



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

**Melhoramento genético para produção de leite**

NATHILLA MIRELLY FELIPE DOS  
SANTOS  
Orientador:  
Prof. Dr. Jeferson Correa Ribeiro

MORRINHOS  
2026



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

NATHILLA MIRELLY FELIPE DOS SANTOS

**MELHORAMENTO GENÉTICO PARA PRODUÇÃO DE LEITE**

Trabalho de Curso de Graduação em Zootecnia do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Orientador:  
Prof. Dr. Jeferson Correia Ribeiro

MORRINHOS  
2026

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

S237 Felipe dos Santos, Nathilla Mirelly  
Melhoramento genético para produção de leite / Nathilla Mirelly  
Felipe dos Santos. Morrinhos 2026.

33f.

Orientador: Prof. Dr. Jeferson Corrêa Ribeiro.

Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0420181 -  
[MO.GRAD] Bacharelado em Zootecnia - Morrinhos (Campus  
Morrinhos).

1. bovinos. 2. cruzamentos. 3. genômica. 4. seleção. 5. zebuínos.

I. Título.





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

Ata nº 3/2026 - CCBZ-MO/DE-MO/CMPMHOS/IFGOIANO

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

Aos vinte e três dias do mês de março de dois mil e vinte e seis, às dezesseis horas e quarenta e quatro minutos, reuniu-se os componentes da Banca Examinadora, Dr. Jeferson Corrêa Ribeiro, Dra. Eliandra Maria Bianchini Oliveira e Dr. Wallacy Barbacena Rosa dos Santos, sob a presidência do primeiro, em sessão pública, para procederem a apresentação do Trabalho de Curso da discente **Nathilla Mirelly Felipe dos Santos**, do curso de Graduação Bacharelado em Zootecnia, visando à obtenção do título de Bacharela em Zootecnia, cuja o título é: **MELHORAMENTO GENÉTICO PARA PRODUÇÃO DE LEITE**, sob a orientação do professor Jeferson Corrêa Ribeiro. A apresentação foi realizada presencialmente. Iniciados os trabalhos, a presidência fez apresentação formal dos membros da banca e agradecimento pela disponibilidade em participar da defesa do trabalho de curso. A seguir, a discente fez a apresentação do trabalho pelo período de **treze minutos**. Encerrada a apresentação, a banca arguiu a examinada, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação, na qual foram apontadas correções que deverão ser feitas ao menor prazo possível. Tendo em vista as normas que regulamentam o Trabalho de Curso e procedidas as recomendações, o discente foi **aprovado com ressalva**, com a nota **9,0 (nove vírgula zero)**, considerando-se integralmente cumprido este requisito quando o aluno entregar a versão final corrigida, para fins de obtenção do título de Bacharela em Zootecnia. Nada mais havendo a tratar, eu, Jeferson Corrêa Ribeiro, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada, segue assinada por seus integrantes.

Morrinhos, 23 de março de 2026.

Prof. Dr. Jeferson Corrêa Ribeiro - presidente

Prof.<sup>a</sup> Dra. Eliandra Maria Bianchini Oliveira - membro titular

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

Documento assinado eletronicamente por:

- **Jeferson Correa Ribeiro, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 23/03/2026 17:27:15.
- **Eliandra Maria Bianchini Oliveira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 10/04/2026 23:31:02.
- **Wallacy Barbacena Rosa dos Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 11/04/2026 06:47:54.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 23/03/2026. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

**Código Verificador:** 803180

**Código de Autenticação:** 9af23e539d



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

NATHILLA MIRELLY FELIPE DOS SANTOS

**MELHORAMENTO GENÉTICO PARA PRODUÇÃO DE LEITE**

Trabalho de Curso de Graduação em Zootecnia do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Orientador:  
Prof. Dr. Jeferson Correia Ribeiro

APROVADA EM: 23 de Março de 2026.

---

Prof. Dr. Eliandra Maria Bianchini Oliveira  
(membro da banca)

---

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

---

Prof. Dr. Jeferson Correia Ribeiro  
(orientador)

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho à espiritualidade, que iluminou meu caminho e fortaleceu minha jornada. Aos meus pais, por acreditarem em mim mesmo nos momentos de dúvida. Aos meus melhores amigos, por serem meu apoio, inspiração e força constante. Ao meu orientador, por confiar no meu potencial e nunca desistir de mim.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, antes de tudo, à espiritualidade, que iluminou meu caminho, guiou minhas escolhas e me deu força para superar os desafios desta jornada.

Aos meus pais, meu maior alicerce, que sempre acreditaram em mim, me incentivaram e me ensinaram o valor da perseverança e da dedicação.

Aos meus melhores amigos, companheiros inseparáveis desta caminhada, que estiveram ao meu lado nos momentos de dúvida e celebraram comigo cada pequena vitória, tornando tudo mais leve e significativo.

Ao meu orientador, cuja paciência, conhecimento e confiança no meu potencial foram essenciais para a conclusão deste trabalho, meu sincero reconhecimento e gratidão.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, deixo minha profunda gratidão. Cada gesto de apoio, cada palavra de incentivo e cada demonstração de confiança foram essenciais para que eu pudesse chegar até aqui.

*EPÍGRAFE*

*“É preciso sofrer para crescer, e crescer para florescer.”*

*Clarice Lispector, A Paixão Segundo G.H.*

## RESUMO

SANTOS, Nathilla Mirelly Felipe dos, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, novembro de 2025. **Melhoramento Genético para Produção de Leite**. Orientador: Jeferson Corrêa Ribeiro.

O melhoramento genético de bovinos zebuínos leiteiros desempenha papel fundamental no desenvolvimento da pecuária leiteira em regiões tropicais, por contribuir para a formação de rebanhos mais produtivos, férteis, longevos e adaptados às condições ambientais. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar, por meio de revisão bibliográfica, as principais ferramentas e estratégias aplicadas ao melhoramento genético desses rebanhos, com ênfase na seleção fenotípica e genômica, na avaliação de características funcionais, na curva de lactação, na herdabilidade e nos cruzamentos planejados. A metodologia adotada baseou-se na consulta e análise de artigos científicos, livros, documentos técnicos e publicações especializadas sobre o tema, priorizando estudos relacionados à produção de leite em bovinos zebuínos. Os resultados evidenciaram que a integração entre informações produtivas, morfológicas e genéticas aumenta a precisão na identificação de animais superiores, favorecendo ganhos consistentes em produção, eficiência reprodutiva, saúde, rusticidade e adaptação ao ambiente tropical. Além disso, verificou-se que os cruzamentos estratégicos entre zebuínos e taurinos, com destaque para o Girolando, potencializam os efeitos de heterose e complementaridade genética, promovendo sistemas mais eficientes e sustentáveis. Conclui-se que a utilização integrada dessas estratégias constitui uma ferramenta indispensável para o fortalecimento da pecuária leiteira tropical, tornando os sistemas produtivos mais competitivos e economicamente viáveis.

**Palavras-chave:** bovinos, cruzamentos, genômica, seleção, zebuínos

## ABSTRACT

SANTOS, Nathilla Mirelly Felipe dos, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, november de 2025. **Genetic Improvement for Milk Production.** Advisor: Jeferson Corrêa Ribeiro.

Genetic improvement of dairy zebu cattle plays a fundamental role in the development of dairy farming in tropical regions, contributing to the formation of more productive, fertile, long-lived herds adapted to environmental conditions. In this context, the present work aimed to analyze, through a literature review, the main tools and strategies applied to the genetic improvement of these herds, with emphasis on phenotypic and genomic selection, evaluation of functional characteristics, lactation curve, heritability, and planned crosses. The methodology adopted was based on the consultation and analysis of scientific articles, books, technical documents, and specialized publications on the subject, prioritizing studies related to milk production in zebu cattle. The results showed that the integration of productive, morphological, and genetic information increases the accuracy in identifying superior animals, favoring consistent gains in production, reproductive efficiency, health, hardiness, and adaptation to the tropical environment. Furthermore, it was found that strategic crossbreeding between zebu and taurine cattle, especially with Girolando, enhances heterosis and genetic complementarity effects, promoting more efficient and sustainable systems. It is concluded that the integrated use of these strategies is an indispensable tool for strengthening tropical dairy farming, making production systems more competitive and economically viable.

**Keywords:** crossbreeding, dairy cattle, genomic, selection, zebu

## SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO .....	1
2- MATERIAL E MÉTODOS .....	2
3- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1- História, linhagem e características das raças zebuínas .....	3
3.2- Melhoramento Genético: Conceito e Importância.....	4
3.3- Importância e impacto econômico do melhoramento genético na produção de leite .....	5
3.4- Como estruturar um programa de melhoramento .....	5
3.4.1- Definição de Objetivos.....	6
3.4.2- Avaliação da População.....	7
3.4.3- Seleção de Animais .....	7
3.4.4- Planejamento de Cruzamentos.....	8
3.4.5- Registro e Monitoramento.....	9
3.4.6- Avaliação de Resultados e Ajustes.....	9
3.5- Tipos de seleção genética .....	10
3.5.1- Seleção Fenotípica.....	10
3.5.2- Seleção Genotípica.....	11
3.5.3- Seleção de Tipo .....	12
3.5.4- Cruzamentos Planejados.....	12
3.6- Importância da curva de lactação na seleção de gado zebuino leiteiro .....	14
3.7- Características para seleção leiteira.....	14
3.8- Correlação de características na seleção leiteira de gado zebuino.....	15
3.9- Herdabilidade ( $h^2$ ).....	16
3.10- Graus de sangue .....	17
3.11- Cruzamentos em bovinos zebuinos leiteiros .....	18
4- DISCUSSÃO .....	19

5- CONCLUSÃO .....	20
6- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21

## 1- INTRODUÇÃO

A pecuária leiteira brasileira desempenha papel estratégico na segurança alimentar e no desenvolvimento socioeconômico do país, especialmente em regiões tropicais, onde predominam raças zebuínas adaptadas ao clima quente, a sistemas extensivos de produção e a condições ambientais desafiadoras. Nesse contexto, o melhoramento genético de bovinos zebuínos voltados à produção de leite destaca-se como um dos principais pilares para o avanço da atividade, contribuindo para o aumento da produtividade, da qualidade do leite e da sustentabilidade dos sistemas produtivos (MRODE et al., 2019; EMBRAPA, 2021).

Os bovinos zebuínos (*Bos indicus*) apresentam elevada adaptação às condições tropicais, com destaque para a resistência ao calor, a parasitas e a dietas de menor qualidade, o que justifica sua ampla utilização na pecuária nacional, especialmente em sistemas extensivos. Entretanto, quando comparados aos bovinos taurinos, tendem a apresentar menor precocidade e desempenho produtivo reduzido (ASMAR JUNIOR; DUTRA E SILVA, 2024; MOUSQUER et al., 2015).

Por sua vez, os bovinos taurinos (*Bos taurus*), originários de regiões de clima temperado, caracterizam-se pelo alto potencial produtivo, maior precocidade e melhor qualidade de produtos, como carne e leite. Contudo, apresentam menor adaptação às condições tropicais, sendo mais sensíveis ao estresse térmico e à ação de parasitas, o que pode limitar seu desempenho nesses ambientes (MARTINS, 2023).

No âmbito do melhoramento genético, os cruzamentos intrarraciais, realizados entre animais da mesma raça, têm como finalidade promover o progresso genético contínuo por meio da seleção de indivíduos superiores. Essa prática possibilita o aprimoramento de características produtivas e reprodutivas, além de contribuir para maior uniformidade dos rebanhos. No entanto, sua aplicação deve ser cuidadosamente planejada, a fim de evitar efeitos negativos associados à consanguinidade (MOUSQUER et al., 2015).

Em contrapartida, os cruzamentos inter-raciais, especialmente entre zebuínos e taurinos, buscam integrar as qualidades de ambos os grupos genéticos. Essa estratégia explora o fenômeno da heterose, resultando em animais com melhor desempenho produtivo, maior ganho de peso e adequada adaptação ao ambiente tropical. No Brasil, essa prática tem sido amplamente utilizada como forma de aumentar a eficiência dos sistemas de produção (IZIDIO; BERNARDES, 2023).

Nesse cenário, raças zebuínas como Gir Leiteiro, Guzerá e Nelore destacam-se pela rusticidade, resistência a ectoparasitas e eficiência reprodutiva sob condições de estresse térmico,

sendo fundamentais como base genética em programas de melhoramento voltados às regiões tropicais (DALTRO et al., 2019; CARRARA et al., 2022). Embora historicamente apresentassem menor produção leiteira em comparação às raças europeias, nas últimas décadas têm sido alvo de intensos programas de seleção, com avanços expressivos em características produtivas, morfológicas e funcionais (MARCHIORETTO et al., 2023; OGUNBAWO et al., 2024).

A seleção fenotípica, baseada em características como produção de leite, conformação corporal e estrutura de úbere, ainda desempenha papel relevante, especialmente em sistemas com menor acesso a tecnologias avançadas (GUTIÉRREZ-REINOSO, 2023). Entretanto, o avanço das ferramentas moleculares, aliado ao uso de marcadores genéticos como os polimorfismos de nucleotídeo único (SNP), tem impulsionado a seleção genômica, permitindo maior precisão na identificação de animais superiores e redução do intervalo entre gerações (OGUNBAWO et al., 2024; EMBRAPA, 2021).

Diante desse contexto, o avanço do melhoramento genético em bovinos zebuínos leiteiros tem papel essencial no fortalecimento da pecuária leiteira, ao permitir a obtenção de animais mais eficientes, férteis e adaptados aos desafios dos sistemas produtivos tropicais. Nesse cenário, o presente trabalho tem como objetivo analisar, por meio de revisão bibliográfica, as principais ferramentas e estratégias aplicadas ao melhoramento genético desses rebanhos, com ênfase na seleção fenotípica e genômica, na avaliação de características funcionais, na curva de lactação, na herdabilidade e nos cruzamentos planejados, evidenciando sua contribuição para a formação de animais mais produtivos, longevos e sustentáveis.

## **2- MATERIAL E MÉTODOS**

Este trabalho consiste em uma revisão bibliográfica, baseada na análise e sistematização de 23 artigos científicos, publicações institucionais e relatórios técnicos publicados nos últimos 10 anos. As fontes selecionadas incluem estudos sobre melhoramento genético, seleção fenotípica e genômica, cruzamentos e heterose em gado zebuino leiteiro, com ênfase na produção de leite e adaptação a sistemas tropicais.

A pesquisa bibliográfica foi conduzida em bases de dados científicas como SciELO, PubMed, ResearchGate e em sites institucionais, como o da EMBRAPA. Foram utilizadas combinações de palavras-chave em português e inglês, incluindo: “melhoramento genético gado

zebuíno”, “seleção fenotípica e genômica”, “cruzamentos Girolando” e “produção de leite em zebuínos”.

Os estudos selecionados foram organizados em categorias temáticas, de forma a facilitar a análise comparativa e a identificação de padrões entre os resultados. As principais categorias abordadas foram: histórico e características das raças zebuínas, tipos de seleção genética, curva de lactação, características leiteiras, correlações genéticas, cruzamentos e ganho genético esperado. A análise buscou identificar tendências, técnicas aplicadas e resultados reportados, permitindo a construção de uma visão integrada do tema e fornecendo subsídios para programas de melhoramento genético de gado zebuíno leiteiro.

### **3- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A pecuária leiteira em regiões tropicais enfrenta uma série de desafios, como as altas temperaturas, o estresse térmico, a ocorrência de doenças e a baixa qualidade das pastagens. Nesse contexto, as raças zebuínas, como Gir, Guzerá e Nelore, apresentam resistência a ectoparasitas, eficiência reprodutiva e adaptabilidade, tornando-se base para programas de melhoramento genético voltados à atividade leiteira (MARCHIORETTO et al., 2023).

O aprimoramento de rebanhos zebuínos leiteiros adaptados ao clima tropical busca equilibrar rusticidade e produtividade, garantindo não apenas o aumento do volume e da qualidade do leite, mas também a sustentabilidade e a competitividade da pecuária nas regiões tropicais (EMBRAPA, 2021; MARCHIORETTO et al., 2023).

#### **3.1- História, linhagem e características das raças zebuínas**

As raças zebuínas têm origem no subcontinente indiano, onde foram selecionadas ao longo de milênios por sua rusticidade, resistência a parasitas e adaptação a condições climáticas adversas, como calor intenso e períodos de escassez de alimento (MARCHIORETTO et al., 2023). No Brasil, a introdução do gado zebuíno ocorreu a partir do final do século XIX, inicialmente voltada à pecuária de corte. Com o tempo, seu potencial adaptativo chamou atenção também para a atividade leiteira, principalmente em regiões tropicais, onde raças taurinas apresentam limitações de adaptação (EMBRAPA, 2021).

Entre as principais raças zebuínas de interesse para a produção de leite destacam-se:

**Gir Leiteiro:** Originário da região de Gujarat, na Índia, é reconhecido por sua boa produção de leite, temperamento dócil e elevada resistência ao calor e aos parasitas. Possui úbere bem desenvolvido, patas fortes e conformação adequada para o pastejo em áreas extensivas, sendo a principal raça utilizada na formação do Girolando (DALTRO et al., 2019; VIEIRA et al., 2022).

**Guzerá:** Com origem em cruzamentos históricos na Índia, apresenta dupla aptidão (leite e carne), destacando-se pela rusticidade, fertilidade e boa adaptação ao clima tropical. Sua resistência a ectoparasitas e a capacidade de manter a produção mesmo em condições menos favoráveis, fazem dela uma raça de grande importância econômica (MARCHIORETTO et al., 2023; MRODE et al., 2019).

**Nelore:** Proveniente do norte da Índia, é a raça zebuína mais difundida no Brasil. Embora tradicionalmente voltada à produção de carne, suas qualidades de resistência ambiental, fertilidade e adaptabilidade tornam-na útil em programas de cruzamento voltados ao aumento da rusticidade e à melhoria da adaptação de raças leiteiras em regiões tropicais (MARCHIORETTO et al., 2023; OGUNBAWO et al., 2024).

Para superar a limitação de produção leiteira de algumas raças zebuínas puras, programas de melhoramento genético vêm incorporando cruzamentos estratégicos com raças taurinas, como Holandês, resultando no Girolando (Gir × Holandês). Esses cruzamentos exploram a heterose, que consiste na superioridade produtiva dos descendentes em relação aos pais de raça pura, e a complementaridade genética, combinando rusticidade, adaptação ao clima tropical e incremento na produtividade de leite (DALTRO et al., 2019; VIEIRA et al., 2022).

Dessa forma, as raças zebuínas representam uma base genética essencial para a pecuária leiteira tropical, permitindo o desenvolvimento de rebanhos produtivos, resistentes e sustentáveis, capazes de atender à crescente demanda por leite em regiões de clima quente e pastagens de baixa qualidade, enquanto preservam características de saúde, fertilidade e longevidade (MARCHIORETTO et al., 2023; EMBRAPA, 2021).

### **3.2- Melhoramento Genético: Conceito e Importância**

O melhoramento genético consiste na aplicação de técnicas de seleção e reprodução para aumentar a frequência de genes favoráveis em uma população, visando melhorar características de interesse econômico e produtivo. Na pecuária leiteira, essas práticas permitem identificar e reproduzir animais com maior potencial de produção, melhor composição do leite, eficiência

reprodutiva e maior capacidade de adaptação às condições ambientais (MARCHIORETTO et al., 2023; MRODE et al., 2019).

A relevância do melhoramento genético está diretamente ligada ao aumento da produtividade e sustentabilidade dos rebanhos, fatores que contribuem para a competitividade da atividade leiteira, sobretudo em regiões tropicais, onde o calor excessivo, as pastagens de menor qualidade e o estresse ambiental exigem animais mais resistentes e adaptados. Além de favorecer a seleção de indivíduos superiores, o uso de estratégias genéticas modernas também reduz o intervalo entre gerações e acelera o ganho genético acumulado, permitindo que ferramentas como a seleção genômica e os cruzamentos estratégicos sejam aplicadas de forma mais eficiente e integrada aos programas de melhoramento (OGUNBAWO et al., 2024; EMBRAPA, 2021).

### **3.3- Importância e impacto econômico do melhoramento genético na produção de leite**

O melhoramento genético desempenha um papel essencial na pecuária leiteira, pois promove o aumento da produtividade, a melhoria da eficiência reprodutiva e a elevação da qualidade do leite, refletindo diretamente na rentabilidade dos sistemas de produção (MARCHIORETTO et al., 2023; MRODE et al., 2019).

Além disso, programas de melhoramento bem estruturados favorecem a redução do intervalo entre gerações e aceleram o ganho genético, ampliando o retorno sobre o investimento em genética. Em rebanhos de regiões tropicais, a seleção de animais adaptados ao calor e às condições ambientais adversas torna-se fundamental para garantir a sustentabilidade econômica e produtiva. Essa adaptação reduz perdas associadas ao estresse térmico, à mortalidade e à baixa fertilidade, fortalecendo a eficiência dos sistemas de produção sob climas desafiadores (OGUNBAWO et al., 2024; EMBRAPA, 2021).

### **3.4- Como estruturar um programa de melhoramento**

Um programa de melhoramento genético para gado zebuino leiteiro deve ser planejado de forma organizada, com o objetivo de aumentar a produção de leite, melhorar a eficiência reprodutiva e manter a adaptação dos animais ao clima tropical (MRODE et al., 2019; EMBRAPA, 2021).

Inicialmente, definem-se os objetivos de seleção, considerando características como produção de leite, fertilidade e resistência ao estresse térmico (PEREIRA et al., 2018). Em seguida, realiza-se a coleta de dados confiáveis, fundamentais para a avaliação dos animais (MARCHIORETTO et al., 2023).

A avaliação genética pode ser feita por métodos fenotípicos ou genômicos, permitindo identificar animais superiores e acelerar o ganho genético (OGUNBAWO et al., 2024). Com base nisso, ocorre a seleção dos melhores indivíduos e o planejamento dos acasalamentos, evitando consanguinidade e utilizando biotecnologias reprodutivas (EMBRAPA, 2021).

Além disso, o uso de cruzamentos entre zebuínos e taurinos pode ser adotado para explorar a heterose e melhorar o desempenho produtivo (DALTRO et al., 2019; IZIDIO; BERNARDES, 2023).

Por fim, o monitoramento contínuo dos resultados permite ajustar o programa e garantir sua eficiência ao longo das gerações (MRODE et al., 2019).

### **3.4.1- Definição de Objetivos**

O primeiro passo em um programa de melhoramento genético é definir objetivos claros, específicos e mensuráveis, de acordo com o sistema de produção adotado. Essa etapa é fundamental, pois orienta todas as decisões relacionadas à seleção e reprodução dos animais. Em sistemas leiteiros tropicais, é importante priorizar características como produção e qualidade do leite, fertilidade, resistência a doenças e tolerância ao estresse térmico (MARCHIORETTO et al., 2023; EMBRAPA, 2021).

Além disso, a definição adequada desses objetivos permite direcionar o melhoramento genético de forma mais eficiente, garantindo progresso ao longo das gerações. Metas bem estabelecidas também facilitam o monitoramento dos resultados e a realização de ajustes no programa, conforme as necessidades do sistema produtivo (MRODE et al., 2019).

A definição adequada desses objetivos permite direcionar a seleção de forma mais eficiente, garantindo progresso genético contínuo e resultados mais consistentes ao longo das gerações. Além disso, metas bem estabelecidas facilitam o monitoramento do desempenho do rebanho, possibilitando ajustes no programa sempre que necessário (MRODE et al., 2019).

### **3.4.2- Avaliação da População**

A avaliação da população consiste no levantamento detalhado das características genéticas e fenotípicas dos animais do rebanho, com o objetivo de identificar aqueles com maior potencial produtivo e reprodutivo. Essa etapa é fundamental, pois fornece a base para a tomada de decisões dentro do programa de melhoramento genético (MRODE et al., 2019; EMBRAPA, 2021).

Para isso, é necessário realizar a coleta sistemática e contínua de dados, incluindo informações produtivas (como volume e qualidade do leite), reprodutivas (intervalo entre partos, fertilidade) e morfológicas (conformação do úbere, estrutura corporal e longevidade). Esses registros permitem uma avaliação mais precisa do desempenho dos animais e contribuem para a identificação de indivíduos superiores (GUTIÉRREZ-REINOSO et al., 2023; MARCHIORETTO et al., 2023).

Além disso, a análise dessas informações possibilita compreender a variabilidade genética presente no rebanho, o que é essencial para planejar estratégias de seleção e cruzamento mais eficientes. Dessa forma, a avaliação da população torna-se uma etapa indispensável para garantir a evolução genética e a melhoria contínua dos sistemas de produção (PEREIRA et al., 2018; MRODE et al., 2019).

### **3.4.3- Seleção de Animais**

A seleção pode ser conduzida por diferentes abordagens, que se complementam entre si. A seleção fenotípica baseia-se na observação direta de características produtivas e de tipo (MARCHIORETTO et al., 2023). A seleção genética visa, a partir dos dados fenotípicos quantitativos (a maioria das características produtivas são quantitativas, ou seja, são reguladas por vários genes), obter a estimativa dos valores genéticos dos animais. Esses valores genéticos são expressos na forma de DEP (diferença esperada na progênie) ou PTA (habilidade predita de transmissão), que representam a metade do valor genético, representando a porção dos genes que são transmitidos à progênie.

Já a seleção genômica utiliza marcadores moleculares e painéis SNP adaptados a zebuínos, para marcar as regiões do DNA que estão relacionadas a características quantitativas, elevando a precisão na identificação de animais geneticamente superiores (OGUNBAWO et al., 2024). Além

disso, os cruzamentos estratégicos entre raças zebuínas e taurinas, como no caso do Girolando, exploram a heterose e a complementaridade genética, unindo rusticidade e produtividade (DALTRO et al., 2019; VIEIRA et al., 2022).

#### **3.4.4- Planejamento de Cruzamentos**

O planejamento de cruzamentos é uma etapa fundamental nos programas de melhoramento genético, pois permite combinar, de forma estratégica, características desejáveis de diferentes raças. No caso da pecuária leiteira tropical, busca-se unir a rusticidade e a capacidade de adaptação dos zebuínos com o alto potencial produtivo dos taurinos (MARCHIORETTO et al., 2023; VIEIRA et al., 2022).

Existem diferentes tipos de cruzamentos que podem ser utilizados. Os cruzamentos rotacionais consistem na alternância de raças ao longo das gerações, mantendo um nível constante de heterose e adaptabilidade. Já os cruzamentos terminais são utilizados quando o objetivo é produzir animais com alto desempenho produtivo, normalmente destinados à produção, sem retorno ao sistema reprodutivo. Por sua vez, o uso de biotecnologias como o MOET (Multiple Ovulation Embryo Transfer- Transferência de embriões em ovulação múltipla ) permite multiplicar rapidamente animais geneticamente superiores, acelerando o progresso genético do rebanho (EMBRAPA, 2021; PEREIRA et al., 2018).

Essas estratégias favorecem a exploração da heterose, também conhecida como vigor híbrido, que resulta em animais com desempenho superior ao dos pais, especialmente em características como produção de leite, fertilidade e resistência. Além disso, a complementaridade genética permite combinar diferentes pontos fortes das raças envolvidas, formando animais mais equilibrados e adaptados às condições tropicais (DALTRO et al., 2019; IZIDIO; BERNARDES, 2023).

Dessa forma, o planejamento adequado dos cruzamentos contribui diretamente para o aumento da produtividade, melhoria da eficiência do sistema e maior sustentabilidade da atividade leiteira ao longo do tempo (MRODE et al., 2019).

### **3.4.5- Registro e Monitoramento**

A manutenção de registros detalhados sobre genealogia, produção e reprodução dos animais é indispensável para garantir a rastreabilidade genética e a organização das informações do rebanho. Esses dados permitem acompanhar a origem dos animais, seu desempenho ao longo do tempo e sua contribuição genética para as próximas gerações, sendo fundamentais para a tomada de decisões no programa de melhoramento (EMBRAPA, 2021; MRODE et al., 2019).

O monitoramento contínuo dessas informações possibilita avaliar a evolução do rebanho, identificar pontos de melhoria e verificar se os objetivos do programa estão sendo alcançados. Além disso, permite mensurar o ganho genético acumulado ao longo das gerações, contribuindo para ajustes nas estratégias de seleção e cruzamento e aumentando a eficiência do sistema produtivo (OGUNBAWO et al., 2024; MARCHIORETTO et al., 2023).

### **3.4.6- Avaliação de Resultados e Ajustes**

A etapa de avaliação dos resultados é o momento em que se verifica se o programa de melhoramento genético está realmente promovendo avanços na produção de leite e nas demais características definidas como prioritárias. Nessa fase, os resultados observados nas gerações mais jovens devem ser comparados com as metas estabelecidas no início do programa, analisando se houve evolução em produção de leite, teores de gordura e proteína, fertilidade, saúde do úbere e persistência da lactação. Essa análise é importante porque mostra se o ganho genético está ocorrendo na direção esperada e se a seleção está contribuindo para maior eficiência econômica do sistema leiteiro. (GUTIÉRREZ-REINOSO; APONTE; GARCÍA-HERREROS, 2021).

Após essa interpretação inicial, os resultados passam por ferramentas computacionais e modelos estatísticos que aumentam a precisão da avaliação. Entre os métodos mais utilizados está o BLUP (Best Linear Unbiased Prediction, ou Melhor Predição Linear Não Viesada), amplamente empregado para estimar o mérito genético dos animais. Em programas mais modernos também são utilizados o GBLUP (Genomic Best Linear Unbiased Prediction) e o ssGBLUP (single-step Genomic Best Linear Unbiased Prediction), que integram em uma única análise os dados fenotípicos, genealógicos e genômicos (GUTIÉRREZ-REINOSO; APONTE; GARCÍA-HERREROS, 2021). O uso dessas metodologias permite separar o que é efeito real da genética do

animal do que é consequência de ambiente, manejo, nutrição ou época do parto.

Na prática, essa etapa gera indicadores como EBV (Estimated Breeding Value, ou Valor Genético Estimado), PTA (Predicted Transmitting Ability, ou Capacidade Predita de Transmissão) e GEBV (Genomic Estimated Breeding Value, ou Valor Genético Estimado com base Genômica). Esses parâmetros mostram se os animais escolhidos como reprodutores e matrizes realmente estão transmitindo superioridade genética para produção de leite, sólidos, fertilidade e longevidade às próximas gerações (WIGGANS; CARRILLO, 2022).

Os ajustes do programa devem ser feitos sempre que os resultados se afastarem do objetivo inicial. Por exemplo, quando ocorre aumento na produção de leite, mas redução na fertilidade ou maior incidência de mastite, torna-se necessário reequilibrar os pesos das características dentro do índice de seleção. Nesses casos, pode-se aumentar a importância de sólidos do leite, resistência a doenças, eficiência alimentar ou adaptação ao calor, buscando um animal mais funcional e rentável no longo prazo (TADE et al., 2024).

Dessa forma, a avaliação dos resultados não representa apenas uma conferência final, mas um processo contínuo de medir, interpretar e corrigir a estratégia genética adotada. É justamente essa etapa de ajustes que garante que o programa continue eficiente, sustentável e alinhado às demandas produtivas da bovinocultura leiteira (GUTIÉRREZ-REINOSO; APONTE; GARCÍA-HERREROS, 2021).

### **3.5- Tipos de seleção genética**

A seleção genética consiste no processo de escolha de indivíduos com características desejáveis para reprodução, com o objetivo de aumentar a frequência de genes favoráveis em uma população (MARCHIORETTO et al., 2023). No contexto do gado zebuino leiteiro, ela assume papel essencial no aumento da produção de leite, na melhoria da fertilidade, na adaptação ao clima tropical e na redução do intervalo entre gerações, contribuindo diretamente para a eficiência produtiva dos rebanhos

#### **3.5.1- Seleção Fenotípica**

A seleção fenotípica baseia-se na observação direta das características expressas pelos animais, considerando atributos que podem ser avaliados visualmente ou por meio do desempenho produtivo, como volume de leite produzido, conformação do úbere, estrutura corporal, aprumos e

resistência a doenças, especialmente mastite (GUTIERREZ-REINOSO; APONTE; GARCIA-HERREROS, 2023). Esse método é um dos mais tradicionais dentro dos programas de melhoramento genético e continua sendo amplamente utilizado, principalmente em propriedades com menor acesso à genotipagem e a ferramentas avançadas de avaliação genética.

Na bovinocultura leiteira, sua importância está no fato de permitir a identificação de vacas superiores a partir do próprio desempenho observado no sistema de produção. Animais que apresentam maior produção de leite, boa conformação funcional do úbere, pernas adequadas e maior resistência a problemas sanitários tendem a permanecer mais tempo no rebanho e apresentar melhor eficiência produtiva ao longo da vida (GUTIERREZ-REINOSO; APONTE; GARCIA-HERREROS, 2023).

Embora seja um método mais simples, a seleção fenotípica ainda apresenta bons resultados, principalmente quando associada a registros zootécnicos confiáveis e avaliações periódicas. Além disso, ela representa uma ferramenta importante para produtores que desejam iniciar um programa de melhoramento genético para produção de leite de forma prática, acessível e baseada no desempenho real dos animais dentro da fazenda (GUTIERREZ-REINOSO; APONTE; GARCIA-HERREROS, 2023).

### **3.5.2- Seleção Genotípica**

A seleção genotípica utiliza informações obtidas diretamente do material genético dos animais, por meio de marcadores moleculares, como os SNPs (Single Nucleotide Polymorphisms, ou polimorfismos de nucleotídeo único), permitindo identificar de forma precoce indivíduos com elevado potencial para características leiteiras, mesmo antes que expressem seu desempenho produtivo. Essa abordagem é especialmente importante na bovinocultura leiteira, pois possibilita selecionar novilhas e touros jovens com maior precisão para produção de leite, sólidos, fertilidade, resistência à mastite e longevidade (OGUNBAWO et al., 2024; TADE et al., 2024).

Uma das principais vantagens desse método é o aumento da precisão do processo seletivo, já que a escolha dos animais deixa de depender exclusivamente do fenótipo observado ou do teste de progênie. Com a utilização da genômica, é possível estimar o GEBV (Genomic Estimated Breeding Value, ou Valor Genético Estimado com base Genômica) ainda em idade jovem, reduzindo o intervalo entre gerações e acelerando o ganho genético para produção de leite e qualidade do

rebanho (TADE et al., 2024).

Além disso, a seleção genotípica apresenta grande contribuição em características de baixa herdabilidade, como fertilidade, saúde do úbere, eficiência alimentar e adaptação a diferentes ambientes, nas quais a seleção baseada apenas no fenótipo costuma ser mais lenta. Dessa forma, essa estratégia otimiza o progresso genético do rebanho, tornando o sistema leiteiro mais produtivo, funcional e economicamente sustentável no longo prazo (GUTIERREZ-REINOSO; APONTE; GARCIA-HERREROS, 2021).

### **3.5.3- Seleção de Tipo**

A seleção de tipo, também chamada de seleção morfológica, tem como foco a avaliação de características estruturais diretamente relacionadas à funcionalidade da vaca leiteira no sistema produtivo. Nessa etapa, são valorizados aspectos como profundidade e inserção do úbere, ligamento suspensor mediano, angulação de pernas e cascos, largura de garupa e capacidade corporal, por estarem associados à facilidade de ordenha, sustentação mamária, locomoção e conforto do animal (MARCHIORETTO et al., 2023).

Essas características exercem influência importante sobre a longevidade produtiva, pois vacas com melhor conformação funcional tendem a apresentar menor incidência de lesões locomotoras, menor risco de mastite decorrente de úberes pendulosos e maior capacidade de permanecer por várias lactações no rebanho. Como consequência, o desempenho produtivo se mantém mais estável ao longo do tempo, favorecendo melhor retorno econômico ao produtor (MARCHIORETTO et al., 2023).

Na prática, a inclusão desse tipo de avaliação no programa de melhoramento contribui para formar rebanhos mais equilibrados, nos quais alta produção de leite está associada à resistência física e à permanência das vacas no sistema. Isso é especialmente importante em propriedades que buscam produtividade com redução de descarte involuntário e maior vida útil das matrizes (MARCHIORETTO et al., 2023).

### **3.5.4- Cruzamentos Planejados**

Embora não representem uma forma direta de seleção, os cruzamentos planejados constituem uma importante estratégia complementar dentro do melhoramento genético para bovinos de leite. Essa prática consiste no acasalamento direcionado entre animais de diferentes raças, com o objetivo de reunir características desejáveis e explorar a heterose (vigor híbrido), que corresponde à superioridade do animal mestiço em relação à média de seus pais, principalmente para fertilidade, saúde, longevidade e adaptação ao ambiente (VIEIRA; DALTRO; COBUCI, 2022).

No Brasil, o exemplo mais conhecido é o Girolando (Gir × Holandês), amplamente utilizado por combinar rusticidade, resistência ao calor e eficiência reprodutiva do Gir com a alta produção leiteira do Holandês (VIEIRA; DALTRO; COBUCI, 2022). Entretanto, outros cruzamentos também apresentam grande relevância na bovinocultura leiteira. O cruzamento entre Holandês × Jersey, por exemplo, é bastante utilizado quando o objetivo é aumentar os sólidos do leite, especialmente gordura e proteína, além de melhorar a fertilidade e reduzir o tamanho corporal das vacas, favorecendo maior eficiência alimentar em sistemas a pasto (MCCARTHY et al., 2020).

Outro esquema bastante utilizado é o cruzamento rotacionado de três raças, envolvendo Holandês, Jersey e Norwegian Red (Vermelho Norueguês). Nesse sistema, busca-se equilibrar produção de leite, rendimento de sólidos, fertilidade, saúde do úbere e longevidade, mantendo níveis mais altos de heterose ao longo das gerações (MCCARTHY et al., 2020). Estudos em sistemas leiteiros a pasto mostram que esses animais cruzados apresentam melhor desempenho reprodutivo e maior robustez funcional em comparação às vacas Holandesas puras.

Também merecem destaque os cruzamentos entre Holandês × Montbéliarde e Holandês × Scandinavian Red ou Viking Red, bastante utilizados em rebanhos de alta produção quando se busca melhorar fertilidade, facilidade de parto, resistência à mastite e permanência das vacas no rebanho, sem perdas expressivas na produção de leite (HAZEL; HEINS; HANSEN, 2020).

Além da escolha racial, o sistema de cruzamento também pode variar de acordo com os objetivos da propriedade, podendo ser simples, quando envolve duas raças; rotacionado, com alternância entre duas ou três raças; absorvente, para aumentar gradualmente a participação de uma raça; e composto, quando se busca estabilizar um novo grupo genético com proporções definidas (MCCARTHY et al., 2020).

Dessa forma, os cruzamentos planejados vão muito além do Girolando e representam uma ferramenta estratégica para formar rebanhos leiteiros mais produtivos, férteis, resistentes e adaptados às diferentes realidades dos sistemas de produção (VIEIRA; DALTRO; COBUCI, 2022;

MCCARTHY et al., 2020).

### 3.6- Importância da curva de lactação na seleção de gado zebuino leiteiro

A curva de lactação representa graficamente a produção diária de leite ao longo do período de lactação de uma vaca, permitindo analisar a persistência, o pico de produção e a eficiência produtiva do animal. Em gado zebuino leiteiro, a avaliação da curva de lactação é essencial para identificar animais superiores e ajustar estratégias de melhoramento genético, considerando não apenas a produção total, mas também a estabilidade e consistência ao longo da lactação (GUTIÉRREZ-REINOSO et al., 2023).

O estudo da curva de lactação auxilia na seleção fenotípica e genômica, permitindo a escolha de animais com maior produção no pico de lactação e maior persistência, características que contribuem diretamente para redução de custos, eficiência alimentar e aumento da rentabilidade. Além disso, essa análise permite detectar precocemente problemas metabólicos ou reprodutivos, fornecendo subsídios valiosos para decisões de manejo e de seleção genética (MARCHIORETTO et al., 2023).

Programas de melhoramento que incorporam a análise da curva de lactação podem elevar a produção média do rebanho, reduzir perdas associadas à baixa persistência e orientar cruzamentos estratégicos, como na formação do Girolando (Gir × Holandês), otimizando a combinação entre rusticidade e produtividade (DALTRO et al., 2019; VIEIRA et al., 2022).

### 3.7- Características para seleção leiteira

A seleção leiteira em gado zebuino envolve a escolha de animais com características produtivas, reprodutivas e funcionais que elevem a eficiência do rebanho e garantam sustentabilidade à produção. A avaliação dessas características permite identificar indivíduos com maior potencial genético para a produção de leite, garantindo ganhos consistentes ao longo das gerações (MARCHIORETTO et al., 2023).

Entre as principais características avaliadas destacam-se:

**Produção de leite:** Quantidade total de leite por lactação ou por dia, sendo o principal critério de seleção fenotípica (GUTIÉRREZ-REINOSO et al., 2023).

**Composição do leite:** Teores de gordura e proteína, fundamentais para a qualidade do produto e seu valor econômico (MARCHIORETTO et al., 2023).

**Persistência e curva de lactação:** Animais com maior persistência produzem leite de forma constante ao longo da lactação, reduzindo flutuações e aumentando a eficiência alimentar (DALTRO et al., 2019).

**Caracteres morfológicos e de tipo:** Conformação do úbere, tamanho e formato das tetas, estrutura corporal e aprumos, influenciam a saúde, longevidade e produtividade (MARCHIORETTO et al., 2023; GUTIÉRREZ-REINOSO et al., 2023).

**Eficiência reprodutiva:** Idade ao primeiro parto, intervalo entre partos e taxa de concepção, impactam diretamente no número de lactações e na produção total de leite (OGUNBAWO et al., 2024).

A integração dessas características em programas de seleção, com o uso conjunto de dados fenotípicos e genômicos, proporciona maior acurácia na escolha de reprodutores e vacas matrizes, promovendo o avanço genético e a formação de rebanhos produtivos, adaptados e economicamente sustentáveis (VIEIRA et al., 2022).

### **3.8- Correlação de características na seleção leiteira de gado zebuino**

Na seleção genética de gado zebuino leiteiro, compreender as correlações entre características é essencial para otimizar o ganho genético sem comprometer a saúde ou adaptação dos animais. Correlação genética refere-se à relação entre dois ou mais traços herdáveis, indicando que a seleção de uma característica pode influenciar outra de forma positiva ou negativa (MARCHIORETTO et al., 2023).

Estudos indicam que a produção de leite apresenta correlação positiva com características de tipo, como conformação do úbere e estrutura corporal. Assim, animais com melhor tipo morfológico tendem a apresentar maior eficiência produtiva (GUTIÉRREZ-REINOSO et al., 2023). Além disso, características reprodutivas, como idade ao primeiro parto e intervalo entre partos, também podem apresentar correlação com produção de leite, sendo fundamental considerar esses efeitos para evitar seleção que reduza a fertilidade (OGUNBAWO et al., 2024).

A análise de correlação fenotípica e genômica permite priorizar características de alto impacto econômico e ajustar programas de melhoramento. Cruzamentos entre zebuínos e taurinos,

como no caso do Girolando, exemplificam o uso dessas correlações de forma estratégica, combinando rusticidade e produtividade e maximizando a heterose (DALTRO et al., 2019; VIEIRA et al., 2022).

### 3.9- Herdabilidade ( $h^2$ )

A herdabilidade ( $h^2$ ) é um parâmetro genético que mostra quanto das diferenças observadas entre os animais é explicado pela genética e quanto depende do ambiente. Na bovinocultura leiteira, isso ajuda a entender se uma vaca produz mais leite por possuir genes superiores ou se esse resultado está mais relacionado a fatores como alimentação, conforto, manejo, sanidade e clima. Valores de herdabilidade moderados para produção leiteira têm sido frequentemente relatados em vacas Holandesas, reforçando a importância desse parâmetro nos programas de seleção (ZHANG et al., 2024).

De forma mais simples, a herdabilidade indica a proporção da variação fenotípica que é causada pela genética aditiva, ou seja, pela parte da genética que pode ser transmitida dos pais para as filhas. Quando o valor de  $h^2$  é alto, significa que a seleção genética tende a trazer resultados mais rápidos e consistentes. Quando é baixo, a influência do ambiente se torna maior, e melhorias no manejo passam a ser tão importantes quanto a escolha genética (JAYAWARDANA et al., 2023).

Essa relação pode ser representada pela fórmula:

$$h^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_P^2}$$

Nessa expressão,  $\sigma^2A$  corresponde à variância genética aditiva, enquanto  $\sigma^2P$  representa a variância fenotípica total, que inclui genética e ambiente. Assim, a fórmula demonstra a parcela da variação total que realmente pode responder à seleção genética (ZHANG et al., 2024).

Na prática da produção de leite, esse conceito é muito útil para definir as prioridades do programa de melhoramento. Características como produção de leite, teor de gordura e proteína costumam apresentar herdabilidade moderada, o que significa que a escolha de bons touros e matrizes tende a gerar progresso genético consistente nas próximas gerações. No estudo com Holandesas, os valores variaram de 0,25 a 0,39 para características de produção, indicando boa resposta à seleção (ZHANG et al., 2024).

Por outro lado, características como fertilidade, resistência à mastite, longevidade e saúde

geral geralmente apresentam herdabilidade mais baixa, porque sofrem maior influência do ambiente e do manejo. Nesses casos, além da genética, o produtor precisa investir em nutrição, conforto, controle sanitário e manejo reprodutivo para obter melhores resultados (CHAFAI; BADAOU; REKAYA, 2024).

Em termos práticos, a herdabilidade ajuda a decidir onde vale mais a pena investir dentro do programa de melhoramento genético para leite. Se a característica apresentar  $h^2$  mais alto, a seleção tende a responder melhor. Se o valor for baixo, o avanço genético é mais lento e depende da associação entre genética e ambiente. Dessa forma, esse parâmetro auxilia na tomada de decisão e torna o programa mais eficiente e alinhado aos objetivos produtivos da propriedade (ZHANG et al., 2024; CHAFAI; BADAOU; REKAYA, 2024).

### **3.10- Graus de sangue**

Os graus de sangue correspondem à proporção genética de cada raça presente no animal e representam um elemento fundamental na padronização de bovinos leiteiros oriundos de cruzamentos dirigidos. No caso do Girolando, os graus mais utilizados são 1/2 Holandês + 1/2 Gir, 3/4 Holandês + 1/4 Gir, 5/8 Holandês + 3/8 Gir e 7/8 Holandês + 1/8 Gir, sendo cada composição indicada de acordo com o objetivo produtivo e o nível tecnológico do sistema de produção. O grau de sangue 5/8 Holandês + 3/8 Gir é reconhecido como o padrão racial oficial da raça Girolando, por apresentar equilíbrio entre elevada produção leiteira, rusticidade, fertilidade e adaptação às condições tropicais (EMBRAPA, 2021).

De modo geral, animais com maior proporção de sangue Holandês, como os graus 3/4 e 7/8, tendem a apresentar maior potencial produtivo, principalmente em sistemas intensivos, porém exigem melhores condições de nutrição, conforto térmico e manejo sanitário. Em contrapartida, graus com maior participação zebuína, como 1/2 e 5/8, costumam apresentar melhor resistência ao calor, maior longevidade, melhor eficiência reprodutiva e maior desempenho em sistemas a pasto, características altamente desejáveis na pecuária leiteira tropical (EMBRAPA, 2021).

A escolha do grau de sangue deve considerar o ambiente, o sistema de produção e as metas da propriedade, pois essa definição influencia diretamente a produtividade, a persistência da lactação, a adaptabilidade e a sustentabilidade do rebanho. Estudos com diferentes graus sanguíneos da raça Girolando demonstram que animais 1/2, 3/4, 5/8 e 7/8 podem apresentar

respostas distintas em produção de leite, composição do leite e regularidade produtiva, evidenciando a importância do planejamento genético conforme a realidade de cada fazenda (SILVA; RIBEIRO, 2016).

Dessa forma, os graus de sangue constituem uma ferramenta prática dentro dos programas de melhoramento genético, pois permitem ajustar o equilíbrio entre potencial produtivo e adaptabilidade, favorecendo a formação de rebanhos mais eficientes, férteis e sustentáveis nas condições tropicais (EMBRAPA, 2021).

### **3.11- Cruzamentos em bovinos zebuínos leiteiros**

Os cruzamentos em bovinos zebuínos leiteiros representam uma estratégia de grande importância no melhoramento genético voltado à produção de leite em regiões tropicais, pois permitem combinar a elevada capacidade de adaptação das raças zebuínas com o alto potencial produtivo de raças taurinas especializadas. Essa prática favorece a exploração da heterose (vigor híbrido) e da complementaridade genética, promovendo avanços em produção, fertilidade, longevidade e resistência ambiental (DALTRO et al., 2019; VIEIRA; DALTRO; COBUCCI, 2022).

No Brasil, o principal exemplo dessa estratégia é o Girolando, formado pelo cruzamento entre Gir e Holandês, amplamente utilizado na pecuária leiteira nacional. Esse agrupamento genético reúne a rusticidade, resistência ao calor, eficiência reprodutiva e adaptação a pastagens tropicais do Gir com a elevada produção de leite do Holandês, resultando em animais altamente funcionais para diferentes sistemas de produção (MARCHIORETTO et al., 2023). Como consequência, observa-se aumento da produção média de leite, melhor persistência da lactação, maior eficiência reprodutiva e manutenção da adaptabilidade ao ambiente tropical (VIEIRA; DALTRO; COBUCCI, 2022).

Além do Girolando, outros cruzamentos podem ser estrategicamente utilizados com raças zebuínas leiteiras, como Guzerá e Gir, ou mesmo com bases zebuínas adaptadas, dependendo dos objetivos da propriedade. O Guzerá × Holandês, por exemplo, pode ser interessante em sistemas que buscam boa produção associada à rusticidade e dupla aptidão. Já cruzamentos envolvendo bases Nelore com taurinos leiteiros podem ser empregados em programas específicos de formação de compostos ou em regiões onde a adaptação ao estresse térmico e à baixa oferta nutricional seja prioridade (OGUNBAWO et al., 2024).

Os esquemas de cruzamento também podem variar conforme a proposta do programa de melhoramento, sendo comuns modelos rotacionais, absorventes e em núcleo de seleção, os quais permitem manter níveis favoráveis de heterose ao longo das gerações. Esses sistemas contribuem para melhorar características de grande importância econômica, como fertilidade, longevidade, resistência a parasitas, saúde do úbere e desempenho produtivo, especialmente em ambientes tropicais (GUTIERREZ-REINOSO; APONTE; GARCIA-HERREROS, 2023).

Para que os resultados sejam consistentes, é indispensável realizar o acompanhamento genético, reprodutivo e produtivo do rebanho, monitorando produção de leite, sólidos, taxa de prenhez, saúde mamária e persistência da lactação. Esse controle permite ajustar continuamente o programa, assegurando que o aumento da produtividade ocorra sem comprometer a adaptabilidade, a sanidade e a funcionalidade dos animais (MARCHIORETTO et al., 2023; VIEIRA; DALTRO; COBUCCI, 2022).

#### **4- DISCUSSÃO**

A análise da literatura evidencia que o melhoramento genético em bovinos zebuínos leiteiros representa uma ferramenta essencial para elevar a produtividade e a eficiência reprodutiva sem comprometer a rusticidade e a adaptação às condições tropicais (MARCHIORETTO et al., 2023; GUTIÉRREZ-REINOSO et al., 2023). Os estudos demonstram que, embora a seleção fenotípica ainda seja amplamente utilizada, principalmente em sistemas com menor acesso a tecnologias avançadas, sua associação com ferramentas mais precisas amplia significativamente a eficiência do programa.

Nesse contexto, a integração entre seleção fenotípica, seleção genômica e análise da curva de lactação mostrou-se fundamental para aumentar a acurácia na identificação de animais superiores, permitindo selecionar indivíduos não apenas pelo volume total de leite, mas também pela persistência da lactação, eficiência produtiva e estabilidade ao longo do tempo (MARCHIORETTO et al., 2023; GUTIÉRREZ-REINOSO et al., 2023). Esse resultado reforça que programas modernos de melhoramento devem considerar múltiplos indicadores produtivos e funcionais.

A literatura também confirma a importância da avaliação de características funcionais e de tipo, como conformação do úbere, estrutura corporal e aprumos, uma vez que esses parâmetros

apresentam relação direta com a longevidade, a saúde mamária e a permanência das vacas no sistema produtivo (MARCHIORETTO et al., 2023). Dessa forma, a seleção de tipo não atua isoladamente, mas complementa a seleção produtiva ao favorecer animais mais funcionais e economicamente eficientes ao longo das lactações.

Outro aspecto amplamente discutido refere-se ao uso de informações genômicas, especialmente marcadores SNP (polimorfismos de nucleotídeo único), que possibilitam prever o potencial genético de animais jovens antes mesmo da expressão completa do fenótipo (OGUNBAWO et al., 2024). Em sistemas tropicais, nos quais fatores ambientais podem mascarar o desempenho real, essa ferramenta se torna ainda mais relevante, reduzindo o intervalo entre gerações e acelerando o ganho genético (EMBRAPA, 2021).

Além disso, os cruzamentos planejados entre zebuínos e taurinos, com destaque para o Girolando (Gir × Holandês), demonstram como a exploração da heterose e da complementaridade genética pode elevar a produção média do rebanho sem perdas de adaptabilidade (DALTRO et al., 2019; VIEIRA; DALTRO; COBUCCI, 2022). A literatura revisada mostra que essa estratégia é especialmente eficiente em sistemas tropicais, nos quais a combinação entre rusticidade e alta produção é determinante para a sustentabilidade da atividade.

Assim, os resultados analisados indicam que o sucesso dos programas de melhoramento em bovinos zebuínos leiteiros depende de uma abordagem integrada, envolvendo seleção fenotípica e genômica, análise da curva de lactação, avaliação de características funcionais, herdabilidade, correlações genéticas e cruzamentos estratégicos. Essa integração favorece ganhos consistentes em produtividade, fertilidade, saúde, longevidade e adaptação, tornando a pecuária leiteira tropical mais competitiva e sustentável no longo prazo.

## **5- CONCLUSÃO**

Conclui-se que o melhoramento genético em bovinos zebuínos leiteiros é uma ferramenta indispensável para o avanço da pecuária leiteira em sistemas tropicais, por possibilitar a formação de rebanhos mais produtivos, férteis, longevos e adaptados às condições ambientais. A revisão

bibliográfica demonstrou que a integração entre seleção fenotípica e genômica, avaliação de características funcionais, análise da curva de lactação, herdabilidade e cruzamentos planejados favorece ganhos consistentes em produção, eficiência reprodutiva, saúde e rusticidade.

Entre as estratégias analisadas, destaca-se a importância da utilização conjunta de informações produtivas, morfológicas e genéticas, permitindo maior precisão na identificação de animais superiores e melhor direcionamento das decisões dentro dos programas de melhoramento. Além disso, os cruzamentos entre zebuínos e taurinos, especialmente em sistemas tropicais, mostraram-se altamente eficientes para explorar heterose, complementaridade genética e adaptação ao ambiente.

Dessa forma, o uso integrado dessas ferramentas contribui para o desenvolvimento de sistemas leiteiros mais sustentáveis, economicamente viáveis e alinhados às demandas da produção moderna, fortalecendo a competitividade da pecuária leiteira baseada em bovinos zebuínos.

## **6- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

ASMAR JUNIOR, João; DUTRA E SILVA, Sandro. O Gado Zebu e a Agricultura Familiar no Brasil: o Programa de Melhoria da Qualidade Genética do Rebanho Bovino (Pró-Genética) e os Desafios para o Desenvolvimento Sustentável. **Fronteira: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 166–179, 2024.

CARRARA, Eula Regina et al. Genetic study of quantitative traits supports the use of Guzerá as dual-purpose cattle. **Animal bioscience**, v. 35, n. 7, p. 955, 2022.

CHAFAI, Narjice; BADAoui, Bouabid; REKAYA, Romdhane. Genetic parameters of milk yield and fertility traits in Moroccan Holsteins. **Frontiers in Animal Science**, v. 5, p. 1446989, 2024.

DALTRO, Darlene dos Santos et al. Breed, heterosis, and recombination effects for lactation curves in Brazilian cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 50, p. e20200085, 2021.

DOS SANTOS DALTRO, Darlene et al. Heterosis in the lactation curves of Girolando cows with emphasis on variations of the individual curves. **Journal of Applied Animal Research**, 2019.

EMBRAPA. **Ferramenta Genômica Clarifide Girolando**. 2021. disponível em: <https://www.embrapa.br/en/gado-de-leite/busca-de-noticias/-/noticia/66165007/ferramenta->

genomica-seleciona-bovinos-leiteiros-adaptaveis-as-diferencas-climaticas-do-brasil. Acesso em: 15 de Outubro de 2025.

GUTIÉRREZ-REINOSO, Miguel A.; APONTE, Pedro M.; GARCÍA-HERREROS, Manuel. Genomic and phenotypic udder evaluation for dairy cattle selection: a review. **Animals**, v. 13, n. 10, p. 1588, 2023.

GUTIERREZ-REINOSO, Miguel A.; APONTE, Pedro M.; GARCIA-HERREROS, Manuel. Genomic analysis, progress and future perspectives in dairy cattle selection: A review. **Animals**, v. 11, n. 3, p. 599, 2021.

HAZEL, A. R.; HEINS, B. J.; HANSEN, L. B. Fertility and 305-day production of Viking Red-, Montbéliarde-, and Holstein-sired crossbred cows compared with Holstein cows during their first 3 lactations in Minnesota dairy herds. **Journal of dairy science**, v. 103, n. 9, p. 8683-8697, 2020.

IZIDIO, Daniela Ajonas Alcalde; BERNARDES, Maria Luísa Netto. Melhoramento genético zebuino e taurino e a qualidade da carne. Orientador: Leandro Repetti. 2023. 18 f. Trabalho de conclusão de curso (Curso superior de Tecnologia em Alimentos) – **Fatec Estudante Rafael Almeida Camarinha, Marília, SP, 2023.**

MARCHIORETTO, Paula V. et al. Development of genetically improved tropical-adapted dairy cattle. **Animal Frontiers**, v. 13, n. 5, p. 7-15, 2023.

MARTINS, E. C. Desempenho e qualidade da carne de bovinos zebuínos e cruzados. **UFMG**, 2023.

MCCLEARN, B. et al. An assessment of the production, reproduction, and functional traits of Holstein-Friesian, Jersey× Holstein-Friesian, and Norwegian Red×(Jersey× Holstein-Friesian) cows in pasture-based systems. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 6, p. 5200-5214, 2020.

MOUSQUER, C. J. et al. Metabolismo visceral e eficiência do uso da energia por animais taurinos e zebuínos. **Pubvet**. 2015

MRODE, Raphael et al. Genomic selection and use of molecular tools in breeding programs for indigenous and crossbred cattle in developing countries: current status and future prospects. **Frontiers in genetics**, v. 9, p. 694, 2019.

OGUNBAWO, Adebisi R. et al. Tailoring Genomic Selection for *Bos taurus indicus*: A Comprehensive Review of SNP Arrays and Reference Genomes. **Genes**, v. 15, n. 12, p. 1495, 2024.

SILVA, M. V. R.; RIBEIRO, J. C. Efeito dos graus de sangue na produção de leite bovinos, à pasto irrigado. Trabalho de Conclusão de Curso- **Instituto Federal Goiano**, 2016.

TADE, Birara; MELESSE, Aberra. A review on the application of genomic selection in the improvement of dairy cattle productivity. **Ecological Genetics and Genomics**, v. 31, p. 100257, 2024.

TEODORO ET AL. Formação de nova raça sintética, AGEITEC- **Agronegócio do Leite**, 2021.

VANVANHOSSOU, Sèyi Fridaïus Ulrich et al. Evaluation of crossbreeding strategies for improved adaptation and productivity in African smallholder cattle farms. **Genetics Selection Evolution**, v. 57, n. 1, p. 6, 2025.

VIEIRA, Maiara Taiane; DALTRO, Darlene dos Santos; COBUCCI, Jaime Araujo. Breed and heterosis effects on reproduction and production traits of Girolando cows. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 51, p. e20200266, 2022.

ZHANG, Hailiang et al. Estimation of Genetic Parameters for Milk Production Rate and Its Stability in Holstein Population. **Animals**, v. 14, n. 19, p. 2761, 2024.

WIGGANS, George R.; CARRILLO, José A. Genomic selection in United States dairy cattle. **Frontiers in Genetics**, v. 13, p. 994466, 2022.