistentes do desempenho produtivo e reprodutivo do rebanho. Entretanto, observa-se que a parcela dos pecuaristas que aderem aos programas de melhoramento genético alcança ganhos expressivos a cada geração, refletindo diretamente na eficiência global desses sistemas de produção (Costa, 2014).

Para que o aprimoramento genético seja efetivo dentro de um rebanho, duas ferramentas fundamentais são utilizadas: a seleção e os acasalamentos dirigidos. Segundo Neves *et al.* (2009), a seleção consiste na escolha de animais geneticamente superiores com base em características de interesse econômico, como ganho em peso e fertilidade, por exemplo. Já os acasalamentos dirigidos envolvem a combinação estratégica desses reprodutores selecionados, considerando as informações genéticas, como as Diferenças Esperadas na Progenie (DEPs), de modo a potencializar o ganho genético sem comprometer a variabilidade da progênie.

A utilização dessas ferramentas, associada ao uso de emprego de biotecnologias reprodutivas, como a inseminação artificial, por exemplo, tem apresentado impactos positivos tanto na produtividade quanto na qualidade da carne bovina (Alencar, 2004). Esse conjunto de

estratégias acelera o progresso genético, reduz o intervalo entre gerações e otimiza indicadores como fertilidade, ganho em peso e rendimento de carcaça.

Assim, a aplicação criteriosa das ferramentas de melhoramento genético permite que, ao longo dos anos, os rebanhos apresentem médias produtivas superiores em comparação aos períodos anteriores à sua adoção, além de resultados mais consistentes em relação às médias observadas em programas de melhoramento (Barbosa, 2019). Esse processo contribui para a formação de animais geneticamente superiores e para a elevação da qualidade genética dos plantéis nacionais.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência do uso das ferramentas de melhoramento genético, com ênfase nos acasalamentos dirigidos, sobre o progresso genético de um rebanho bovino da raça Nelore, considerando características produtivas e reprodutivas relevantes ao sistema de produção.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A Evolução do Melhoramento Genético no Brasil

O melhoramento genético animal no Brasil teve início com a introdução de práticas voltadas à avaliação do desempenho ponderal. A partir da década de 1950, no Instituto de Zootecnia de São Paulo desenvolveu-se as primeiras Provas de Controle de Desenvolvimento Ponderal (CDP) que consistiam na mensuração do ganho em peso dos animais, aos quais eram pesados em diferentes idades para acompanhar seu crescimento. Esses dados possibilitaram as primeiras estimativas de mérito genético dos reprodutores, ainda baseadas em modelos de touro, servindo de base para as futuras DEPs (Diferenças Esperadas na Progenie) utilizadas atualmente nos programas de melhoramento modernos (Euclides Filho, 2009).

Nas décadas seguintes, especialmente a partir dos anos 70, a Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ) passou a implementar as Provas de Ganho em Peso (PGP), inicialmente conduzidas em confinamento e, posteriormente, adaptadas ao regime de pasto. Essas provas tinham como principal objetivo identificar animais com maior potencial de crescimento, mensurando seu desempenho sob diferentes condições alimentares e ambientais (Euclides Filho, 2009). A adoção do sistema a pasto permitiu uma avaliação mais condizente com a realidade da pecuária tropical brasileira, favorecendo a seleção de indivíduos mais adaptados e produtivos. Dessa forma, as PGPs se consolidaram como referência nacional em programas de avaliação de desempenho animal (Mousquer *et al.*, 2013).

Já a partir de 1988, surgem os principais programas de melhoramento genético da raça Nelore: o PMGRN (Programa de Melhoramento Genético da Raça Nelore), iniciado por professores do Departamento de Genética da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP), e que, posteriormente, originou-se a Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP). Em paralelo, a ABCZ, em parceria com a Embrapa, lançou o Programa de Melhoramento Genético de Raças Zebuínas (PMGZ), voltado ao melhoramento dos zebuínos, de corte e leite, registrados no país (Lôbo *et al.*, 2008).

Na sequência, em 1996, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Gado de corte, lançou o Embrapa Geneplus, um programa que integra pesquisa científica e melhoramento genético em larga escala, com o uso de Diferenças Esperadas na Progenie (DEPs) e de índices econômicos para seleção em rebanhos comerciais e puros (Euclides Filho, 2009).

Esses três Programas de melhoramento genético, se tornaram as principais referências

nacionais, atuando na predição de DEPs com elevada acurácia e no suporte técnico personalizado aos criadores. Além deles, destacam-se outros programas relevantes, como o Qualitas e o Gensys, que também vêm contribuindo para o avanço da pecuária de corte no Brasil por meio de avaliações genéticas confiáveis e amplamente utilizadas pelo setor. Há ainda o programa conduzido pelo Instituto de Zootecnia (IZ), que se diferencia, pois, a sua base de dados é formada exclusivamente pelo rebanho experimental do próprio Instituto, assumindo, portanto, caráter de avaliação interna e de apoio às pesquisas científicas.

Outro marco importante na história do melhoramento genético no Brasil ocorreu em 1994, quando a ANCP fez a publicação do primeiro sumário de touros utilizando o modelo animal. Essa metodologia aumentou significativamente a acurácia das DEPs, pois passou a considerar as informações de pedigree e os dados fenotípicos de todos os parentes dos animais, não apenas do touro e sua progênie direta, como era feito antes no modelo touro (ANCP, 2024).

A partir do século XXI, o avanço tecnológico permitiu a incorporação de novas características aos programas de melhoramento genético, ampliando as avaliações além dos tradicionais critérios de crescimento, como peso à desmama e ao sobreano. Nesse período, passaram a ser incluídas características relacionadas à precocidade sexual e à qualidade de carcaça, que se tornaram fundamentais para atender às exigências do mercado consumidor e às metas produtivas das propriedades. Esses progressos não apenas respondem às demandas específicas de qualidade e eficiência, mas também contribuem para a adaptação dos animais a diferentes sistemas produtivos, consolidando o melhoramento genético como ferramenta estratégica para a sustentabilidade e competitividade da pecuária de corte (Euclides Filho, 2009).

Esses avanços consolidaram o Brasil como uma referência mundial no melhoramento genético de bovinos de corte, com programas bem estruturados, base genética ampla e tecnologias modernas de avaliação, incluindo a partir dos anos 2000 a genômica e modelos multicaráter. A evolução contínua dos programas tem garantido ganhos genéticos sustentáveis, maior rentabilidade para os criadores e produtos de qualidade superior para o mercado consumidor (Lôbo *et al.*, 2010).

A partir de 2010, a Embrapa Gado de Leite desenvolveu o projeto “*Seleção Genômica em Raças Leiteiras no Brasil*”. O objetivo central dessa iniciativa foi estruturar uma rede institucional para implementar a seleção genômica nos programas de Teste de Progênie (TP) e nas avaliações genéticas conduzidas pela instituição (Utsunomiya *et al.*, 2013).

Posteriormente, os programas de melhoramento genético no Brasil passaram a ter o crescimento das avaliações genômicas, que aumentaram significativamente a confiabilidade

das DEPs, sobretudo em animais jovens. Diferentemente das metodologias tradicionais, em que a acurácia dependia fortemente do desempenho da progênie, a seleção genômica permite prever com maior precisão o valor genético logo nas fases iniciais de vida. Nesse sentido, o trabalho de Otto *et al.* (2023) destaca que a genômica revolucionou a produção animal ao possibilitar a predição mais precisa dos valores genéticos de indivíduos jovens e até mesmo embriões, o que acelera o progresso genético e contribui para maior sustentabilidade da pecuária.

Essa mudança científica foi acompanhada por transformações no mercado de genética. Dados do Index ASBIA 2025 evidenciam esse movimento: em 2024, o número de doses de sêmen comercializados no mercado interno atingiu cerca de 25,34 milhões, frente a 24,70 milhões em 2023, mostrando um crescimento de 2,6% (ASBIA, 2025).

2.2 Características de Produção Avaliadas

Nos programas de melhoramento genético de bovinos de corte, as características produtivas avaliadas são aquelas que têm impacto direto na eficiência zootécnica e na rentabilidade dos sistemas de produção. De modo geral, essas características estão associadas ao crescimento, à carcaça e ao desempenho reprodutivo dos animais. A inclusão desses atributos nos programas de seleção justifica-se por apresentarem variabilidade genética, relevância econômica e viabilidade de mensuração dentro dos sistemas produtivos (Júnior *et al.*, 2016).

Entre as principais características de produção em bovinos de corte, destacam-se o peso à desmama (P210), que reflete a eficiência materna e o crescimento inicial do bezerro, e o peso ao sobreano (P450), associado ao desempenho na recria. O P210 apresenta maior influência do efeito genético materno, cuja exclusão em modelos de análise pode levar à superestimação da herdabilidade direta (De Albuquerque *et al.*, 2001).

Já o P450, embora menos afetado por efeitos maternos, ainda pode sofrer influência residual desses fatores em análises genéticas (Ferraz Filho *et al.*, 2002). Segundo o trabalho de Laureano *et al.* (2011), essas características exibem herdabilidades de média magnitude ($0,26 \pm 0,04$ para P210 e $0,21 \pm 0,05$ para P450 em Nelore), indicando que a seleção baseada nessas medidas pode promover ganhos genéticos moderados, porém consistentes. Esses resultados reforçam a importância dessas características como critérios de seleção em programas de melhoramento de raças zebuínas, especialmente em sistemas de produção que priorizam crescimento rápido.

Além dos pesos, outras características relacionadas à qualidade de carcaça têm ganhado relevância nos programas atuais. A área de olho de lombo (AOL) está associada à musculosidade e rendimento da carcaça, enquanto o acabamento de gordura (ACAB) é fundamental para garantir qualidade da carne e evitar penalizações em frigoríficos (H. B. Hedrick, 1983). Ambas as características apresentam herdabilidade de média (geralmente entre 0,15 e 0,30) a alta magnitude (acima de 0,30) e são comumente incorporadas em índices econômicos, como o MGTe (Mérito Genético Total econômico) da Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP).

De acordo com Mousquer et. al. (2013), no campo reprodutivo, o perímetro escrotal (PE365) é um importante indicador da precocidade e fertilidade dos machos, além de apresentar correlação genética com a precocidade e fertilidade das fêmeas. A característica *stayability* (STAY), por sua vez, mensura a permanência produtiva das fêmeas no rebanho e está relacionada à longevidade e eficiência reprodutiva. Características como essas são fundamentais para rebanhos em sistemas de produção contínuos e extensivos, pois garantem maior retorno sobre o investimento.

Além dessas, os programas modernos também têm incorporado índices reprodutivos como 3P (probabilidade de parto precoce), que permite avaliar de forma mais precisa a precocidade sexual das fêmeas. Segundo Faria et al. (2008), a inclusão dessas medidas contribui diretamente para o aumento da produtividade global do rebanho, ao permitir a seleção de animais com maior desempenho zootécnico considerando a adaptação ao ambiente.

Mais recentemente, a partir de 2010, os programas de melhoramento têm avançado para além das características tradicionais, passando a incluir indicadores de eficiência alimentar, em resposta à crescente demanda por sistemas mais sustentáveis e economicamente viáveis. Entre essas características, destacam-se o consumo alimentar residual (CAR) e a eficiência alimentar residual (RFI, do inglês Residual Feed Intake). O CAR representa a diferença entre o consumo alimentar observado e o esperado com base no desempenho produtivo, sendo uma medida útil para identificar animais que consomem menos alimento sem prejudicar o ganho em peso (Santana et al., 2014).

Assim, a eficiência alimentar, está relacionada à capacidade de conversão do alimento em carne ou ganho de peso, sendo uma característica de moderada herdabilidade (0,10 a 0,30) e de grande impacto econômico. Isso porque possibilita a redução dos custos com alimentação, que podem representar de 70% a 80% dos custos totais de produção (Lucila et al., 2013). Além disso, estudos recentes indicam que bovinos da raça Nelore com menor consumo alimentar residual (CAR) apresentam menor emissão de metano entérico, evidenciando uma associação

positiva entre eficiência alimentar e sustentabilidade ambiental (Gianvecchio *et al.*, 2024).

Dessa forma, a avaliação criteriosa dessas características permite ao produtor selecionar animais mais adaptados às condições do seu sistema de produção, promovendo o progresso genético cumulativo, com reflexos positivos na rentabilidade, na sustentabilidade e na qualidade do produto ofertado ao mercado (Júnior *et al.*, 2016).

2.3 Ferramentas do Melhoramento Genético

2.3.1 Seleção

A seleção é um dos pilares dos programas de melhoramento animal, sendo responsável por determinar quais indivíduos irão contribuir geneticamente para as próximas gerações. Por meio da reprodução, esse processo baseia-se na identificação de animais com mérito genético superior, com base em características de interesse econômico, como ganho em peso, fertilidade e qualidade de carcaça. Segundo Cardoso (2009), a seleção tem por objetivo aumentar, ao longo do tempo, a frequência de genes favoráveis no rebanho, o que resulta em maior produtividade e eficiência econômica.

Para que a seleção apresente resultados rápidos, é fundamental que as características de interesse possuam herdabilidade de moderada (0,15 a 0,30) a alta magnitude (acima de 0,30). Isso significa que a variação observada entre os animais é, em grande parte, determinada por fatores genéticos aditivos e não apenas por influências ambientais, o que garante maior eficiência e rapidez na resposta à seleção. Por outro lado, as características de baixa herdabilidade tendem ter respostas à seleção a longo prazo. Entretanto, quando se associa maior pressão de seleção à redução do intervalo de gerações, é possível alcançar progressos genéticos expressivos em menor tempo (Pereira, 2004). Nesse sentido, Giannotti *et al.* (2005), em uma meta-análise sobre características de crescimento em bovinos de corte, relataram valores de herdabilidade de 0,23 para peso à desmama e 0,27 para peso aos 365 dias, ambos considerados de magnitude média, indicando que a seleção nessas características pode promover progresso genético de forma relativamente eficiente.

Os programas de melhoramento genético atuais utilizam as Diferenças Esperadas na Progênie (DEPs) como ferramenta de classificação de animais, e representam predições matemáticas do potencial genético de um animal. As DEPs consideram dados próprios do animal, de seus parentes e descendentes, permitindo comparar indivíduos em diferentes rebanhos e condições ambientais. A aplicação das DEPs viabiliza uma seleção mais precisa e

objetiva, com impacto direto na qualidade do rebanho comercial (Júnior *et al.*, 2016).

Outro fator relevante na seleção é o diferencial de seleção (DS), que representa a diferença entre a média dos indivíduos selecionados e a média da população. Quanto maior for esse diferencial, maior será o ganho genético obtido (EMBRAPA, 2005). O intervalo entre gerações também influencia diretamente a taxa de progresso genético anual; intervalos menores proporcionam maior velocidade de ganho genético, especialmente quando associados ao uso de biotecnologias como a inseminação artificial em tempo fixo (IATF) e fertilização *in vitro* (FIV) (EMBRAPA, 2024).

Além das ferramentas clássicas, a seleção assistida por marcadores moleculares tem se consolidado como uma abordagem complementar promissora. Com o avanço da genética molecular, tornou-se possível identificar genes ou regiões genômicas associadas a características de interesse, acelerando o processo de seleção mesmo para características de baixa herdabilidade ou de expressão tardia, como resistência a doenças e qualidade de carne (Borges, 2013).

Contudo, é importante destacar que a consequência da pressão seletiva contínua pode reduzir a variabilidade genética do rebanho. Essa redução, se não monitorada, pode comprometer a eficiência da seleção em longo prazo, limitando o ganho genético futuro. Por isso, além de escolher criteriosamente os reprodutores, é fundamental adotar estratégias que preservem a variabilidade genética da população, como acasalamentos dirigidos e a introdução de novos animais em determinados períodos, garantindo a sustentabilidade dos programas de melhoramento (Dias, 2017).

Assim, de forma geral, a seleção eficiente deve considerar múltiplas fontes de informação (fenótipo, pedigree e genômica) e estar alinhada com os objetivos produtivos da propriedade. O uso estratégico das DEPs, aliado à tecnologia disponível, potencializa os resultados, promove o progresso genético contínuo e garante maior retorno econômico ao sistema de produção de bovinos de corte (Alencar, 2004).

2.3.2 Acasalamentos Dirigidos

Os acasalamentos dirigidos são ferramentas estratégicas que visam combinar animais de maneira a maximizar o valor genético da progênie, corrigindo características indesejáveis e aproveitando o potencial complementar entre touros e matrizes (Faria *et al.*, 2008). Complementar à seleção, que identifica quais animais serão usados na reprodução, os acasalamentos dirigidos estabelecem como esses animais serão combinados, com o objetivo de

maximizar o progresso genético, reduzir a consanguinidade e corrigir características indesejáveis na progênie (Neves *et al.*, 2009).

Existem diferentes métodos de acasalamentos dirigidos, como os otimizados, que prioriza o progresso genético para características previamente definidas, e os corretivos, utilizado com o intuito de corrigir falhas morfológicas ou funcionais em vacas. A escolha dos acasalamentos baseia-se em informações genéticas, principalmente nas DEPs e, mais recentemente, nas informações genômicas, permitindo que os animais combinados resultem em progênies superiores e mais uniformes, maximizando o seu mérito genético (Neves *et al.*, 2009).

Um exemplo da aplicação dessa ferramenta está no estudo de Barbosa e Pereira (2019), realizado com um rebanho da raça Nelore em uma propriedade no estado do Pará. O trabalho avaliou os efeitos da implementação do acasalamento otimizado, utilizando o software Gensys, no qual os acasalamentos foram definidos com base nas DEPs para características econômicas, como peso ao desmame, perímetro escrotal e *stayability*. Os autores relataram um aumento significativo no índice MGTe dos animais nascidos após a adoção da estratégia. O estudo também demonstrou que o número de reprodutores aprovados para CEIP (Certificado Especial de Identificação e Produção) aumentou, o que representou um salto qualitativo na comercialização dos animais.

Além disso, de acordo com Neves *et al.* (2009), os acasalamentos dirigidos têm sido eficazes não apenas na produção de indivíduos superiores, mas também na uniformização dos lotes, importante fator para sistemas de produção comercial e programas de certificação. O uso dessa técnica alinhada com a utilização de softwares especializados, como o SELEGEN, GENSYS e SIGEAN, permite combinar os melhores acasalamentos baseado em múltiplas características. Atualmente, os principais programas de melhoramento genético do Brasil, como o PMGZ (Programa de Melhoramento Genético de Zebuínos) da ABCZ e o programa da ANCP (Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores), oferecem sistemas próprios de acasalamentos dirigidos a seus associados, otimizando o ganho genético e melhorando a consistência dos rebanhos ao longo das gerações.

Outro aspecto relevante é que os acasalamentos dirigidos podem ser utilizados como ferramenta de gestão da variabilidade genética, contribuindo para a sustentabilidade dos programas de melhoramento a longo prazo. Conforme destaca Mousquer *et al.* (2013), ao reduzir os níveis de consanguinidade, essa técnica ajuda a preservar a diversidade genética do rebanho e evitar problemas associados à depressão endogâmica, como queda na fertilidade, baixa produtividade e maior suscetibilidade a doenças.

Além dos ganhos produtivos, os acasalamentos dirigidos também têm aplicação

estratégica no melhoramento de características com baixa herdabilidade, como fertilidade e longevidade, que são difíceis de melhorar apenas por seleção. Isso ocorre porque nestes casos, a seleção tradicional apresenta progresso lento, mas a escolha estratégica dos cruzamentos permite potencializar a expressão dessas características nas progênes (Faria *et al.*, 2008).

Por fim, é essencial ressaltar que o sucesso dos acasalamentos dirigidos depende de um banco de dados genéticos confiável e atualizado, além de uma clara definição dos objetivos de seleção da fazenda. Quando utilizado em conjunto com a inseminação artificial em tempo fixo (IATF), essa ferramenta se torna ainda mais poderosa, pois possibilita o uso intensivo de reprodutores geneticamente superiores e o controle preciso dos períodos reprodutivos (Magnabosco *et al.*, 2019).

2.4 Casos de Sucesso com a Aplicação das Ferramentas ao Melhoramento Genético

A aplicação prática das ferramentas do melhoramento genético, como a seleção e os acasalamentos dirigidos, tem proporcionado resultados expressivos em diversas propriedades e programas de produção no Brasil. Esses resultados, a depender dos objetivos e critérios de seleção adotados em cada propriedade, incluem aumento na produtividade, maior uniformidade nos lotes, precocidade sexual e reprodutiva, além da melhoria na qualidade da carcaça e da carne,

O estudo de Cardoso *et al.* (2003) demonstrou que o uso do Programa de Acasalamento Dirigido (PAD) em bovinos de corte, especialmente na raça Nelore, foi uma estratégia eficaz para aumentar o valor genético dos animais. Ao comparar acasalamentos dirigidos com acasalamentos ao acaso, observou-se um aumento significativo de 70% no número de animais aptos a receber o Certificado Especial de Identificação e Produção (CEIP), conferido a animais geneticamente superiores. Além disso, o PAD permitiu otimizar o uso de touros jovens de alto potencial genético, controlar a consanguinidade e minimizar descartes de animais superiores devido a defeitos. Esses resultados indicaram que os acasalamentos dirigidos não apenas aceleraram o progresso genético, mas também contribuíram para a uniformidade dos lotes e para a sustentabilidade dos programas de melhoramento genético.

Faria *et al.* (2008) também relataram os resultados positivos de programas que utilizam os acasalamentos dirigidos em larga escala. Em seu estudo conduzido com rebanhos da raça Nelore, o uso de acasalamento otimizado possibilitou o aumento da taxa de prenhez, bem como a melhoria das características de carcaça e de desempenho reprodutivo das matrizes. Esses ganhos foram obtidos por meio da escolha estratégica de pares genéticos com

complementaridade em seus perfis de DEPs e biotipo.

Outro trabalho relevante é o de Neves *et al.* (2009), que destacaram a eficiência dos acasalamentos dirigidos na geração de animais geneticamente superiores em um rebanho Nelore. O estudo demonstrou que o uso combinado de acasalamentos otimizados com base em DEPs e critérios morfológicos resultou em maior uniformidade da progênie e incremento genético mais acelerado em relação a rebanhos que utilizavam apenas acasalamentos fenotípicos ou aleatórios. Além disso, os autores observaram redução na variabilidade genética entre os descendentes, o que favorece o avanço importante na padronização de lotes voltados à comercialização de reprodutores.

Mousquer *et al.* (2013) reforçam que a adoção dessas ferramentas impacta diretamente na rentabilidade da propriedade. No estudo, os autores apontam que o uso de reprodutores geneticamente superiores, aliado a uma seleção criteriosa e ao acasalamento estratégico, aumenta a eficiência produtiva do sistema, reduzindo os custos por arroba produzida e melhorando a lucratividade final. O estudo destaca ainda que, em programas bem executados, o progresso genético se torna visível já nas primeiras gerações.

Vieira *et al.* (2014), em seu trabalho conduzido com dados de uma propriedade participante do Programa Nelore Brasil da ANCP, avaliaram o impacto de diferentes estratégias de acasalamento sobre o progresso genético de um rebanho da raça Nelore. O estudo comparou três cenários distintos: acasalamento aleatório, acasalamento baseado em fenótipo e acasalamento genético otimizado com uso do software PAG Gestão Genética®. Os resultados demonstraram que, embora os três cenários tenham proporcionado progresso genético, o acasalamento otimizado foi o mais eficiente, gerando maiores ganhos por safra nas DEPs de crescimento e reprodução, como DEP para Perímetro Escrotal aos 365 dias (DPE365), DEP para Acabamento de Carcaça (DPAC ou ACAB) e DEP para Peso aos 450 dias (DP450). Os autores concluíram que o uso de acasalamentos dirigidos com apoio de softwares especializados é uma ferramenta eficaz para acelerar o progresso genético, reduzir a variabilidade fenotípica e elevar a produtividade em sistemas de seleção bem estruturados.

Já no estudo conduzido por De Queiroz *et al.* (2016), avaliou-se a influência de sistemas de acasalamento ao acaso e acasalamento geneticamente otimizado sobre o progresso genético de características reprodutivas em um rebanho Nelore Puro de Origem (PO). Foram comparados dois períodos distintos, nos quais foram utilizados acasalamento ao acaso e acasalamento otimizado. Além disso, foi realizada uma simulação de acasalamento com as matrizes do rebanho utilizando ambos os sistemas. A análise estatística descritiva, conduzida com o auxílio do software Statistical Analysis System, revelou progresso genético para todas

as características analisadas em ambos os cenários. Entretanto, o ganho genético obtido com o acasalamento genético otimizado foi superior ao observado no acasalamento ao acaso.

Um outro exemplo é apresentado no trabalho de Barbosa e Pereira (2019), que relataram a experiência de uma propriedade no estado do Pará, onde foi implementado um programa de melhoramento genético baseado na seleção por DEPs e nos acasalamentos dirigidos. O estudo demonstrou que, ao utilizar critérios econômicos e características como perímetro escrotal, peso ao sobreano e *Stayability*, houve avanço genético significativo ao longo de quatro gerações. A estratégia de acasalamento, utilizando os modelos corretivo e otimizado, permitiu a correção de características fenotípicas indesejáveis, e aumentou o valor médio do índice MGTE dos reprodutores. Como consequência, houve também aumento na taxa de certificação CEIP e maior valorização comercial dos animais produzidos.

Esses estudos demonstraram que a aplicação bem estruturada das ferramentas de melhoramento genético, como seleção e os acasalamentos dirigidos, não apenas proporcionam ganhos produtivos e econômicos, como também contribui para a sustentabilidade e competitividade da pecuária de corte brasileira no cenário nacional e internacional.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado com base nas informações genéticas de um rebanho da raça Nelore, Puro de Origem (PO), pertencente a uma fazenda localizada em Capinópolis, no estado de Minas Gerais. A propriedade atua há mais de 40 anos na seleção e comercialização de reprodutores, sendo participante ativa em dois programas nacionais de melhoramento genético: o Programa de Melhoramento Genético de Zebuínos (PMGZ), conduzido pela ABCZ, e o programa da Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP).

A fazenda adota um sistema de produção de ciclo completo, abrangendo as fases de cria, recria e terminação, e realiza a estação de acasalamentos entre os meses de novembro e março, concentrando os nascimentos de bezerros entre agosto e janeiro do ano recorrente.

Essa propriedade visa a produção de reprodutores com elevado mérito genético e com perfil fenotípico comercialmente desejável, ou seja, um animal com características atraentes bonito. Dessa forma, a partir de 2020, intensificou-se o uso das ferramentas do melhoramento genético, com o uso da seleção baseada em informações genéticas (DEPs) seguida da prática dos acasalamentos genéticos dirigidos.

Para isso, foram priorizadas as características produtivas (pesos na fase de cria e recria), reprodutivas (precocidade e fertilidade) e de carcaça (rendimento e acabamento), e em complementação, a propriedade também realizava a avaliação morfológica dos animais (metodologia EPMURAS). Assim, após a definição dos objetivos de seleção, considerou-se as seguintes DEPs como critérios de seleção: peso ao desmame (P210), peso ao sobreano (P450), perímetro escrotal ajustado aos 365 dias (PE365), *stayability* (STAY), probabilidade de parto precoce (3P), área de olho de lombo (AOL) e acabamento de carcaça (ACAB). Além dessas características, também se considerou o mérito genético total econômico (MGTe).

Para o uso da ferramenta dos acasalamentos dirigidos, utilizou-se duas estratégias: os acasalamentos otimizados, para maximizar o progresso genético; e os acasalamentos corretivos, para melhorar características morfológicas observadas visualmente, porém, garantindo a expectativa de ganho genético do rebanho. Para a realização dos acasalamentos dirigidos, utilizou-se o PAG® (Programa de Acasalamento Genético) da ANCP. Após os acasalamentos genéticos dirigidos, a escolha do reprodutor, para cada reprodutriz, era decidida após a avaliação morfológica das vacas, realizada no curral de manejo da propriedade.

A seleção dos touros foi realizada com alto diferencial de seleção (DS), priorizando sêmen de animais com DEPs superiores e oriundos de centrais de inseminação. Em relação às vacas, o descarte reprodutivo era aplicado às fêmeas vazias, enquanto o descarte genético

incidia sobre as matrizes mais velhas com avaliações genéticas inferiores aos objetivos de seleção.

Para avaliar o progresso genético do rebanho ao longo do período, foram analisadas as médias das Diferenças Esperadas na Progênie (DEPs) das características utilizadas como critério de seleção, estratificadas por ano de nascimento das progênies. Para fins de comparação, o conjunto de dados foi dividido em dois períodos distintos: período I (de 2017 até 2020), no qual a fazenda utilizava a seleção como ferramenta de melhoramento genético, seguido do acasalamento morfológico visual, e o período II (2021 até 2024), que correspondeu à fase após a introdução dos acasalamentos dirigidos, aliado à seleção, com base em dados genéticos.

A avaliação do progresso genético do rebanho foi realizada por meio de análises estatísticas descritivas pelo software R. As médias anuais das DEPs das características definidas como critérios de seleção, para os dois períodos estabelecidos, foram representadas por gráficos. A comparação entre os períodos foi realizada com base no ganho genético anual, calculado como a diferença entre os valores finais e iniciais da DEP de cada característica ao longo do período, dividida pelo número de anos, obtendo-se assim o ganho médio anual.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

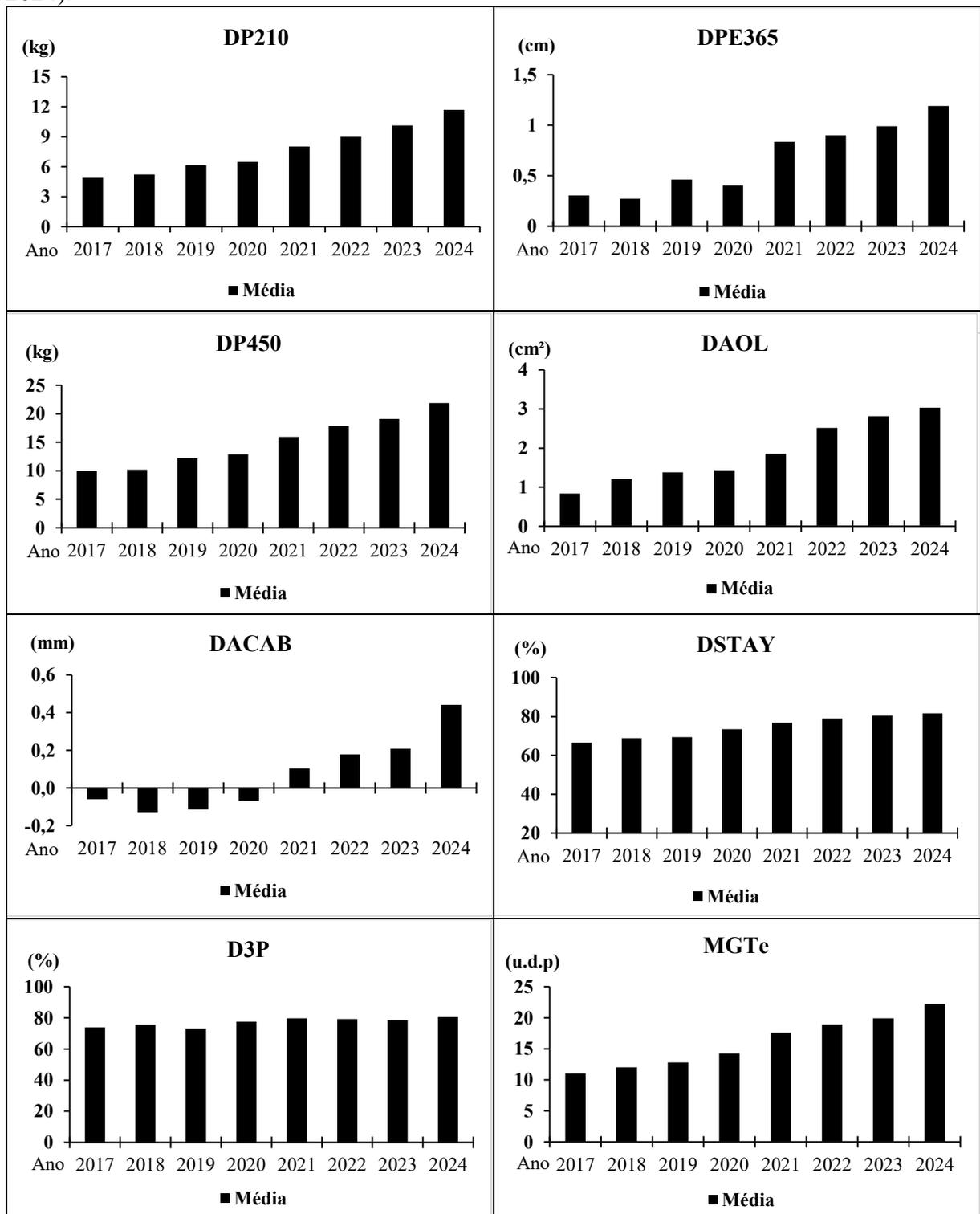
A análise dos dados do rebanho revelou diferenças consistentes na evolução genética entre o período I, quando era utilizada a seleção e os acasalamentos morfológicos, e o período II, marcado pela introdução dos acasalamentos dirigidos aliados à seleção. As médias anuais das Diferenças Esperadas na Progênie (DEPs), visto nos gráficos (Figura 1), mostrou progresso genético mais expressivo no segundo período, para todas as características avaliadas.

De modo geral, em todos os cenários analisados, observou-se um aumento progressivo nas médias das DEPs na maioria das características entre o período de 2017 a 2024, exceto para a característica de probabilidade de parto precoce (3P). Entre 2017 e 2020, utilizou-se a seleção e os acasalamentos morfológicos, (cenário I), já a partir de 2021, incorporaram-se também os acasalamentos dirigidos (cenário II), o que resultou em ganhos ainda mais significativos, especialmente a partir desse ano. Esse crescimento foi visualmente evidenciado nos gráficos de (Figura 1), que mostraram uma trajetória ascendente. Entretanto, a característica de 3P não acompanhou essa tendência no cenário I, indicando que possivelmente não foi priorizada nos critérios de seleção adotados, nesse período.

A análise estatística descritiva (Tabela 1) deste rebanho foi fundamental para compreender a distribuição e interpretar a mudança do ACAB nos períodos avaliados. Essa diferença ocorre porque o rebanho inicial não era previamente selecionado para acabamento de carcaça, apresentando muitas DEPs negativas nos anos de 2017 a 2020. Era inviável descartar todos os animais negativos, especialmente fêmeas, cujo potencial de descarte é limitado, ou seja, menor pressão de seleção, enquanto a pressão de seleção para machos foi intensa.

Ao longo do trabalho de seleção, associado no cenário II com acasalamentos dirigidos, observou-se redução do desvio padrão para a maioria das características analisadas, indicando, portanto, diminuição da variabilidade e aumento da uniformidade do rebanho. Entretanto, a característica DEP para acabamento de carcaça, foi a que mais apresentou comportamento atípico do esperado, com transformação mais evidente em termos quantitativos. Embora o coeficiente de variação tenha diminuído (Tabela 2), o desvio padrão aumentou, evidenciando a presença de animais negativos distantes dos melhores indivíduos.

Figura 1 – Gráficos das médias das DEPs das características selecionadas por ano de nascimento dos animais da raça Nelore, considerando os cenários I (2017 a 2020) e II (2021 a 2024).



DP210: DEP para peso aos 210 dias; DPE365: DEP para perímetro escrotal aos 365 dias; DP450: DEP para peso aos 450 dias; DAOL: DEP para área de olho de lombo; DACAB: DEP para acabamento de carcaça; DSTAY: DEP para *stayability*; D3P: DEP para probabilidade de parto precoce; e MGTe: Mérito Genético Total econômico.

Tabela 1 – Análises descritivas das DEPs das características selecionadas de peso e carcaça considerando os cenários I (2017 a 2020) e II (2021 a 2024).

Característica	N	\bar{x}	SD	CV	Min	Máx.
DP210 (kg)						
2017	126	4,90	2,69	54,91%	-2,10	10,82
2018	113	5,24	2,96	56,56%	-2,48	12,63
2019	107	6,16	2,81	45,67%	-2,38	12,98
2020	108	6,50	3,51	54,10%	-1,17	20,08
2021	162	8,02	2,79	34,81%	1,08	16,79
2022	150	9,01	2,45	27,16%	1,58	15,53
2023	153	10,12	3,32	32,76%	2,61	22,12
2024	142	11,70	1,96	16,79%	6,54	16,69
DP450 (kg)						
2017	126	9,96	5,20	52,15%	-1,51	23,32
2018	113	10,21	5,85	57,34%	-5,45	32,18
2019	107	12,19	5,74	47,10%	-3,88	28,78
2020	108	12,86	6,10	47,42%	0,36	30,38
2021	162	15,93	5,43	34,07%	-0,26	30,58
2022	150	17,86	4,94	27,67%	2,85	28,72
2023	153	19,09	5,61	29,40%	2,48	37,01
2024	142	21,86	3,78	17,29%	10,29	31,63
DAOL (cm²)						
2017	126	0,84	0,81	97,14%	-1,42	2,77
2018	113	1,21	0,80	66,23%	-1,52	3,38
2019	107	1,38	0,97	69,83%	-1,28	4,00
2020	108	1,43	1,07	74,84%	-0,81	4,04
2021	162	1,85	0,89	47,89%	-0,48	3,85
2022	150	2,51	0,78	31,05%	0,65	4,22
2023	153	2,81	1,03	36,50%	0,05	5,39
2024	142	3,03	0,70	23,09%	1,33	4,82
DACAB (mm)						
2017	126	-0,06	0,14	-240,68%	-0,51	0,44
2018	113	-0,13	0,16	-127,13%	-0,46	0,22
2019	107	-0,11	0,24	-211,40%	-0,66	1,00
2020	108	-0,07	0,24	-348,53%	-0,77	0,55
2021	162	0,10	0,23	218,27%	-0,46	0,83
2022	150	0,18	0,25	139,66%	-0,40	0,78
2023	153	0,21	0,27	127,40%	-0,61	1,02
2024	142	0,44	0,23	51,25%	-0,08	1,09

DEP para peso ao desmame (DP210); DEP para peso ao sobreano (DP450); DEP para área de olho de lombo (DAOL); DEP acabamento de carcaça (DACAB); número de animais (N); média (\bar{x}); desvio padrão (SD); coeficiente de variância (CV); mínimo (Min) e máximo (Max).

No cenário I, os valores médios da DEP de acabamento foram predominantemente negativos, resultando em um ganho genético anual praticamente nulo (-0,003 mm). No cenário II as médias anuais tornaram-se positivas (0,44 mm), com um ganho genético anual de 0,13

mm (Tabela 2). Conseqüentemente, mesmo com acasalamentos dirigidos corretivos, as fêmeas negativas continuaram a produzir descendentes abaixo da média, enquanto as fêmeas de alto mérito, quando combinadas com reprodutores de excelência, com acasalamentos otimizados, geraram progênes muito superiores. Apesar disso, em 2024, com elevada pressão seletiva sobre os machos, ainda se observa a produção de animais negativos, reflexo do histórico genético do rebanho. Esse cenário resultou em aumento do desvio padrão, apesar da média geral tornar-se positiva ao longo do tempo.

Tabela 2 – Ganho Genético anual das médias das DEPs das características selecionadas comparando o cenário I (2017 até 2020) e o cenário II (2021 até 2024).

Características	Ganho Genético Anual	
	I	II
P210 (kg)	0,53	1,30
PE365 (kg)	0,03	0,20
P450 (kg)	0,97	2,25
AOL (cm ²)	0,20	0,40
ACAB (mm)	-0,003	0,13
STAY (%)	2,34	2,04
3P (%)	1,20	0,74
MGT _e	1,08	2,00

Essa abordagem permitiu identificar tendências de progresso genético, avaliar a uniformidade do rebanho e verificar o impacto das estratégias adotadas, como a seleção e os acasalamentos dirigidos, tanto na melhoria da média populacional quanto na eliminação de indivíduos com desempenho inferior e em alguns casos, diminuição da variabilidade genética como consequência de anos de seleção contínua (Tabela 1).

No peso ao desmame (P210), observou-se evolução consistente entre os dois cenários. No cenário I, a média anual cresceu de 4,90 kg em 2017 para 6,50 kg em 2020, com ganho genético anual de 0,53 kg. Já no cenário II, a média aumentou de 8,02 kg em 2021 para 11,70 kg em 2024, refletindo no ganho genético anual de 1,30 kg, ou 145,28% superior ao do cenário I (Tabela 2). Além disso, o desvio padrão e o coeficiente de variância reduziram, indicando maior uniformidade e os valores mínimos e máximos, indicando o pior e o melhor animal, passaram de negativos no cenário I para positivos no cenário II, evidenciando a eliminação de animais de baixo desempenho.

O peso ao sobreano (P450) apresentou incremento marcante, pois no cenário I, a média passou de 9,96 kg em 2017 para 12,86 kg em 2020, com ganho anual de 0,97 kg. No cenário II,

essa evolução foi mais intensa, com média subindo de 15,93 kg para 21,86 kg (Tabela 1) e ganho anual de 2,25 kg. Os valores mínimos do cenário I, representando o pior animal, foram substituídos por valores positivos e mais elevados a partir de 2022, indicando progresso tanto no desempenho médio quanto na exclusão de nascimentos de animais com DEP negativa.

Analisando os ganhos genéticos em ambos os cenários, a área de olho de lombo (DAOL), apresentou ganhos mais acentuados no cenário II (Tabela 2). No primeiro período, a média teve ganho de 0,20 cm²/ano. No segundo, aumentou de 1,85 cm² para 3,03 cm², com ganho anual de 0,40 cm² (100% maior que o anterior). O valor mínimo, que era negativo no cenário I, passou a ser positivo e crescente no cenário II, enquanto o coeficiente de variância diminuiu muito, demonstrando que o rebanho passou a ser menos variável.

O perímetro escrotal aos 365 dias (PE365) apresentou progresso expressivo no cenário II, com ganho genético de 0,20 cm/ano, representando crescimento de 566,67% (Tabela 2) em relação ao período anterior, o que era esperado, pois a fazenda fazia a seleção de fêmeas no descarte reprodutivo, mas não dava ênfase na avaliação testicular de machos. Os valores mínimos, que eram negativos no cenário I, tornaram-se positivos a partir de 2022 (ou seja, a partir de 2022 não havia mais nenhum animal nascido na propriedade com DEP negativa para PE365), e o desvio-padrão caiu, reforçando a uniformização do rebanho.

Na *stayability* (STAY), os resultados apresentaram comportamento particular com diferenças marcantes entre os dois períodos analisados. No cenário I, partiu de média de 66,52% em 2017 para 73,53% em 2020, com ganho genético anual expressivo de 2,34%, consequência direta da introdução da seleção para precocidade sexual e permanência produtiva no rebanho, característica que anteriormente não recebia atenção (Tabela 3).

No cenário II, com a implementação dos acasalamentos dirigidos, observou-se a manutenção do progresso genético, com aumento das médias de 76,82% para 81,70%. Entretanto, a taxa anual de ganho foi de 2,04%, ligeiramente inferior à do primeiro período, devido à redução da variabilidade genética, efeito esperado após anos de seleção intensa. Apesar do ritmo mais moderado, a qualidade dos indivíduos melhorou, com valores máximos de DEPs superiores e ausência de animais negativos entre 2021 e 2024.

A probabilidade de parto precoce (3P) apresentou tendência semelhante. No cenário I, o ganho anual foi de 1,20%. Já no cenário II, a média variou de 79,76% para 80,49%, com ganho anual de 0,74% (Tabela 2). Apesar disso, as médias anuais no cenário II foram consistentemente superiores às do cenário I, tanto para 3P quanto para STAY. Observa-se também que os menores valores de DEPs para essas características no cenário II são maiores que os menores valores do cenário I, indicando que, embora o ganho genético anual tenha sido

menor devido à seleção intensa prévia, as médias genéticas consolidadas no cenário II são superiores.

Tabela 3 – Análises descritivas das DEPs das características selecionadas reprodutivas e mérito genético total considerando os cenários I (2017 a 2020) e II (2021 a 2024).

Característica	N	\bar{x}	SD	CV	Min	Máx.
DPE365 (cm)						
2017	126	0,31	0,34	109,84%	-0,37	1,68
2018	113	0,27	0,31	115,07%	-0,38	1,38
2019	107	0,46	0,38	81,60%	-0,42	1,62
2020	108	0,40	0,41	101,73%	-0,48	1,71
2021	162	0,84	0,35	42,04%	-0,29	1,86
2022	150	0,90	0,29	31,60%	0,26	1,75
2023	153	0,99	0,40	40,40%	0,03	2,16
2024	142	1,19	0,30	25,13%	0,46	2,06
DSTAY (%)						
2017	126	66,52	6,84	10,29%	51,01	82,10
2018	113	68,88	8,12	11,79%	48,75	87,44
2019	107	69,37	8,14	11,73%	47,75	85,78
2020	108	73,53	6,93	9,42%	53,04	89,34
2021	162	76,82	4,56	5,93%	64,35	86,14
2022	150	79,00	4,22	5,34%	67,63	87,54
2023	153	80,51	5,28	6,56%	64,30	91,67
2024	142	81,70	4,20	5,14%	69,54	89,51
D3P (%)						
2017	126	73,95	4,56	6,16%	63,09	82,84
2018	113	75,58	7,68	10,16%	55,79	89,96
2019	107	73,18	8,16	11,14%	54,86	89,85
2020	108	77,55	6,90	8,89%	54,29	91,04
2021	162	79,76	4,81	6,03%	62,40	88,69
2022	150	79,21	4,45	5,62%	65,86	88,94
2023	153	78,39	5,46	6,97%	58,24	89,95
2024	142	80,49	3,67	4,56%	71,15	88,68
MGTe (u.d.p)						
2017	126	11,02	3,05	27,69%	2,60	18,03
2018	113	12,02	3,78	31,42%	1,84	23,28
2019	107	12,82	3,74	29,17%	4,99	22,32
2020	108	14,26	3,53	24,75%	7,52	25,64
2021	162	17,60	2,67	15,16%	10,36	24,88
2022	150	18,90	2,75	14,56%	10,78	24,63
2023	153	19,89	3,04	15,26%	11,68	28,79
2024	142	22,24	2,25	10,13%	16,77	28,31

DEP para perímetro escrotal aos 365 dias (DPE365); DEP para *stayability* (DSTAY); DEP para probabilidade de parto precoce (D3P); Mérito Genético Total econômico (MGTe); número de animais (N); média (\bar{x}); desvio padrão (SD); coeficiente de variância (CV); mínimo (Min) e máximo (Max).

Os resultados obtidos para STAY e 3P refletem a supervisão de um especialista em reprodução desde 2016, que implementou estratégias de descarte criteriosas, voltadas à eliminação de vacas com baixo desempenho reprodutivo e fêmeas tardias. No cenário I, partindo de um rebanho sem histórico de seleção direta para STAY, a alta variabilidade genética permitiu ganhos rápidos, elevando o padrão médio dos animais. Já no cenário II, apesar da menor variabilidade remanescente, a pressão seletiva e os acasalamentos dirigidos mantiveram o progresso, aumentando a consistência entre os indivíduos e elevando o padrão médio do rebanho.

O índice de mérito genético total (MGTe) apresentou evolução robusta. No cenário I, o ganho anual foi de 1,08, com médias subindo de 11,02 para 14,26 pontos. No cenário II, o ganho mais que dobrou, atingindo 2,00 pontos anuais (85,19% superior), com médias crescendo de 17,60 para 22,24 pontos. Tanto os valores mínimos quanto máximos aumentaram, e o desvio-padrão caiu para 2,25 em 2024, mostrando maior homogeneidade e nível genético elevado do rebanho.

Portanto, os resultados apresentados reforçam a importância da integração entre seleção e acasalamentos dirigidos como ferramentas complementares no melhoramento genético de bovinos de corte. A adoção dessas práticas, principalmente dos acasalamentos, pode levar a um progresso genético mais rápido e direcionado, otimizando os resultados zootécnicos e econômicos da propriedade. Esses resultados também foram encontrados por Vieira *et al.* (2014) que em seu trabalho, também com bovinos da raça Nelore, apresentou resultados positivos com o uso dos acasalamentos otimizados para características selecionadas, comprovando ser uma estratégia eficiente para obter animais superiores, garantindo a potencialização do progresso genético.

De modo geral, a melhoria genética observada em praticamente todas as características avaliadas nesse estudo quando comparados os cenários I e II, demonstra a eficiência da estratégia dos acasalamentos dirigidos em acelerar o progresso genético do rebanho.

O ganho obtido para o peso ao desmame (P210) e para o peso ao sobreano (P450) reforça a importância de se utilizar critérios consistentes de seleção para características de crescimento. Esses resultados são coerentes com os encontrados por Lucila Sobrinho *et al.* (2013), que relataram desempenho superior em confinamento para animais selecionados para ganho pós-desmame. Em contrapartida, Cardoso (2009) ressalta que o progresso em peso deve ser acompanhado de estratégias de manejo que evitem aumento excessivo no custo alimentar, indicando a necessidade de balanceamento entre ganho de peso e eficiência.

A evolução verificada no perímetro escrotal ajustado aos 365 dias (PE365) confirma

que a seleção, por meio do descarte fenotípico aliado ao uso de reprodutores superiores, é eficaz para o avanço dessa característica. Resultado semelhante foi descrito por Giannotti, Packer e Mercadante (2005), que observaram herdabilidade moderada a alta para características reprodutivas, incluindo perímetro escrotal, reforçando seu potencial de resposta à seleção. Além disso, Neves *et al.* (2009) destacam que os acasalamentos dirigidos contribuem para a formação de progênes mais homogêneas e com maior mérito genético reprodutivo, o que corrobora os achados do presente trabalho.

As características reprodutivas relacionadas à longevidade e precocidade sexual também apresentaram mudanças relevantes. A *stayability* (STAY) mostrou melhora nos valores médios, embora com redução no ganho anual, efeito esperado devido à diminuição da variabilidade genética após ciclos contínuos de seleção. Esse comportamento foi descrito anteriormente por de Barbosa e Pereira (2019), que destacou a perda de variabilidade como consequência natural da seleção intensiva em programas de melhoramento. Por outro lado, Faria *et al.* (2008) verificaram que acasalamentos otimizados aumentam a probabilidade de retenção de fêmeas superiores no rebanho, em concordância com os resultados encontrados neste estudo para o cenário II, em que não foram mais registrados indivíduos com desempenho menor que 50% de probabilidade.

O avanço consistente observado no índice de mérito genético total (MGTe) confirma a eficiência da associação entre pressão de seleção e acasalamentos dirigidos. Vieira *et al.* (2014) também reportaram que acasalamentos otimizados aceleram o progresso genético em rebanhos Nelore, ressaltando que o impacto é ainda maior quando os critérios de seleção são aplicados de forma contínua. Da mesma forma, Mousquer *et al.* (2013) destacam que o uso de animais geneticamente superiores contribui diretamente para a eficiência produtiva e reprodutiva dos rebanhos de corte.

De maneira geral, os resultados obtidos neste estudo confirmam a efetividade da utilização de acasalamentos dirigidos no avanço genético de características de crescimento, carcaça e reprodução em bovinos Nelore. Além disso, reforçam a literatura científica ao demonstrar que, mesmo diante da redução da variabilidade genética com o decorrer da seleção, é possível manter o progresso por meio da associação de ferramentas de manejo reprodutivo e estratégias de descarte seletivo.

5 CONCLUSÃO

Os acasalamentos dirigidos demonstraram ser uma ferramenta eficaz no progresso genético do rebanho da raça Nelore, contribuindo para a melhoria consistente das características utilizadas como critérios de seleção.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, M. M. de. **Perspectivas para o melhoramento genético de bovinos de corte no Brasil**. [S.l.]: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004. *E-book*. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/45707/1/PROCIMMA2004.00003.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL (ASBIA). **Anuário ASBIA de genética bovina 2025**: veículo oficial da Associação Brasileira de Inseminação Artificial. Uberaba, 2025. Disponível em: https://asbia.org.br/wp-content/uploads/Anuario/ASBIA_anuario_2025.pdf. Acesso em: 31 ago. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES (ABIEC). **Apex Brasil notícias do agro**: Brasil bate recorde nas exportações de carne bovina em 2024, [s. l.]. 2025. Disponível em: <https://apexbrasil.com.br/br/pt/conteudo/noticias/Brasil-bate-recorde-nas-exportacoes-de-carne-bovina-em-2024.html>. Acesso em: 10 maio 2025.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE CRIADORES E PESQUISADORES (ANCP). **História da ANCP**. Ribeirão Preto- SP, 2024. Portal Disponível em: <https://www.ancp.org.br/ancp/historia/>. Acesso em: 13 mai. 2025.

BARBOSA, V. D. L. T.; Pereira, P. de M. O acasalamento dirigido como ferramenta para maximizar os ganhos genéticos em bovinos da raça Nelore. In: Simpósio Brasileiro De Melhoramento Animal, Pirassununga, 2019. **Anais Eletrônicos** Pirassununga: SBMA, 2019. Disponível em: <https://tinyurl.com/mr22hj2v>. Casso em: 10 abr.2025.

BORGES, Bárbara Oliveira. **Marcadores moleculares associados à qualidade de carne em bovinos nelore**. 2013. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, Jaboticabal, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/b8fc4b00-7177-4017-9550-7d0699116f15/content> Acesso em: 09 abr. 2025.

CARDOSO, F. F. Ferramentas e estratégias para o melhoramento genético de bovinos de corte. **Documentos Embrapa**, Bagé- Rs, n. 83, 2009. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/657470/1/DT83.pdf>. Acesso em: 10 abr.2025.

CARDOSO, Vania *et al.* Formando lotes uniformes de reprodutores múltiplos e usando-os em acasalamentos dirigidos, em populações Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 834-842, 2003. Disponível em: <https://rbz.org.br/pt-br/article/formando-lotes-uniformes-de-reprodutores-multiplos-e-usando-os-em-acasalamentos-dirigidos-em-populacoes-nelore/>. Acesso em: 09 mai. 2025.

COSTA, Rodrigo Fagundes. **Objetivos de seleção e valores econômicos para o melhoramento genético das raças Hereford e Braford no Brasil**. 2014. 109 f. Dissertação (Pós-graduação em Zootecnia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufpel.edu.br/handle/prefix/10527>. Acesso em: 10 abr. 2025.

DE ALBUQUERQUE, M. G. Estimates of direct and maternal genetic effects for weights from birth to 600 days of age in Nelore cattle. **Journal of Animal Breeding and Genetics**,

[s.l.]. v. 118, n. 2, p. 83-92, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1439-0388.2001.00279.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1439-0388.2001.00279.x>. Acesso em: 10 ago. 2025.

DE QUEIROZ, L. C. R. *et al.* Impacto da utilização de acasalamentos genéticos otimizados na maximização do progresso genético para características reprodutivas em bovinos da raça Nelore. **SIDALC**, Goiânia: UFG/EVZ, p 103., 2017. DOI: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1061413>. Disponível em: <https://www.sidalc.net/search/Record/dig-alice-doc-1061413/Description>. Acesso em: 09 mai. 2025.

DIAS, Marco Aurélio Desimoni. **Melhoramento genético animal**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017. *E-book* (176 p.). ISBN 978-85-522-0152-6. Disponível em: https://cm-kl-content.s3.amazonaws.com/201702/INTERATIVAS_2_0/MELHORAMENTO_GENETICO_ANIMAL/U1/LIVRO_UNICO.pdf. Acesso em: 01 set. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Melhoramento Genético Animal no Brasil - Mudança genética**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2005. *E-book*. Disponível em: <https://old.cnpgc.embrapa.br/publicacoes/doc/doc75/09mudanca.html>. Acesso em: 14 abr. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). BRUNES, L.; MAGNABOSCO, C. **Revista Nelore Vera Cruz ed. 2024**. Brasília, DF, 2024. p. 10-49. Disponível em: <https://neloreveracruz.com.br/wp-content/uploads/2025/04/Revista-NeloreVeraCruz2024.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2025.

EUCLIDES FILHO, K. Evolução do melhoramento genético de bovinos de corte no Brasil. **Revista Ceres**, v. 56, n. 5, p. 620-626, 2009. Disponível em: <https://ojs.ceres.ufv.br/ceres/article/view/3472> Acesso em: 10 mai. 2025.

FERRAZ FILHO, Paulo Bahiense *et al.* Tendência genética dos efeitos direto e materno sobre os pesos à desmama e pós-desmama de bovinos da raça Tabapuã no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 635-640, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/HJFPnHg9jf8BgCtjvvYMbfp/?lang=pt>. Acesso em: 10 ago. 2025.

FARIA, Carina Ubirajara de *et al.* Impactos dos acasalamentos genéticos otimizados na produtividade dos rebanhos bovinos de corte. **Princípios e resultados de pesquisas científicas do programa nelore Brasil**. Ribeirão Preto: Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores, 2008. Acesso em: 12 abr. 2025.

GIANNOTTI, J.D.G.; PACKER, I. U.; MERCADANTE, M. E. Z. Meta-análise para estimativas de herdabilidade para características de crescimento em bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 1173-1180, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/trhwxJyW9srHsvsLKK58ZQS/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 10 abr. 2025.

GIANVECCHIO, S. B. *et al.* Is apparent digestibility associated with residual feed intake and

enteric methane emission in Nellore cattle? **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 53, p. e20230121, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/NsSbRZQR6t6SnHTDczY9XDc/>. Acesso em: 02 de mai. 2025.

HEDRICK, H. B., Methods of Estimating Live Animal and Carcass Composition, **Journal of Animal Science**, Volume 57, Issue 5, p. 1316–1327, November 1983. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas1983.5751316x>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/57/5/1316/4654216?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 12 ago. 2025.

JÚNIOR, C. P. B. *et al.* Melhoramento genético em bovinos de corte (*Bos indicus*). **Nutritime Revista Eletrônica**, Viçosa, v. 13, n. 1, p. 4558-4564, 2016. Disponível em: <https://www.nutritime.com.br/wp-content/uploads/2020/02/Artigo-362.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2025.

LAUREANO, M. M. M. *et al.* Estimativas de herdabilidade e tendências genéticas para características de crescimento e reprodutivas em bovinos da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, p. 143-152, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/xxJGBpyTLcQLQ3N9NHMkpLR/?lang=pt>. Acesso em: 11 ago. 2025.

LÔBO, Raysildo Barbosa; FARIA, Carina Ubirajara de. **Princípios e resultados de pesquisas científicas do programa nelore Brasil**. Ribeirão Preto, Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP), 2008. *E-book (360 p.)* (Edição Comemorativa). CDU: 636.082. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001794465>. Acesso em: 7 mai. 2025.

LÔBO, Raysildo Barbosa; BITTNECOURT, Thereza Cristina Bório dos Santos Calmon de; PINTO, Luís Fernando Batista. Progresso científico em melhoramento animal no Brasil na primeira década do século XXI. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 223-235, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/pnZcnPfJGnWDQRVCXHRTVqx/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 10 ago. 2025

LUCILA SOBRINHO, T. *et al.* Feedlot performance, feed efficiency and carcass traits in Nellore cattle selected for postweaning weight. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 42, p. 125-129, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/bq6Pb9k4c6NDFrbv8PLXzpt/>. Acesso em: 07 mai. 2025.

MAGNABOSCO, C. U. *et al.* **Avaliação da taxa de prenhez em programa de IATF usando sêmen de diferentes touros da raça Nelore**. 2019. Disponível em: <https://www.sidalc.net/search/Record/dig-alice-doc-1131675/Description>. Acesso em: 10 abr. 2025.

MOUSQUER, C. J. *et al.* Benefícios do uso de animais geneticamente superiores para o aumento da eficiência produtiva. **Pubvet**, v. 7, p. 2088-2188, 2013. Disponível em: <https://www.pubvet.com.br/uploads/844f90f370b8239fd3440cfbba38e13c.pdf>. Acesso em: [data].

NEVES, H. H. R. *et al.* Acasalamento dirigido para aumentar a produção de animais geneticamente superiores e reduzir a variabilidade da progênie em bovinos. **Revista**

brasileira de zootecnia, v. 38, p. 1201-1204, 2009. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbz/a/w7WS5VdXrggJWbYYmzRZtKj/>. Acesso em: 12 abr. 2025.

OTTO, Pamela Itajara *et al.* Aplicações da genômica na produção animal. *In: SIMPÓSIO DE INVESTIGAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL (SIPRA)*, Santa Maria, 2023. **Anais de Congresso**, Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/374938249_Aplicacoes_da_genomica_na_producao_animal. Acesso em: 02 set. 2025.

PEREIRA, Jonas Carlos Campos. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ Editora, 2004. *E-book* (298 p.) (5. Ed.). Disponível em:
<https://shre.ink/Sy8g>. Acesso em: 04 set. 2025.

SANTANA, M. H. A. *et al.* Genetic parameter estimates for feed efficiency and dry matter intake and their association with growth and carcass traits in Nelore cattle. **Livestock science**, v. 167, p. 80-85, 2014. Disponível em:
<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20143339761>. Acesso em: 10 mai. 2025.

UTSUNOMIYA, A. H. A realidade da genômica no agronegócio leite brasileiro. **Revista Leite Integral**, n. 51, p. 76-82, 2013. Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/961292/1/A-realidade-genomica-no-agronegocio-do-leite-brasileiro.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2025.

VIEIRA, C. V. *et al.* Análise da eficiência dos acasalamentos otimizados na obtenção de progresso genético em um rebanho bovino da raça Nelore. **Biosci. j. (Online)**, p. 816-822, 2014. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-947468>. Acesso em: 8 mai. 2025.