



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CÂMPUS CAMPOS BELOS
BACHARELADO EM ZOOTECNIA

LARISSA DE SOUZA REIS

**MELHORAMENTO GENÉTICO: ESTRATÉGIA PARA BOVINOS LEITEIROS
MAIS RESISTENTES AO CARRAPATO-DO-BOI (*RHIPICEPHALUS BOOPHILUS*
MICROPLUS)**

CAMPOS BELOS / GO

2025

LARISSA DE SOUZA REIS

**MELHORAMENTO GENÉTICO: ESTRATÉGIA PARA BOVINOS LEITEIROS
MAIS RESISTENTES AO CARRAPATO-DO-BOI (*RHIPICEPHALUS BOOPHILUS
MICROPLUS*)**

Trabalho de conclusão do curso Bacharelado em Zootecnia do Instituto Federal Goiano - Campus Campos Belos como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Orientador: Prof. Me. Thiago Dias Silva

CAMPOS BELOS / GO

2025

FICHA CATALOGRÁFICA

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

R3751 de Souza Reis, Larissa
MELHORAMENTO GENÉTICO: ESTRATÉGIA PARA
BOVINOS LEITEIROS MAIS RESISTENTES AO
CARRAPATO-DO-BOI (RHIPICEPHALUS BOOPHILUS
MICROPLUS) / Larissa de Souza Reis. Campos Belos 2025.

43f. il.

Orientador: Prof. Me. Thiago Dias Silva.
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0620184 -
Bacharelado em Zootecnia - Campos Belos (Campus Campos
Belos).

I. Título.

ATA DE DEFESA



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

Ata nº 24/2025 - UE-CB/GE-CB/CMPCBE/IFGOIANO

ANEXO V

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO BACHARELADO EM ZOOTECNIA

Em Vinte e Oito de maio de 2025, às 14h05min, reuniu-se os componentes da Banca Examinadora, Me. Thiago Dias Silva, Dra. Ariane Ferreira Lacerda e Me. Francianne Costa Silva, sob presidência do primeiro, nas dependências do Instituto Federal Goiano - Campus Campos Belos, em sessão pública, para defesa do trabalho de conclusão de curso (TCC) intitulado: **MELHORAMENTO GENÉTICO: ESTRATÉGIA PARA BOVINOS LEITEIROS MAIS RESISTENTES AO CARRAPATO-DO-BOI** (*RHIPICEPHALUS BOOPHILUS MICROPLUS*), da discente Larissa de Souza Reis, matrícula 2022106201840023, sob a orientação do professor Me. Thiago Dias Silva do Curso Bacharelado em Zootecnia. Tendo em vista as normas que regulamentam o Trabalho de Curso e procedidas as recomendações, a estudante foi considerada aprovada, considerando-se integralmente cumprido este requisito quando a discente entregar a versão final, para fins de obtenção do título de Bacharela em Zootecnia. Nada mais havendo a tratar, eu, Thiago Dias Silva, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada, segue assinada por seus integrantes.

Campos Belos, 28 de maio de 2025.

Assinado eletronicamente via SUAP

Me. Thiago Dias Silva

Orientador | Presidente da Banca Examinadora

Assinado eletronicamente via SUAP

Dr. Dra. Ariane Ferreira Lacerda

Examinadora 01

Assinado eletronicamente via SUAP

Me. Francianne Costa Silva

Examinadora 02

Documento assinado eletronicamente por:

- **Thiago Dias Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO** , em 28/05/2025 15:50:29.
- **Francianne Costa Silva, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO** , em 28/05/2025 15:52:21.
- **Arlane Ferreira Lacerda, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO** , em 28/05/2025 16:25:13.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 28/05/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.fgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 711489
Código de Autenticação: 0e5104b013



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Campos Belos

Rodovia GO-118 Qd. 1-A Lt. 1 Caixa Postal, 1, Setor Novo Horizonte, CAMPOS BELOS / GO, CEP 73.840-000
(62) 3451-3386

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO



Repositório Institucional do IF Goiano - RIIIF Goiano
Sistema Integrado de Bibliotecas

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:
Larissa de Souza Reis

Matrícula:
2022106201840023

Título do trabalho:
Memorandum científico: Estratégias para a prevenção e controle das lesões por arrastamento em bovinos e caprinos (*boophilus microplus*)

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: 09/06/2025

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

documento assinado digitalmente
gov.br
LARISSA DE SOUZA REIS
Data: 02/06/2025 12:20:43 -0300
Verifique em <https://validar.ifgo.edu.br>

Campos Belos - GO
Local

02/06/2025
Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Cliente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

documento assinado digitalmente
gov.br
THIAGO DIAS SILVA
Data: 02/06/2025 12:20:55 -0300
Verifique em <https://validar.ifgo.edu.br>

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe, que sempre acreditou que eu seria capaz de chegar até aqui. Ela, que sempre me disse palavras bonitas quando eu mais precisei. Mesmo em sua simplicidade, foi a mais sábia em me orientar e apoiar. Te amo, minha mãe!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por estar sempre ao meu lado, me impulsionando a me dedicar em cada disciplina e projeto ao longo da minha jornada acadêmica. A nossa Senhora, minha mãe do céu, aquela que sempre me protege com seu manto sagrado.

A minha família, especialmente à minha mãe, Marlene Ferreira de Souza Reis, e à minha irmã, Fernanda de Souza Reis, por suas orações, por acreditarem em mim e serem meu alicerce em todos os momentos. Meu agradecimento também ao meu pai, Jurivê Sena Reis, por todo o apoio.

Ao meu orientador, Me. Thiago Dias Silva, expressei minha profunda gratidão por acreditar no meu potencial, pela oportunidade de aprendizado e pela sabedoria com que compartilhou seu conhecimento.

Ao professor Victor Pacheco Antero, pela orientação em projetos e conhecimento transmitido.

Aos meus colegas da faculdade, especialmente aqueles que estiveram ao meu lado nos projetos de Iniciação Científica, agradeço a parceria e colaboração.

Agradeço também ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Campos Belos, pela oportunidade de realizar esta graduação.

Por fim, agradeço a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para que essa jornada fosse possível, me apoiando e incentivando em cada etapa.

RESUMO

A pecuária leiteira é uma atividade de grande importância econômica, gerando renda para produtores de diferentes portes. Apesar de sua alta produtividade, enfrenta desafios significativos, como a presença de ectoparasitas, especialmente o carrapato *Rhipicephalus microplus*, que causa grandes prejuízos ao setor, contribuindo para o desenvolvimento de doenças e a redução da produção. Nesse contexto, o melhoramento genético tem se mostrado uma alternativa eficaz para a seleção de animais mais resistentes ao carrapato. O presente trabalho teve como objetivo analisar dados científicos que associam o melhoramento genético à resistência ao *Rhipicephalus microplus*. As pesquisas indicam que bovinos com maior grau de sangue europeu (como 3/4, 7/8 e 15/16 europeu x zebu) tendem a ser mais suscetíveis ao parasita, enquanto aqueles com maior influência zebuína (como 5/8, 1/2 e 1/4 europeu x zebu) demonstram maior resistência. Dessa forma, o melhoramento genético se apresenta como uma estratégia viável para aumentar a resistência de bovinos leiteiros ao *Rhipicephalus microplus*, um dos principais desafios sanitários da pecuária leiteira. O cruzamento entre raças européias e zebuínas permite combinar a rusticidade e a resistência ao carrapato das raças zebuínas com a alta produtividade leiteira das raças europeias, além de possibilitar melhorias na qualidade do leite, como a produção de leite A2 e a longevidade do rebanho.

Palavras-chave: Ectoparasitas, Bovinos leiteiros, Genética, Cruzamentos.

ABSTRACT

Dairy farming is an economically significant activity, generating income for producers of various scales. Despite its high productivity, it faces major challenges, such as the presence of ectoparasites, particularly the tick *Rhipicephalus microplus*, which causes substantial losses to the sector by contributing to disease development and reduced milk production. In this context, genetic improvement has proven to be an effective alternative for selecting animals with greater resistance to ticks. This study aimed to analyze scientific data associating genetic improvement with resistance to *Rhipicephalus microplus*. Research indicates that cattle with a higher proportion of European genetics (such as 3/4, 7/8, and 15/16 European × Zebu) tend to be more susceptible to the parasite, whereas those with greater Zebu influence (such as 5/8, 1/2, and 1/4 European × Zebu) exhibit higher resistance. Therefore, genetic improvement presents itself as a viable strategy to enhance dairy cattle resistance to *Rhipicephalus microplus*, one of the main health challenges in dairy farming. Crossbreeding between European and Zebu breeds allows for the combination of Zebu breeds' resilience and tick resistance with the high milk productivity of European breeds, in addition to enabling improvements in milk quality, such as A2 milk production and herd longevity.

Keywords: Ectoparasites, Dairy cattle, Genetics, Crossbreeding.

LISTA DE FIGURAS

Páginas

Figura 1. Quantidade de artigos publicados nos últimos dez anos nas plataformas ScienceDirect, SciELO e PubMed com os descritores do estudo.....	14
Figura 2. Fase de vida livre do carrapato <i>Rhipicephalus microplus</i>	16
Figura 3. Relação entre o grau de sangue europeu e a resistência dos bovinos.....	23
Figura 4. Seleção genética para resistência ao carrapato, aliada à produção de leite A2.....	25

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Grau de Herdabilidade para resistência ao carrapato.....	29
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. ABORDAGEM METODOLÓGICA	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
3.1 Carrapato-do-Boi: características, ciclo de vida e resistência	14
3.2. Ectoparasitas e a Pecuária de Leite no Brasil	17
3.3. Melhoramento genético como estratégia para resistência a ectoparasitas.....	18
3.4. Cruzamentos estratégicos para aumentar a resistência a ectoparasitas em bovinos.	20
3.5. Seleção Genética de Bovinos Resistentes	22
3.6. Marcadores Moleculares e Ferramentas de Genômica.....	26
3.7. Produção de Leite A2 e Resistência ao Carrapato.....	28
3.8. Relação entre a resistência de carrapatos com os índices de produtividade e Stayability.....	30
4. PERSPECTIVAS FUTURAS	32
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1.INTRODUÇÃO

A pecuária leiteira desempenha um papel fundamental na geração de renda para produtores, sejam eles de pequeno, médio ou grande porte, contribuindo significativamente para o desenvolvimento socioeconômico. Contudo, o setor tem enfrentado transformações dinâmicas para atender às crescentes exigências dos consumidores modernos (Santos *et al.*, 2020). O leite é amplamente reconhecido como um alimento completo devido à sua riqueza em nutrientes essenciais, sendo consumido regularmente por milhões de pessoas ao redor do mundo (Yenew *et al.*, 2022).

Apesar disso, aumentar a produtividade e melhorar a qualidade do leite continuam sendo desafios recorrentes, pois fatores como manejo inadequado e a saúde do rebanho impactam diretamente a eficiência produtiva e a qualidade do produto, sendo essenciais para garantir alimentos de alto padrão e livres de resíduos químicos prejudiciais (Signoretti *et al.*, 2010).

Diante disso, a seleção genética em programas de melhoramento destaca-se como uma estratégia fundamental para o desenvolvimento de animais mais resistentes e produtivos, visto que a infestação de carrapatos em bovinos sofre influência de diversos traços morfológicos, muitos dos quais possuem alta herdabilidade (Mapholi *et al.*, 2014).

Os programas de melhoramento genético utilizam recursos de alto valor, como raças européias (*Bos taurus*) e indianas (*Bos indicus*), visando selecionar animais mais resistentes a doenças, eficientes na produção e capazes de produzir leite A2A2, atendendo à demanda por produtos diferenciados. Esse processo promove sistemas produtivos mais eficientes, com animais adaptados ao clima tropical, fundamentais para reduzir custos e aumentar a rentabilidade na produção leiteira no Brasil, que dispõe de ampla diversidade genética para esse fim (Ximenes & Martins, 2018).

Para alcançar uma pecuária leiteira sustentável e rentável, é fundamental adotar estratégias de melhoramento genético que favoreçam o desenvolvimento de rebanhos mais produtivos, saudáveis e adaptados às condições tropicais. Essa abordagem não apenas melhora a eficiência produtiva, mas também atende às exigências dos consumidores modernos por produtos de alta qualidade e menor impacto ambiental. A partir destes pressupostos, objetivou-se com este trabalho analisar os dados científicos disponíveis que associam o melhoramento genético como uma estratégia para a seleção de animais mais resistentes ao carrapato *Rhipicephalus microplus*.

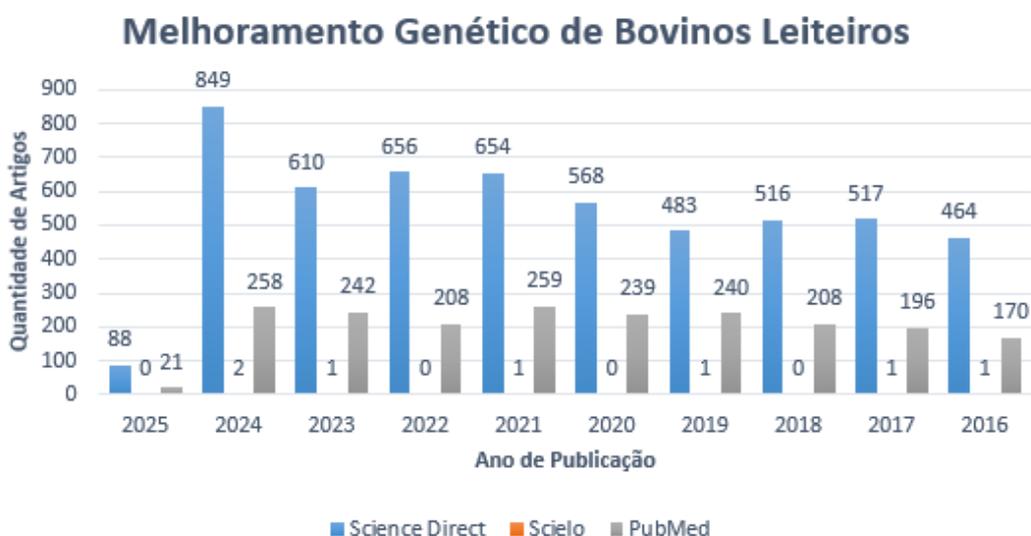
2. ABORDAGEM METODOLÓGICA

Para elaboração do artigo de revisão foram selecionados artigos que relatam a importância do melhoramento genético na seleção de animais resistentes aos ectoparasitas, alternativas de cruzamentos e herdabilidade. As pesquisas foram realizadas nas bases de dados científicas PubMed, Science Direct e Scielo. A estratégia adotada envolveu a combinação de descritores indexados nas bases de dados consultadas da seguinte forma: Ectoparasites, Dairy Cattle Farming, Genetic Improvement, Selection, Molecular Markers.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

A relevância das estratégias alternativas baseadas em programas de melhoramento genético para o controle do carrapato *R. microplus* em bovinos leiteiros é evidenciada pelo número de pesquisas e estudos realizados nos últimos 10 anos sobre o tema, conforme apresentado na Figura 1. Para o ano de 2025, foram considerados os estudos publicados até março de 2025.

Figura 1. Quantidade de artigos publicados nos últimos dez anos nas plataformas ScienceDirect, SciELO e PubMed com os descritores do estudo.



Fonte: Reis, (2025)

3.1 Carrapato-do-Boi: características, ciclo de vida e resistência

Os carrapatos têm origem na Ásia, especialmente na Índia e na Ilha de Java, e afetam mais de 75% da população bovina mundial. No Brasil, a espécie mais comum em bovinos é o *Rhipicephalus microplus*, popularmente conhecido como "carrapato-do-boi". Este ectoparasita é considerado o mais relevante para a pecuária leiteira, devido aos

prejuízos que causa à saúde e à produtividade dos animais (Godoi *et al.*, 2009).

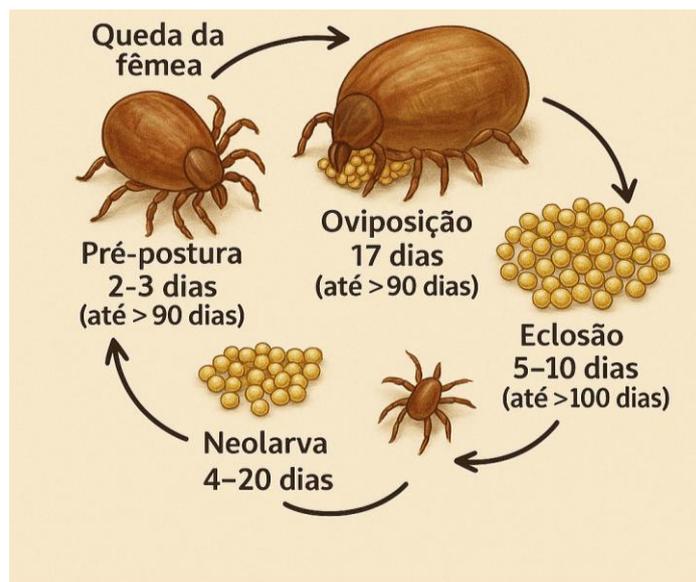
O carrapato-do-boi é um ácaro hematófago, ou seja, alimenta-se de sangue, e pertence ao grupo dos carrapatos duros. Os machos possuem escudo sem ornamentações, olhos desenvolvidos, base do capítulo com formato hexagonal. A coloração varia do castanho avermelhado ao castanho. As fêmeas, compartilham as demais características morfológicas dos machos, como o formato do capítulo, a presença de olhos e a coloração corporal. Destacam-se, porém, pelo maior volume do corpo, especialmente após a alimentação sanguínea, o que facilita sua identificação no campo (Sacco *et al.*, 2016).

Compreender o ciclo de vida do carrapato *Rhipicephalus microplus* nos bovinos é essencial para realizar um controle mais eficiente desse parasita. Esse ciclo é composto por duas fases bem definidas: uma fase parasitária, que ocorre no hospedeiro, e outra fase de vida livre, que se desenvolve no ambiente (EMBRAPA, 2005).

A fase de vida livre tem início quando as fêmeas adultas (teleógenas), já alimentadas, se desprendem do animal. Após essa queda, elas entram no período de pré-postura, que geralmente dura de dois a três dias, mas pode se estender por mais de 90 dias, dependendo das condições ambientais. Em seguida, inicia-se a oviposição (postura dos ovos), com duração média de 17 dias, podendo chegar a mais de 90 dias em algumas situações. Após a postura, ocorre a eclosão dos ovos, que leva de cinco a dez dias, embora esse tempo possa ultrapassar 100 dias quando as condições não são favoráveis (Godoi *et al.*, 2009).

Após a eclosão, as neolarvas (larvas que saíram recentemente do ovo e ainda não se alimentaram) levam de quatro a 20 dias para se tornarem larvas infestantes, prontas para buscar um novo hospedeiro (Figura 2). Dessa forma, o tempo total da fase de vida livre do carrapato pode variar entre 28 e 51 dias, podendo, em ambientes menos propícios, ultrapassar os 300 dias. Vale destacar que as larvas são bastante resistentes e podem sobreviver por mais de seis meses sem se alimentar. Em condições ideais de temperatura e umidade, todo o processo desde a queda da fêmea até a eclosão dos ovos pode ocorrer em aproximadamente um mês (Godoi *et al.*, 2009).

Figura 2. Fase de vida livre do carrapato *Rhipicephalus microplus*.



Fonte: Reis, (2025).

A fase parasitária tem início quando a larva infestante se instala no hospedeiro, tornando-se uma larva parasitária e evoluindo para metalarva. A partir daí, o parasita passa por diversas transformações até atingir a fase adulta. A transição de metalarva para ninfa ocorre em cerca de 5 a 10 dias, com média de 8 dias. De ninfa para metaninfa, o processo leva de 9 a 23 dias, com média de 13 dias, sendo que nesta etapa já é possível distinguir os sexos. A transformação de metaninfa para macho (neandro) leva de 18 a 28 dias (média de 14), passando para macho adulto (gonandro) em aproximadamente 2 dias, fase em que o parasita pode permanecer no hospedeiro por mais de 38 dias. Já a metaninfa pode evoluir para fêmeas (neógina) em 14 a 23 dias (média de 17), transformando-se em partenógena após 3 dias e, em seguida, em teleógenas em mais 2 dias. A queda das teleógenas começa por volta do 19º dia da infestação, sendo mais comum entre o 22º e o 23º dia (Gonzales, 1974).

Atualmente, existem diversos produtos no mercado voltados ao controle desses aracnídeos. No entanto, o uso inadequado e excessivo desses produtos tem provocado problemas significativos, como o desenvolvimento de resistência dos carrapatos aos princípios ativos disponíveis, a contaminação ambiental e a crescente demanda por alternativas orgânicas, impulsionada por consumidores que priorizam produtos naturais.

Buscando alternativas de controle menos agressivas, o uso de extratos de plantas tem se mostrado eficaz e promissor. Esses extratos, quando comparados aos produtos sintéticos, apresentam diversas vantagens: são menos tóxicos, degradam-se rapidamente no ambiente, têm um amplo espectro de ação, são derivados de fontes renováveis e podem originar compostos inovadores aos quais os patógenos não desenvolvem resistência. Com

potencial inseticida, fungicida, herbicida e nematocida, os extratos de plantas podem ser considerados altamente eficientes (Santos *et al.*, 2013).

Diante desse cenário, torna-se essencial buscar métodos alternativos aos tratamentos convencionais para o combate aos carrapatos. O desenvolvimento de novas moléculas eficazes não tem acompanhado o avanço da resistência dos parasitas nem as exigências do mercado consumidor. Um exemplo de tratamento convencional é o uso de cipermetrina, um inseticida amplamente utilizado, mas cuja eficácia vem sendo comprometida pela resistência adquirida por populações de carrapatos ao longo do tempo (Abreu *et al.*, 2023).

3.2. Ectoparasitas e a Pecuária de Leite no Brasil

A produção de leite no Brasil envolve mais de um milhão de produtores rurais e gera milhões de empregos ao longo de toda a cadeia produtiva. A produção de leite no Brasil, em 2022, foi de 34,6 bilhões de litros de leite, com redução de 1,6% frente aos 35,18 bilhões de litros do ano anterior (Hott *et al.*, 2024). Nesse mesmo período, segundo o Censo Agropecuário de 2020 do IBGE, o Brasil possui 5,2 milhões de estabelecimentos rurais, dos quais 25% se dedicam à produção de leite. Na região Sudeste, 33% do total de estabelecimentos produziram leite em 2020. Minas Gerais se destaca como um dos maiores produtores de leite do Brasil, com o valor da produção alcançando aproximadamente R\$40 bilhões no mesmo ano.

Os dados censitários divulgados demonstram que a pecuária de leite no Brasil desempenha um papel fundamental na economia agrícola do país. Ela contribui significativamente para o abastecimento alimentar e para a geração de empregos. Contudo, a produtividade e a saúde do rebanho leiteiro são constantemente ameaçadas por ectoparasitas, como carrapatos, moscas e piolhos, que geram grandes prejuízos econômicos e sanitários. A presença desses parasitas reduz o desempenho produtivo dos animais, resultando em perdas econômicas consideráveis para os produtores. Os prejuízos causados por esses parasitas manifestam-se de diversas formas, como o mal-estar geral dos animais, a redução na produção de leite e carne, a transmissão de doenças e a diminuição na quantidade e qualidade dos produtos animais. Além disso, há custos elevados com antiparasitários e com a mão de obra necessária para o controle desses problemas (Ceva, 2021).

A ação direta dos carrapatos pode ser exemplificada pelo fato de que cada fêmea ingurgitada é responsável pela perda de aproximadamente 2 a 3 mL de sangue. Esse dado

se torna ainda mais preocupante ao considerarmos que o parasitismo geralmente ocorre em grandes infestações. Como consequência, os animais sofrem estresse, o que pode resultar na redução do consumo de alimentos, perda de peso corporal e queda na produção de leite. O impacto, pela infestação por carrapatos bovinos pode acarretar perdas superiores a 90 litros de leite por lactação, sendo que apenas uma fêmea ingurgitada pode provocar a redução de até 8,9 mL de leite (Kanadani, 2022).

Ao se alimentar do sangue do animal, o carrapato retém principalmente os componentes sólidos, como as células vermelhas, e devolve o plasma ao organismo do hospedeiro por meio da regurgitação. Esse mecanismo facilita a transmissão de diversas doenças aos bovinos. Além disso, o risco de disseminação de agentes patogênicos, a picada do carrapato causa irritações na pele, que podem evoluir para processos inflamatórios, criando uma porta de entrada para infecções secundárias. Em casos de infestações severas, o volume de sangue retirado é ainda maior, e as lesões cutâneas provocadas pelo parasita podem atrair moscas, resultando em bicheiras infestação por larvas que se alimentam de tecido vivo, agravando ainda mais o quadro clínico do animal (Gonsales, 2023).

3.3. Melhoramento genético como estratégia para resistência a ectoparasitas

Embora a pecuária nacional tenha alcançado avanços desde 2020, ainda é crucial promover melhorias, especialmente nos aspectos gerenciais, zootécnicos e econômicos, para que o Brasil conquiste uma posição mais expressiva no mercado mundial. Nesse contexto, o melhoramento genético desempenha um papel essencial ao garantir um retorno econômico satisfatório dos rebanhos. Assim, os programas de melhoria genética tornam-se ferramentas indispensáveis para elevar os níveis de produção, produtividade e qualidade dos produtos, sempre alinhados às demandas do mercado e às características do sistema de produção (Carvalho e Vieira, 2023).

O conhecimento sobre o genótipo dos animais é uma ferramenta estratégica de grande valor econômico, pois possibilita a identificação daqueles com maior potencial para produção de leite, gordura e proteína, além de permitir a detecção de portadores de alelos associados a doenças hereditárias. Com essas informações em mãos, o produtor pode direcionar os acasalamentos, selecionar sêmen de forma mais assertiva e implementar a seleção assistida por marcadores moleculares para aprimorar geneticamente a raça (Silva *et al.*, 2014).

A infestação de carrapatos em bovinos é influenciada por diversos traços

morfológicos inatos da pelagem, muitos dos quais apresentam alta herdabilidade, ou seja, são fortemente determinados pela genética e passados de pais para filhos, e podendo se manifestar visivelmente no animal. A presença de características da pelagem que dificultam a fixação dos carrapatos constitui um mecanismo essencial de resistência a essas infestações. Aspectos fenotípicos, como o comprimento e a maciez dos pelos, a espessura da pelagem e a cor dos pelos, têm impacto direto nas contagens de carrapatos e estão associados à resistência genética dos animais mantidos a pasto. Bovinos com pelagem curta, lisa e de cor clara apresentam, geralmente, menor infestação por carrapatos quando comparados aos que possuem pelagem longa, áspera e de tonalidade escura (Mapholi *et al.*, 2014).

Neste sentido, a herdabilidade está relacionada à porcentagem da variação genética aditiva em relação à variação total da característica dentro de uma população, sendo, portanto, um parâmetro populacional de grande relevância para o desenvolvimento de programas de melhoramento animal (Brcko, 2008). Esses parâmetros são essenciais para o progresso genético, uma vez que as correlações genéticas entre características produtivas indicam se existe antagonismo ou sinergia entre os genes responsáveis por elas. Assim, essas informações auxiliam na escolha de reprodutores, alinhando-se aos objetivos de seleção estabelecidos para o rebanho (Boligon *et al.*, 2005).

Uma característica é classificada como de baixa herdabilidade quando apresenta magnitude inferior a 20% (ou $<0,20$); é considerada moderada quando essa magnitude se encontra entre 20% e 40% (ou $>0,20$ e $<0,40$); e de alta herdabilidade indicando elevado potencial de transmissão quando a magnitude ultrapassa 40% (ou $>0,40$), conforme descrito por BOURDON (2000).

Ainda de acordo com Mapholi *et al.*, (2014), compreender os mecanismos que sustentam a resistência genética a carrapatos e às doenças transmitidas por eles em bovinos é fundamental para aprimorar os programas de melhoramento, visando desenvolver animais mais resistentes e produtivos. A quantificação da variação genética na resistência dos bovinos, tanto dentro quanto entre as raças, é essencial para a definição de estratégias adequadas nesses programas. Para raças com resistência moderada a alta, a seleção baseada em um índice que combine valores de melhoramento genético para características de resistência e produção pode alcançar resultados eficazes. Para raças com baixa resistência, a introgressão, ou seja, a transferência estável de genes-chave entre diferentes espécies ou populações surge como uma das estratégias mais eficazes para promover melhorias significativas em um intervalo de tempo viável.

3.4. Cruzamentos estratégicos para aumentar a resistência a ectoparasitas em bovinos

A seleção de raças mais adaptadas às condições ambientais e sanitárias é uma estratégia fundamental na pecuária leiteira. Nesse contexto, o cruzamento entre raças distintas surge como uma alternativa eficiente para potencializar a resistência natural a ectoparasitas. Esse processo permite a combinação de atributos desejáveis de diferentes raças, promovendo a expressão de genes que poderiam permanecer inativos em raças puras. Quanto maior a diferença genética entre as raças envolvidas, maior a complementariedade e a heterose resultante (Valotto e Pedrosa, 2018).

O desempenho dos bovinos está diretamente ligado a fatores genéticos e ambientais, que influenciam tanto aspectos produtivos, como a quantidade de leite produzido, quanto atributos relacionados à saúde e à reprodução. A seleção genética tem priorizado, historicamente, a alta produção leiteira, muitas vezes em detrimento de características como longevidade e resistência a doenças, que possuem baixa herdabilidade (Lewontin, 2008). No entanto, estratégias de criação mais sustentáveis estão sendo adotadas para minimizar esses impactos e aumentar a resiliência dos animais.

A introdução de genes de raças naturalmente adaptadas ao clima tropical tem sido apontada como uma solução viável para enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas e pela incidência de ectoparasitas. Essas raças apresentam maior resistência a fatores ambientais adversos, reduzindo a necessidade de intervenções sanitárias e garantindo maior eficiência produtiva (McManus *et al.*, 2022). Dessa forma, a incorporação de raças adaptadas nos programas de melhoramento genético se mostra essencial para o desenvolvimento de uma pecuária mais eficiente e sustentável.

Existem diferentes tipos de cruzamentos utilizados na produção de leite. Os principais são:

- Cruzamento alternado simples: envolve o cruzamento entre raças europeias (E) e zebuínas (Z) (E x Z).
- Cruzamento alternado com repetição do europeu: segue um padrão como (E-E-Z) ou (E-E-E-Z), onde há maior predominância de genes europeus.
- Formação de uma nova raça sintética: um exemplo é a raça Girolando, obtida a partir do cruzamento de 5/8 Holandês com 3/8 Gir, resultando em animais com características de resistência.

- Uso contínuo de vacas meio-sangue Holandês Zebu (HZ ou F1 HZ): esse método mantém a genética equilibrada para otimizar a produção leiteira (Miranda, 2009).

Neste contexto, Miranda (2009) destaca que, na produção de leite no Brasil, predominam vacas mestiças oriundas do cruzamento entre as raças Holandesa e Zebuína, apresentando diferentes graus de sangue. Essa combinação visa unir as qualidades produtivas, a precocidade e a docilidade da raça Holandesa com a rusticidade e a resistência a ectoparasitas típicas das raças zebuínas. No cruzamento F1 (Holandês x Zebu), ocorre o aproveitamento máximo da heterose, também conhecida como vigor híbrido resultando em animais mais eficientes sob diversos aspectos produtivos e adaptativos.

A heterose, também conhecida como vigor híbrido, é o fenômeno genético que ocorre quando o cruzamento entre raças diferentes resulta em descendentes com desempenho superior ao dos pais em determinadas características. Esse efeito é especialmente evidente quando se cruzam raças de origens distintas, como a Holandesa, de origem europeia, com a Gir Leiteiro, de origem zebuína. Raças europeias, como a Holandesa, são altamente produtivas, mas pouco resistentes a condições adversas, enquanto raças zebuínas, como a Gir Leiteiro, são rústicas e bem adaptadas ao clima tropical. O cruzamento entre elas potencializa a heterose, gerando animais mais produtivos, resistentes e adaptáveis, reunindo as qualidades de ambos os genótipos (Silva, 2024).

Complementando essa abordagem, Lemos *et al.*, (1985) ressaltam que a resistência ou suscetibilidade dos animais mestiços oriundos do cruzamento entre raças europeias e zebuínas está diretamente relacionada à proporção de sangue europeu presente no genótipo. Indivíduos com maior contribuição genética europeia (como os com proporções de 3/4, 7/8 e 15/16 europeu x zebu) tendem a apresentar maior suscetibilidade a parasitas, enquanto aqueles com maior influência zebuína (como 5/8, 1/2 e 1/4 europeu x zebu) demonstram maior resistência como ilustrado na Figura 3.

Nesse mesmo sentido, estudos com a raça Braford, realizados por Ayres *et al.*, (2009), evidenciam que o número de carrapatos nos animais diminui à medida que aumenta a proporção de genes *Bos indicus*, reforçando a relação entre rusticidade zebuína e resistência a ectoparasitas.

Figura 3. Relação entre o grau de sangue europeu e a resistência dos bovinos.



Fonte: Reis, (2025)

3.5. Seleção Genética de Bovinos Resistentes

A seleção genética é o principal alicerce para melhorias contínuas e progressivas na produção de leite em rebanhos leiteiros, desempenhando um papel crucial no fornecimento de produtos lácteos nutritivos para atender à crescente demanda do mercado. Contudo, o aumento da produtividade veio acompanhado de desafios significativos, como a redução preocupante da diversidade genética, respostas genéticas desfavoráveis em diversas características correlacionadas e menor ênfase em atributos relacionados à eficiência ambiental, saúde e bem-estar animal (Brito *et al.*, 2021).

Diversas técnicas são empregadas no melhoramento genético com o objetivo de aprimorar os rebanhos. A produção animal pode ser incrementada tanto por melhorias no ambiente, envolvendo ajustes nos manejos nutricionais, sanitários e reprodutivos, quanto por intervenções no âmbito do melhoramento genético. Este, por sua vez, é realizado por meio de seleção, sistemas de acasalamento e cruzamentos. O melhoramento genético consiste na classificação e seleção de bovinos, buscando maximizar o valor econômico da atividade. Dessa forma, quando o produtor almeja maior rusticidade, melhor desempenho, resistência a parasitas e doenças, eficiência alimentar e qualidade nos produtos, é essencial estabelecer um programa de melhoramento genético na propriedade (Carvalho e Vieira, 2023).

As raças leiteiras de origem taurina destacam-se pelo excelente desempenho e alta produtividade de leite. No Brasil, as raças mais utilizadas são a Holandesa, a Pardo-Suíço e a Jersey. Além dessas, as raças zebuínas, conhecidas por sua maior resistência ao clima

tropical, também apresentam bom desempenho e significativa produtividade leiteira. Entre as principais raças zebuínas utilizadas no país estão Gir, Guzerá e Sindi (Permigiane, 2018).

A prática de cruzamentos entre raças zebuínas e taurinas é amplamente adotada na produção leiteira, resultando em animais que combinam produtividade e rusticidade. Um exemplo notável é a raça Girolando, fruto do cruzamento entre Gir e Holandesa, que alia boa produtividade à resistência, tornando-se uma das escolhas preferidas dos produtores de leite (Permigiane, 2018).

O uso da genética para promover resistência ao carrapato em bovinos tem se destacado como uma abordagem altamente vantajosa, especialmente por se tratar de um método de controle permanente. Essa estratégia permite a seleção de animais geneticamente resistentes, contribuindo para ganhos significativos no melhoramento genético do rebanho. Além disso, a utilização dessa ferramenta serve como uma importante aliada no controle integrado do parasita, proporcionando resultados mais eficientes e sustentáveis a longo prazo (Oliveira, 2013).

A resistência dos bovinos a parasitoses parece ser influenciada por diversos pares de genes, com uma predominância de ação gênica aditiva, o que resulta em variação entre os indivíduos dentro de uma população. No caso específico da resistência ao carrapato, as estimativas de herdabilidade apresentam ampla variação. Por exemplo, na raça Gir, que é zebuína, foi encontrada uma herdabilidade muito baixa, de apenas 0,043 ou seja, 4,3%. Isso indica que fatores ambientais têm maior influência sobre a resistência ao carrapato nessa raça. Em contraste, em uma população F2 que corresponde à segunda geração obtida a partir do cruzamento entre animais da geração F1, formada inicialmente pelo cruzamento entre bovinos europeus e zebuínos, foi observada uma herdabilidade consideravelmente alta, de 0,82, (82%) mostrando que, nesse caso, a resistência ao carrapato é fortemente determinada pelos genes e pode ser melhorada com seleção genética (Seifert, 1971).

A avaliação de características adaptativas desempenha um papel crucial nos sistemas de produção pecuária, pois possibilita a identificação de indivíduos mais tolerantes ou resistentes a condições de estresse ambiental e ectoparasitas. Essas informações são valiosas, pois podem ser incorporadas como critérios de seleção em programas de melhoramento genético, promovendo a eficiência e a sustentabilidade da produção (Ortega *et al.*, 2023).

Neste contexto, Otto *et al.* (2018) conduziram um estudo de associação genômica ampla (GWAS) e análises pós-GWAS em uma população F2 resultante do cruzamento entre as raças Gir e Holandesa. Polimorfismos de nucleotídeo único (SNPs) identificados no GWAS foram utilizados para construir redes genéticas e investigar a origem racial dos alelos correspondentes. Infestações artificiais de carrapatos foram realizadas durante as estações seca e chuvosa. Após 21 dias de infestação, o número de carrapatos foi contado em cada animal F2, que foram avaliados em grupos contemporâneos, ou seja, conjunto de animais que nasceram na mesma época, local e sob as mesmas condições ambientais, com idades entre 10 e 14 meses.

De acordo com Otto *et al.* (2018) as estimativas de herdabilidade para a contagem de carrapatos foram de $0,40 \pm 0,11$ na estação chuvosa e $0,54 \pm 0,11$ na estação seca. Esses valores indicam uma diferença na influência do ambiente sobre a expressão da característica de resistência ao carrapato em diferentes períodos do ano. Na estação chuvosa, a herdabilidade foi menor, sugerindo que a expressão dessa característica foi mais influenciada pelo ambiente. Isso indica que, nesse período, melhorias nas condições ambientais são mais necessárias para que os animais possam expressar seu potencial genético de resistência. Além disso, é importante considerar que, durante a estação das águas, o ciclo do carrapato é mais intenso, o que aumenta o desafio parasitário e exige maior controle ambiental. Por outro lado, na estação seca, a herdabilidade foi maior, revelando que a expressão genotípica da resistência ao carrapato dependeu menos do ambiente. Isso pode ser atribuído ao fato de que os animais já estavam mais adaptados às condições ambientais predominantes, permitindo que o componente genético da resistência se manifestasse com maior intensidade.

Com base nos resultados da análise de associação genômica ampla (GWAS), foram identificadas 7.327 janelas genômicas, com uma densidade média de 9 SNPs por janela. Os bovinos, por sua vez, possuem 60 cromossomos, organizados em 30 pares. Dentre todas as janelas identificadas, foram selecionadas as 10 que explicaram a maior porcentagem da variância genética da característica estudada. Essas janelas estão distribuídas especificamente nos cromossomos 10 e 23, o que indica que essas regiões genômicas possuem regiões importantes associadas ao controle genético da característica em questão. A análise da origem dos alelos revelou que a maioria dos animais classificados como resistentes possuía dois alelos provenientes da raça Gir, enquanto os animais suscetíveis apresentaram alelos da raça Holandesa. Esses resultados indicam que os genes identificados podem ser investigados em experimentos adicionais, com o

objetivo de validar seus efeitos sobre o fenótipo de resistência a carrapatos em bovinos, além disso, consolidam com os resultados obtidos por Seifert (1971), que afirmam que o cruzamento entre bovinos europeus e zebuínos é significativo quanto a herdabilidade de características de resistência.

No Quadro 1, são apresentados exemplos de diferentes raças e seus respectivos graus de herdabilidade para resistência ao carrapato, determinados pelo método de contagem.

Quadro 1. Grau de Herdabilidade para resistência ao carrapato.

AUTOR	H²	RAÇA
Seifert, (1971)	0,82	F2 Europeu x Zebu
Gomes, (1992)	0,04	Gir
Cardoso <i>et al.</i> , (2002)	0,47	F1 Angus x Nelore
Fraga <i>et al.</i> , (2003)	0,22	Caracu
Cardoso <i>et al.</i> , (2006)	0,20	Braford

Fonte: Reis, (2025)

A seleção individual é um método prático e de rápida aplicação, baseado na avaliação do valor fenotípico do próprio animal. Bastante utilizada no melhoramento genético de bovinos, essa técnica foca nas características que podem ser observadas e mensuradas diretamente no indivíduo. No entanto, sua eficácia é limitada para traços de baixa herdabilidade, como a produção de leite e a habilidade materna, que sofrem forte influência do ambiente (Bernardes, 2019).

Além disso, no caso dos machos utilizados na reprodução, a seleção não deve se basear apenas em seu desempenho individual, mas principalmente nos resultados obtidos por suas filhas ou parentes, o que torna necessária a avaliação genética indireta. Nesse contexto, o fenótipo serve como base para a estimativa do genótipo do animal, permitindo a seleção com maior precisão (Bernardes, 2019).

A seleção tradicional na pecuária, baseada no mérito genético calculado a partir das características físicas dos animais (fenótipo) e do histórico familiar (pedigree), tem sido muito eficiente para melhorar a produção tanto em gado de corte quanto em gado leiteiro. No entanto, essa abordagem também apresenta algumas limitações. A maioria dos programas de melhoramento genético não leva em conta o impacto da seleção na

diversidade genética da população ao longo do tempo. Além disso, o foco principal da seleção tradicional é obter melhorias genéticas na geração seguinte, em vez de garantir um progresso contínuo e sustentável a longo prazo. Isso pode levar à perda de variabilidade genética e reduzir o potencial de seleção futura (Sonstegard e Gasbarre, 2001).

3.6. Marcadores Moleculares e Ferramentas de Genômica

Marcadores moleculares são características fenotípicas ou fragmentos de DNA que resultam da expressão de um gene ou de diferenças na sequência genética. Esses marcadores permitem a identificação de variações no DNA, possibilitando a seleção indireta de genes de interesse, sendo amplamente utilizados em programas de melhoramento animal para acelerar e aprimorar os resultados genéticos (Martinez e Machado, 2002).

Os marcadores microssatélites são amplamente utilizados como ferramenta em estudos moleculares. Os segmentos de DNA amplificados por meio desses marcadores são separados utilizando eletroforese em géis de acrilamida ou agarose de alta resolução, o que permite uma melhor distinção entre fragmentos com diferenças sutis no peso molecular. Entre as principais vantagens dos microssatélites em comparação a outros marcadores moleculares estão a facilidade de aplicação, desde que haja primers disponíveis para a espécie em estudo, o alto nível de polimorfismo e a boa distribuição ao longo do genoma (Hoffmann e Barroso, 2006).

Apesar da crescente concorrência com novas técnicas de genotipagem e sequenciamento, os microssatélites continuam sendo amplamente utilizados devido à sua versatilidade e custo relativamente baixo, especialmente em estudos de melhoramento genético, conservação de espécies e análises forenses. A técnica passou por diversas atualizações ao longo dos anos (Guichoux, *et al.*, 2011).

Atualmente, laboratórios com maior infraestrutura adotam métodos mais modernos, como a eletroforese capilar (usa fluorocromos ligados aos primers, permitindo uma leitura automática e mais precisa dos fragmentos) associada à análise automatizada por softwares (como o GeneMapper e Peak Scanner, que facilitam muito a análise dos alelos e eliminam a subjetividade da leitura visual de bandas.) especializados, o que garante maior precisão e agilidade na interpretação dos resultados. No entanto, a eletroforese em gel de acrilamida com coloração por prata ainda é empregada em muitos

laboratórios, principalmente por ser uma alternativa economicamente viável (Vieira *et al.*, 2016).

Já a genômica é o estudo da estrutura e função do genoma de uma espécie, analisando as sequências de nucleotídeos. Essa área representa uma abordagem inovadora para o melhoramento genético do gado. A seleção genômica, por sua vez, consiste no aprimoramento genético de uma população com base no valor genético estimado genômico (GEBV) (Berry *et al.*, 2014).

Para calcular o GEBV em bovinos leiteiros, pode-se utilizar a metodologia ssGBLUP (melhor predição linear imparcial genômica de etapa única). Essa abordagem combina as informações genômicas dos animais genotipados com os dados de pedigree e características fenotípicas dos demais animais. O ssGBLUP permite uma avaliação genética mais precisa, integrando todas essas informações em um único processo de análise (Zhou *et al.*, 2018).

Os estudos atuais têm como base o uso de tecnologias genéticas moleculares avançadas e ferramentas como: GCTA (*Genome-wide Complex Trait Analysis*), que estima a herdabilidade e a variância genética explicada por SNPs; O PLINK que é uma ferramenta amplamente utilizada em estudos de genética populacional, genômica e GWAS (*Genome-Wide Association Studies*). Pode ser usado para identificar genes associados indiretamente com SNPs (polimorfismos de nucleotídeo único). Tais ferramentas permitem avanços na compreensão dos mecanismos imunológicos envolvidos na resposta à infestação de carrapatos e na interação entre o bovino e esses parasitas. Grande parte das pesquisas sobre expressão gênica em bovinos infestados com carrapatos têm se concentrado na pele, que é o tecido hospedeiro ao qual os carrapatos se fixam. Esses estudos de expressão gênica oferecem informações valiosas sobre os mecanismos biológicos, os genes envolvidos e as vias que regulam a resposta do gado à infestação de carrapatos (Porto Neto *et al.*, 2011).

Neste contexto, o gene ALOX12E, envolvido na biossíntese de eicosanóides pró-inflamatórios, que são mediadores lipídicos com função pró-inflamatória, apresenta maior expressão na pele de bovinos resistentes à infestação por carrapatos, sugerindo seu papel na intensificação da resposta inflamatória local e na inibição da fixação dos parasitas. Por outro lado, o gene SYT4, associado à liberação de neurotransmissores, têm expressão reduzida em animais resistentes, indicando que sua menor atividade pode limitar estímulos favoráveis à infestação. Isso indica que sua menor atividade pode estar associada à modulação negativa de vias que favorecem a infestação, possivelmente

diminuindo estímulos que atrairiam os carrapatos ou facilitariam sua permanência no hospedeiro. A via de sinalização IL-17, com genes como IL17RC e TRAF6, também está envolvida na regulação da inflamação e ativação da imunidade inata, sendo diferencialmente expressa durante a infestação (Robertse *et al.*, 2017).

O uso de tecnologias e métodos de genotipagem em larga escala para incorporar informações densas de marcadores moleculares em avaliações genéticas criou oportunidades para selecionar e criar gado para resistência a doenças (Cardoso *et al.*, 2015).

A primeira versão do sequenciamento do genoma bovino foi lançada em julho de 2005, mesmo ano em que um mapa genético com aproximadamente 4.000 marcadores foi publicado. Em 2008, painéis contendo mais de 50 mil marcadores foram empregados para elaborar um mapa da diversidade genética dos bovinos (Regitano e Veneroni, 2009).

As ferramentas disponíveis possibilitaram a geração em larga escala de dados populacionais, o que tem contribuído significativamente para a compreensão da estrutura genômica das populações (Sellner *et al.*, 2007). Entre os avanços alcançados, destaca-se a análise da extensão dos blocos de desequilíbrio de ligação, que tem permitido um entendimento mais detalhado sobre os padrões de variação genética e suas implicações biológicas, a variabilidade genética entre e dentro das populações (BOVINE HAPMAP CONSORTIUM *et al.*, 2009).

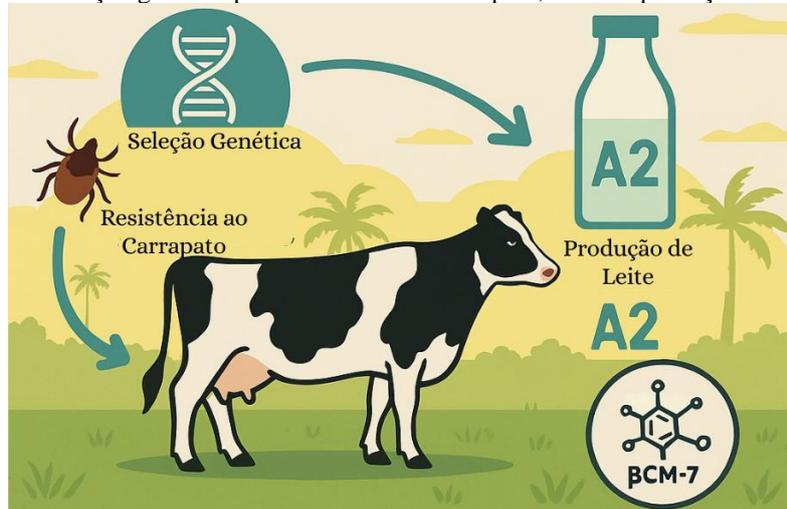
3.7. Produção de Leite A2 e Resistência ao Carrapato

O leite A2 é caracterizado por conter exclusivamente a beta-caseína A2. Estudos apontam que, cerca de oito mil anos atrás, todos os bovinos produziam apenas leite A2. No entanto, devido a uma mutação genética ao longo do tempo, surgiram animais com alelos responsáveis pela produção de leite A1. Atualmente, existem dois possíveis alelos (A1 e A2) e três possíveis genótipos relacionados à produção de beta-caseína: A1A1, A1A2 e A2A2. Apenas os bovinos da raça Guernsey produzem leite A2 em 100% de seus indivíduos, embora essa raça seja considerada incomum no Brasil (Zancanaro e Cruz, 2021).

A combinação da seleção genética para resistência ao carrapato com a produção de leite A2 representa uma estratégia promissora (Figura 4), especialmente em sistemas de produção localizados em regiões tropicais, onde a presença de carrapatos é uma preocupação significativa. A proteína do leite desempenha um papel essencial em todos

os organismos vivos. As β -casomorfina-7 (BCM-7), derivadas da β -caseína A1, têm sido associadas a alguns problemas de saúde humana (Zancanaro e Cruz, 2021).

Figura 4. Seleção genética para resistência ao carrapato, aliada à produção de leite A2.



Fonte: Reis, (2025)

A β -caseína A1 é produzida por vacas com os genótipos A1A1 ou A1A2, enquanto vacas com o genótipo A2A2 produzem a β -caseína A2, que não está relacionada a esses problemas de saúde. Dado o potencial do leite A2 para beneficiar a saúde pública e seu aparente valor comercial, a seleção baseada no tipo A2, bem como seu impacto na produção e nas características reprodutivas, deve ser investigada de maneira aprofundada (Yuifan, 2020).

No Brasil, a predominância do gado zebuino, especialmente a raça Gir leiteiro, traz vantagens significativas para o mercado de leite A2A2. Isso ocorre devido à ampla presença do gene A2 na pecuária nacional, sendo que aproximadamente 98% dos indivíduos dessa raça possuem genética positiva para a produção desse tipo de leite (EMBRAPA, 2017).

Além disso, as raças zebuínas, como o Gir, são amplamente reconhecidas por sua resistência ao carrapato, em contraste com as raças europeias, que são mais suscetíveis ao parasita. Entre as raças europeias, a Jersey se destaca pela resistência, enquanto os animais mestiços, originados do cruzamento entre raças zebuínas e européias, conseguem unir as melhores características de ambas as origens (Viana, 2024).

Esses cruzamentos combinam a resistência a parasitas e a tolerância ao calor das raças zebuínas com a alta produção de leite e a longa duração da lactação das raças europeias, como no caso do cruzamento entre o Gir e o Holandês. Assim, o Brasil não só

se beneficia da predominância do gado zebuino para a produção de leite A2A2, mas também pode aproveitar as vantagens desses cruzamentos para melhorar a eficiência e a sustentabilidade da produção leiteira (Veríssimo e Katiki, 2014).

O estudo de Costa *et al.* (2005) destacou a avaliação da produção de leite aos 305 dias de lactação em 1.273 vacas da raça Gir Leiteiro, todas em sua primeira lactação, e estimou um coeficiente de herdabilidade de 0,22 para essa característica. Esse valor indica que aproximadamente 22% da variação observada na produção de leite pode ser atribuída a diferenças genéticas herdáveis entre os animais, enquanto os 78% restantes são influenciados por fatores ambientais e outros efeitos não genéticos.

3.8. Relação entre a resistência de carrapatos com os índices de produtividade e *Stayability*

O cruzamento entre touros da raça Holandesa e vacas da raça Gir resulta em fêmeas F1 que combinam características desejáveis de ambas as raças. Essas fêmeas apresentam o porte avantajado, maior precocidade e elevada aptidão leiteira típicos do Holandês, ao mesmo tempo em que demonstram maior resistência a ectoparasitas, maior tolerância ao calor e maior rusticidade em comparação aos animais puros da raça Holandesa (Ribeiro *et al.*, 2017). Esse equilíbrio genético torna as fêmeas F1 uma excelente alternativa para sistemas de produção em climas tropicais, onde a adaptação ao ambiente influencia diretamente o desempenho produtivo.

Embora as vacas leiteiras altamente especializadas, como as da raça Holandesa, possuam adaptações fisiológicas voltadas para a produção de leite, essas adaptações frequentemente resultam em desafios reprodutivos e sanitários. A alta exigência metabólica dessas vacas pode levar a uma redução na fertilidade, menor longevidade e maior incidência de ectoparasitas e doenças puerperais (Lucy, 2001). Esses fatores impactam diretamente a eficiência econômica da produção, tornando essencial a busca por estratégias que combinem alta produtividade com maior resistência e longevidade.

Nesse contexto, vacas mestiças resultantes do cruzamento entre Holandês e Zebu (HxZ) apresentam vantagens significativas quando recebem suporte nutricional adequado. Estudos indicam que essas vacas demonstram maior eficiência reprodutiva, menor incidência de ectoparasitas e doenças puerperais, menor taxa de descarte, menor mortalidade e maior longevidade no rebanho. No Brasil, pesquisas apontam que vacas HxZ possuem períodos de serviço (intervalo de dias entre o parto e a próxima concepção)

variando entre 82 e 134 dias e intervalos entre partos de 12 a 14 meses, reforçando sua viabilidade como alternativa produtiva (Carvalho, 2009).

A longevidade produtiva, conhecida como "*Stayability*", é um fator essencial no melhoramento genético, pois indica a permanência do animal no rebanho ao longo dos anos. Essa característica influencia diretamente a sustentabilidade da atividade leiteira, visto que o descarte precoce de vacas resulta em custos elevados com reposição de matrizes e reduz a eficiência econômica da produção (Naves, 2022). Dessa forma, investir em genética que favoreça maior longevidade produtiva é uma estratégia crucial para produtores que desejam maximizar a rentabilidade de seus rebanhos.

Borges *et al.* (2015) destacam que vacas mestiças Holandês x Zebu (HxZ), quando submetidas a um manejo nutricional adequado, tendem a apresentar menor taxa de descarte, baixa mortalidade e maior longevidade no rebanho, características essas influenciadas por fatores genéticos herdáveis que favorecem sua permanência produtiva.

De forma semelhante, Lemos *et al.* (1993), ao analisarem a sobrevivência de fêmeas F1 oriundas do cruzamento entre Holandês e Guzerá, constataram que essas vacas foram descartadas com menor frequência e apresentaram vida produtiva mais longa, alcançando em média 8,5 lactações sob condições de manejo elevado. Tais resultados reforçam a importância da herdabilidade dessas características, que contribuem para o aumento da eficiência produtiva e reprodutiva do rebanho.

Ao comparar as raças taurinas e zebuínas, observa-se que as zebuínas apresentam maior adaptabilidade às condições tropicais, sendo mais resistentes ao calor, a ectoparasitas e a desafios nutricionais. Em contrapartida, as raças taurinas se destacam pela superioridade na produção leiteira. Portanto, o cruzamento entre zebuínos e taurinos surge como uma estratégia eficiente para melhorar a longevidade produtiva, combinando a rusticidade e a resistência dos zebuínos com a elevada capacidade produtiva dos taurinos. Esse equilíbrio genético resulta em animais mais adaptados às condições tropicais e mais eficientes para a produção leiteira em diferentes sistemas de manejo (Naves, 2022).

Embora a expectativa de vida natural dos bovinos leiteiros seja de aproximadamente vinte anos, os avanços no manejo, na reprodução e na seleção genética nas últimas décadas não têm contribuído para o aumento da longevidade produtiva desses animais, uma vez que essas características são avaliadas em longo prazo (Cerqueira, 2023).

Um dos principais desafios enfrentados pela indústria leiteira é a ausência de

padronização na medição da longevidade das vacas, o que leva à utilização de diferentes métricas entre os países. Isso contrasta com o registro da produção de leite, que já é padronizado internacionalmente. Promover o aumento da longevidade das vacas leiteiras pode ser uma estratégia eficaz para otimizar o uso dos recursos disponíveis aos produtores e contribuir para uma produção de leite mais sustentável (Santos e Vasconcelos, 2022).

4. PERSPECTIVAS FUTURAS

Entre os desafios futuros da seleção genética, destaca-se a necessidade de desenvolver animais mais produtivos e resilientes, capazes de enfrentar os impactos causados por patógenos e pelas mudanças climáticas nos diferentes sistemas de produção (Gao *et al.*, 2023).

Para o futuro, espera-se um uso mais amplo das avaliações genômicas em bovinos leiteiros, permitindo uma seleção mais precisa e precoce de matrizes geneticamente superiores. Além disso, a adoção de metodologias de avaliação genômica de etapa única deve se tornar predominante, proporcionando estimativas mais acuradas dos valores genéticos dos animais ao integrar dados fenotípicos e genéticos em um único modelo (Weller *et al.*, 2017).

A seleção genética futura dará ainda mais ênfase a características relacionadas à saúde, reprodução, eficiência produtiva e sustentabilidade ambiental. Com isso, a variabilidade genética para características econômicas continuará sendo preservada e potencializada por meio do aumento na frequência de alelos raros, da incorporação de novas mutações benéficas e da evolução das metas de seleção e estratégias de manejo. Essas mudanças garantirão um progresso contínuo na produção animal, equilibrando eficiência produtiva e sustentabilidade (Weller *et al.*, 2017).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O melhoramento genético é uma estratégia viável para aumentar a resistência de bovinos leiteiros contra o carrapato *Rhipicephalus microplus*, um dos principais desafios sanitários na pecuária leiteira.

Dentre as estratégias de melhoramento genético, destacam-se os cruzamentos entre raças européias e zebuínas, combinando a rusticidade e resistência ao carrapato das raças zebuínas, como o Gir e Guzerá, com a alta produtividade leiteira das raças europeias, como a Holandesa e a Jersey.

Outra abordagem complementar ao melhoramento genético tradicional é a utilização da seleção genômica voltada para genes relacionados à resistência a parasitas. Essa estratégia permite aliar genética, manejo e tecnologias inovadoras, promovendo maior produtividade, sustentabilidade e bem-estar animal. Além disso, tal abordagem pode complementar programas de saúde preventiva e reduzir o uso de medicamentos, contribuindo para sistemas de produção mais eficientes e ambientalmente responsáveis. Dessa forma, o futuro da bovinocultura leiteira se direciona para uma integração cada vez maior entre avanços científicos e práticas sustentáveis, garantindo o progresso contínuo da atividade.

Entretanto, a identificação precisa de genes associados à resistência ainda é um desafio, exigindo investimentos em pesquisa genômica e acesso a tecnologias de ponta. Além disso, a adoção de programas de melhoramento genético eficazes depende do engajamento dos produtores, da capacitação técnica e de políticas públicas que incentivem a inovação no campo. Essas barreiras tornam essencial a integração entre instituições de pesquisa, setor produtivo e governo para viabilizar a disseminação dessas tecnologias em larga escala.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, S. A. de., CUNHA, M. A., TOMA, C. D. M. . Use of homeopathy produced on the property for tick control in cattle breeding. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 12, n. 8, p. e18412842923, 2023. DOI: 10.33448/rsd-v12i8.42923. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/42923>. Acesso em: 7 de Abril, 2025.

BERNARDES, T. **Melhoramento Genético em Bovinos: Principais Métodos de Seleção**. (2019). Disponível em>: <https://tecnologianocampo.com.br/metodos-de-selecao/#:~:text=para%20uma%20caracter%C3%ADstica:-,Sele%C3%A7%C3%A3o%20individual:,modelo%20%C3%A9%20simples%20e%20r%C3%A1pido>. Acesso em: 08 de Abril, 2025.

BERRY, D.P., WALL, E., PRYCE, J.E. Genetics and Genomics of Reproductive Performance in Dairy and Beef Cattle. **Animal**. 8 (1), pp. 105 - 121, 2018. Doi.10.1017/S1751731114000743

BORGES, A. M., MARTINS, T. M. Relação entre nutrição e reprodução em rebanhos mestiços leiteiros. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE BOVINOCULTURA DE LEITE, 4, Viçosa. **Anais...** Viçosa, 2015.

BRASIL. **Instrução normativa - IN Nº 62, de 16 de junho de 2020**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF. Seção 1. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-62-de-16-de-junho-de-2020-261924231>. Acesso em 6 de Junho, 2024.

BRITO, L.F., BEDERE, N., DOUHARD, F., OLIVEIRA, H.R., ARNAL, M., PEÑAGARICANA, F., SCHINCHEL, A.P., BAES, C.F., MELHOR, F. Review: Genetic selection of high-yielding dairy cattle toward sustainable farming systems in a rapidly changing world. **Animal**, v.15, Supplement 1, p.100292, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100292>

BOVINE HAPMAP CONSORTIUM, et al. Genome-wide survey of SNP variation uncovers the genetic structure of cattle breeds. **Science**, v. 324, n. 5926, p. 528-532, 2009. <https://doi.org/10.1126/science.1167936>.

BOLIGON, A. A.; RORATO, P. R. N.; FERREIRA, G. B. B.; WEBER, T.; KIPPERT, C. J.; ANDREAZZA, J. Herdabilidade e tendência genética para as produções de leite e de gordura em rebanhos da Raça Holandesa no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1512-1518, 2005.

BOURDON. **Understanding Animal Breeding**. New Jersey: Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, s.d. p. 538, 2000.

BRCKO, C. C. Estimativas de parâmetros genéticos para produção de leite e idade ao primeiro parto em vacas da raça Pardo – Suíça utilizando amostrador de GIBBS. **Dissertação (Mestrado em Ciência Animal)** – Universidade Federal do Pará, Belém, PA. 45f., 2008.

CARDOSO, F.F., GOMES, C.C.G., SOLLERO, B.P., OLIVEIRA, M.M., ROSO, V.M., PICCOLI, M.L., HIGA, R.H., YOKOO, M.J., CAETANO, A.R., AGUILAR, I. Genomic prediction for tick resistance in Braford and Hereford cattle. **Journal of Animal Science**, v. 93, Issue 6, p.2693–2705, 2015. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8832>

CARDOSO, V., FRIES, L.A., ALBURQUERQUE, L.G. Determinação da resistência genética a *Boophilus microplus*, através de medidas em diferentes regiões do corpo de bezerras F1 Angus x Nelore desmamado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37. 2000 Anais. Viçosa, MG: SBZ, 115, v.1, p.1-3, 2000.

CARDOSO, V.; FRIES, L. A.; ROSO, V. M.; BRITO, F. V. Estimates of heritability for resistance to *Boophilus microplus* tick evaluated by an alternative method in a commercial Polled Hereford x Nelore population in Brazil. Proceedings of 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Belo Horizonte, 2006. Brasil. CD-ROM.

CARVALHO, V.H.G., VIEIRA, P.R.P. Melhoramento genético como estratégia de avanço da produção e da produtividade durante o confinamento bovino. **Scientia Generalis**, v.4, n.1, p.61-77, 2023. DOI: 10.22289/sg.V4N1A7.

CARVALHO, B.C.; RUAS, J.R.M.; SILVA FILHO J.M. *et al.* Avaliação de diferentes manejos pré-parto sobre o peso e o escore da condição corporal de vacas mestiças F1 Holandês x Zebu. **Revista Brasileira de Ciência e Veterinária.**, v.16, p.62-67, 2009.

CEVA. A importância do controle parasitário nos bovinos leiteiros. **Milkpoint**, 2021. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/canais-empresariais/ceva/a-importancia-do-controle-parasitario-nos-bovinos-leiteiros-225152/>. Acesso em 6 de Junho, 2024.

CERQUEIRA, J. L. Longevidade em vacas leiteiras: Principais fatores. Agros, 2023. Disponível em: <https://www.agros.pt/artigos/longevidade-em-vacas-leiteiras-principais-fatores/#:~:text=As%20vacas%20capazes%20de%20maior,e%20adequada%20inser%C3%A7%C3%A3o%20do%20%20C3%BAbere>. Acesso em: 08 de Abril, 2025.

COSTA, C.N.; MELO, C.M.R.; MACHADO, C.H.C.; FREITAS, A.F.; PACKER, I. U.; COBUCCI, J. A. Parâmetros Genéticos para a Produção de Leite de Controles Individuais de Vacas da Raça Gir Estimados com Modelos de Repetibilidade e Regressão Aleatória. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1519-1530, 2005.

EMBRAPA. **Melhoramento genético de bovinos permite a produção de leite menos alergênico.** Embrapa, Gado de Leite. Juiz de Fora, 2017.

EMBRAPA. **Goiás lança campanha de controle de carrapato bovino.** 2005. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/17978930/goias-lanca-campanha-de-controle-de-carrapato-bovino>. Acesso em: 7 de Abril, 2025.

FRAGA, A.B., ALENCAR, M.M., FIGUEIREDO, L.A., RAZOOK, A.G., CYRILLO, J.N.S.G. Análise de fatores genéticos e ambientais que afetam a infestação de fêmeas bovinas das raça Caracu por carrapatos (*Boophilus microplus*). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6 (suplemento 1), p.1578-1586, 2003.

GAO, F., LI, P., YIN, Y., DU, X., CAO, G., WU, S., ZHAO, Y. Melhoramento molecular de gado para resistência a doenças. **Virologia**, 587, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.virol.2023.109862>

GOMES, D.J., SALES, D.S., CAETANO, B.R.F., SILVA, F.R.A., PEDROZA, A.P., CARVALHO, E.K.M.A. Possibilidades de uso de Caryocar brasiliense numa perspectiva farmacológica. **Revista de Agroecologia no Semiárido**, ISSN 2595-0045 v. 2, n.1, p. 13 – 2, 2018.

GODOI, C.R., SILVA, E.F.P. Carrapato *Boophilus microplus* e impacto na produção animal - Revisão de literatura. **PUBVET**, Londrina, v. 3, n. 22, 2009. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20113097904> Acesso em: 7 de Abril, 2025.

GONZALES, J. C. **O carrapato do boi: vida, resistência e controle**. São Paulo: Mestre Jou, p.101, 1974.

GONSALES, S.A. Infestação de carrapatos na produção leiteira: quanto custa e como controlar? **Milkpoint**, 2023. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/infestacao-de-carrapatos-na-producao-leiteira-prejuizos-e-controle-233387/>. Acesso em: 08 de Abril, 2025.

GUICHOUX, E., LAGACHE, L., WAGNER, S., CHAUMEIL, P., LÉGER, P., LEPAIS, O., LEPOITTEVIN, C., MALAUSA, T., REVARDEL, E., SALIN, F., PETIT, R.J. Current trends in microsatellite genotyping. **Mol Ecol Resour**. n. 11(4), p.591-611, 2011. doi: 10.1111/j.1755-0998.2011.03014.

HOLFMANN, L.C., BARROSO, P.A.V. Marcadores Moleculares como Ferramentas para Estudos de Genética de Plantas. **Embrapa**, 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/276638/1/DOC147.pdf>. Acesso em: 6 de Janeiro, 2025.

HOTT, M.C., ANDRADE, R.G., MAGALHÃES JR, W.C.P. Distribuição da produção de leite no Brasil. **Anuário do leite** 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1164754/anuario-leite-2024-avaliacao-genetica-multirracial>. Acesso em: 6 de Janeiro, 2025.

IBGE– INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo**

agropecuário de 2020. Rio Grande do Sul, 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/pesquisa/24/76693>. Acesso em: 6 de Junho,2024.

KANADANI, A. Ectoparasitas: principais agentes e estratégias de controle. **Revista Leite Integral**, 2022. Disponível em: <https://www.revistaleiteintegral.com.br/noticia/ectoparasitas-principais-agentes-e-estrategias-de-controle>. Acesso em: 08 de Abril, 2025.

LEMOS, A.M., TEODORO, R.L., OLIVEIRA, G.P., MADALENA, F.E. Comparative performance of six Holstein-Friesian x Guzera Grades in Brazil. 3. Burdens of *Boophilus microplus* under field conditions. **Animal Production**. v.41, p.187-191, 1985.

LEMOS, A. de M.; TEODORO, R. L. **Utilização de raças, cruzamentos e seleção em bovinos leiteiros**. Coronel Pacheco: Embrapa – CNPGL, 1993. 23 p. (Embrapa–CNPGL. Documentos, 52).

LEWONTIN. The genotype/phenotype distinction. **Stanford Encyclopedia of Philosophy**, 2008.

LUCY, M. C. Reproductive Loss in High-Producing Dairy Cattle: Where Will It End? **J. Dairy Science**., v. 84, n.6, p. 1277–1293, 2001.

MAPHOLI, N.O., MARUFU, M.C., MAIWASHE, A., BANGA, C.B., MUCHENJE, V., MACNEIL, M.D., CHIMONYO, M., DZAMA, K. Towards a genomics approach to tick (Acari: Ixodidae) control in cattle: A review. **Ticks and Tick-borne Diseases**, v. 5, Issue 5, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2014.04.006>.

MARTINEZ, M.L.; MACHADO, M.A. Programa genoma brasileiro de bovinos e suas perspectivas de aplicações práticas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 4, 2002, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBMA, 2002.

MIRANDA, J.E.C. Raças e tipos de cruzamentos para produção de leite. **Embrapa**, 2009. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/737102/1/CT98Rac>

asetiposdecruzamentos.pdf. Acesso em: 02 de Abril, 2025.

MCMANUS, C., PERIPOLLI, V., VIEIRA, R.A., DIAS, L.T. O uso da genética na adaptação dos bovinos aos ambientes sob estresse. **Revista Brasileira de Buiatria - Bem-estar Animal e Terapias Integradas**, v.3, n1, 2, 2022.

NAVES, L. V. M. F. **Longevidade em bovinos leiteiros**. Trabalho de Conclusão de Curso Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, 26 f.,2022. Disponível em>:<https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/2724/1/TCC%20La%c3%ads%20Mendon%c3%a7a%20%28REPOSIT%c3%93RIO%29.pdf>. Acesso em: 02 de Abril, 2025.

OLIVEIRA, N.M. Uso da seleção genômica na avaliação genética para resistência ao carrapato em bovinos de corte. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Pampa, 2013. Disponível em: <https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/rii/2897/1/nat%c3%81lia%20marins%20de%20oliveira.pdf>. Acesso em: 26 de Novembro, 2024.

ORTEGA, M.F., BATTISTA, G.G., CUTULLÉ, C., SANTOS, D., NAVA,S.,BONAMY,M., HOLGADO, F. Phenotypic evaluation of genetic resistance to the tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* in Argentine Creole cattle. **Ticks and Tick-borne Diseases**, v.14, Issue 6, p. 102223, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2023.102223>

OTTO, P.I., GUIMARÃES, S.E.F., VERARDO, L.L., AZEVEDO, A.L.S., VANDENPLAS, J., SOARES, A.C.C., SEVILLANO, L.L., VERONEZE, R., PIRES, M.F.A., FREITAS, C., PRATA, M.C.A., FURLONG, J., VERNEQUE, R.S., MARTINS, M.F., PANETTO, J.C.C., CARVALHO, W.A., GOBO, D.OU., SILVA, M.V.GB., MACHADO, M.A. Genome-wide association studies for tick resistance in *Bos taurus* × *Bos indicus* crossbred cattle: A deeper look into this intricate mechanism. **Journal of Dairy Science**. v.101, Issue 12, p.11020-11032, 2018. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14223>.

PERMIGIANE, R. S. **A Eficiência Alimentar em Grupos Genéticos: Taurino, Zebuino E Taurino Adaptado**. Dissertação (mestrado) – Instituto de Zootecnia.

Produção Animal Sustentável. Sertãozinho, 42f. 2018. Disponível em: <https://iz.agricultura.sp.gov.br/publica.php?id=391>

NETO, L.R.P., JONSSON, N.N., D'OCCHIO, M.J., BARENDSE, W. Molecular genetic approaches for identifying the basis of variation in resistance to tick infestation in cattle. **Veterinary Parasitology**. v.180, Issues 3–4, p.165-172, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.05.048>

REGITANO, L.C.A., VENERONI, G.B. Marcadores moleculares e suas aplicações no melhoramento animal. **Anais do II Simpósio de Biologia Molecular Aplicada à Produção Animal**. Embrapa Pecuária Sudeste – São Carlos – SP – Brasil, 2009. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/257210/1/PROCILCAR2009.0079.pdf>. Acesso em: 6 de Janeiro, 2025.

RIBEIRO, L.S., GOES, T.J.F., TORRES FILHO, R.A., ARAÚJO, C.V., REIS, R.B., SATURNINO, H.M. Desempenhos produtivo e reprodutivo de um rebanho F1 Holandês x Gir em Minas Gerais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, v.69, n.6, p.1624-1634, 2017. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9076>.

ROEL, A.R. Utilização de plantas com propriedades inseticidas: uma contribuição para o Desenvolvimento Rural Sustentável. **Revista Internacional de Desenvolvimento Local**.v.1, n.2, p.43-50, 2001.

ROBERTSE, L., RICHARDS, S.A., OLIVIER, C.M. Bovine Immune Factors Underlying Tick Resistance: Integration and Future Directions. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, v.7. 2017. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2017.00522>

SACCO, A.M.S., AGUIRRE, A.A.R., CSORDAS, B.G., RAMOS, C.A.N., GOMES, C.C.G., GASPAR, E.B., SIQUEIRA, F. Carrapatos: protocolos e técnicas para estudo. **Embrapa**, p.240, 2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1041177/1/Carrapatosprotocolosetecnicas.pdf>. Acesso em: 7 de Abril, 2025.

SANTOS, G. C. D. L., NETO, S. G., BEZERRA, L. R., & MEDEIROS, A. N. Uso de tortas na alimentação de vacas leiteiras: uma revisão / Use of cakes to feed dairy cows: a review. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, 3(1), 89–113, 2020. Recuperado de <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/6847>.

SANTOS, R.M., VASCONCELOS, J.L.M. Longevidade da vaca leiteira. **Milkpoint**, 2022. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/colunas/jose-luiz-moraes-vasconcelos-ricarda-santos/longevidade-da-vaca-leiteira-224984/>. Acesso em: 08 de Abril, 2025.

SANTOS, P.L., PRANDO, M.B., MORANDO, R., PEREIRA, G.V.N., KRONKA, A.Z. Utilização de extratos vegetais em proteção de plantas. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer, v.9, n.17; p. 2013.

SEIFERT, G.W. Variations between and within breeds of cattle in resistance to field infestations of the cattle tick (*Boophilus microplus*). **Australian Journal of Agricultural Research**, v.22, p.159-68, 1971. <https://doi.org/10.1071/AR9710159>.

SELLNER, E. M.; KIM, J. W.; MCCLURE, M. C.; TAYLOR, K. H.; SCHNABEL, R. D.; TAYLOR, J. F. Board-invited review: Applications of genomic information in livestock. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 12, p. 3148-3158, 2007. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0291>.

SIGNORETTI, R.D., VERÍSSIMO, C.J., SOUZA, F.H.M., OLIVEIRA, E.M. Aspectos produtivos e sanitários de vacas mestiças leiteiras tratadas com produtos homeopáticos. **Arquivo Institucional Biológico** v.77, n.4. 2010. <https://doi.org/10.1590/1808-1657v77p6252010>.

SILVA, M.V.G.B., MARTINS, M.F., PAIVA, L.C., CEMBRANELLI, M.A.R., FREITAS, A.F., ARBEX, W.A., SANTOS, K.C.L., PANETTO, J.C.C., CARVALHO, B.C., FERREIRA, M.B.D., LOPES, B.C., ALVES, B.R.C., COSTA, M.J.R.P., SANT'ANNA, A.C., SILVA, L.C.M. Programa de Melhoramento Genético da Raça Girolando Sumário de Touros Resultado do Teste de Progênie - Julho, 2014. **Embrapa**

Gado de Leite, ISSN 1516-7453.

SILVA, C. **Melhoramento Genético em Gado Leiteiro: A Importância do Cruzamento.** (2024). Disponível em<: <https://www.canaldocriador.com.br/noticias/melhoramento-genetico-em-gado-leiteiro-a-importancia-do-cruzamento/>. Acesso em: 08 de Abril, 2025.

SONSTEGARD, T.S., GASBARRE, L.C. Genomic tools to improve parasite resistance. **Veterinary Parasitology**, v. 101, p. 387-403, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0304-4017\(01\)00563-5](https://doi.org/10.1016/S0304-4017(01)00563-5).

VALOTTO, A.A., PEDROSA, V.B. **Melhoramento genético em rebanhos leiteiros.** Senar AR-PR., p.108, 2018. Disponível em>: <https://www.sistemafaep.org.br/wp-content/uploads/2021/11/PR.0338-Melhoramento-Genetico-em-Rebanhos-Leiteiros.pdf>. Acesso em: 02 de Fevereiro, 2025.

VERÍSSIMO, C.J., KATIKI, L.M. Alternativas de controle do carrapato-do-boi na pecuária leiteira. Nova Odessa, **Instituto de Zootecnia**, p.84-121, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Andreia-Buzatti/publication/319056573_Partial_selective_treatment_of_rhipicephalus_microplus_and_breed_resistance_variation_in_beef_cows_in_rio_grande_do_sul_brazil/links/598d10ba0f7e9b07d22618b2/partial-selective-treatment-of-rhipicephalus-microplus-and-breed-resistance-variation-in-beef-cows-in-rio-grande-do-sul-brazil.pdf#page=84. Acesso em: 21 de Janeiro, 2025.

VIANA, E. **As raças leiteiras e suas particularidades.** 2024. Disponível em: <https://blog.esteiogestao.com.br/as-racas-leiteiras-e-suas-particularidades/>. Acesso em: 08 de Abril, 2025.

VIEIRA, M.L.C., SANTINI, L., DINIZ, A.L., MUNHOZ, C.F. Microsatellite markers: what they mean and why they are so useful. **Genetics and Molecular Biology**, 39, 3, p. 312-328, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4685-GMB-2016-0027>.

XIMENES, L.J.F., MARTINS, G.A. Bovinocultura leiteira: melhoramento genético

econômico. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE. Ano 3 | nº 52. 2018. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/366/3/2018_CDS_52.pdf. Acesso em: 20 de Novembro, 2024.

ZANCANARO, E., CRUZ, PH. Análise da produção e viabilidade na produção do leite tipo A2 em animais da raça Gir. **Revista eletrônica Nutri Time**. v. 18, n.05. 2021. Disponível em: <https://www.nutritime.com.br/wp-content/uploads/2021/09/Artigo-544.pdf>. Acesso em: 6 de Janeiro, 2025.

ZHOU, L., MRODE, L., ZHANG, S., ZHANG, Q., LI, B., LIU, J.F. Factors affecting GEBV accuracy with single-step Bayesian models. **Heredity**, 120 (2),pp. 100-109, 2018.

YUIFAN, L. **Milk composition and productive and reproductive performance of cows from A1 and A2 β -casein variants, milked once or twice a day**. Dissertação de mestrado, University, Palmerston North, Nova Zelândia, 2020. Disponível em: <https://mro.massey.ac.nz/server/api/core/bitstreams/ff85a58b-ac31-4328-85f4-169c22830ef6/content>.

WELLER, J.I., EZRA, E., RON, M. Invited review: A perspective on the future of genomic selection in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. v. 100,n.11, p. 8633-8644, 2017. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12879>.