

Associação Propagadora Esdeva
Centro Universitário Academia – UniAcademia
Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação
Trabalho de Conclusão de Curso - Artigo

MONITORAMENTO GENÉTICO E RASTREABILIDADE NA CADEIA PRODUTIVA DE BOVINOS

Gustavo Sobreira Pinto¹

Centro Universitário Academia - UniAcademia, Juiz de Fora, MG

Tassio Ferezini Martins Sirqueira²

Centro Universitário Academia - UniAcademia, Juiz de Fora, MG

Linha de Pesquisa: Engenharia de Software

RESUMO

Por volta de 10.000 a.C., a Revolução Agrícola marcou o início do sedentarismo humano, com a domesticação de plantas e animais. Nesse contexto, a seleção genética passou a ser controlada pelo homem, possibilitando o desenvolvimento de raças bovinas adaptadas a diferentes condições. Este estudo propõe uma abordagem baseada em tecnologia de grafos para mapear árvores genealógicas de bovinos e validar sua aplicabilidade no planejamento genético. A aplicação prática foi realizada em uma pequena propriedade ao longo de um ano. Embora o período avaliado não permita observar os impactos em múltiplas gerações, os resultados iniciais demonstram efeitos positivos no planejamento de cruzamentos, evidenciando o potencial da solução para aprimorar o manejo genético.

Palavras-chave: Monitoramento Genético. Bovinos. Tecnologia de Grafos. Planejamento Genético.

ABSTRACT

Around 10,000 BC, the Agricultural Revolution marked the beginning of human settlement, with the domestication of plants and animals. In this context, genetic selection became a controlled process, enabling the development of cattle breeds adapted to various conditions. This study proposes a graph-based technology approach to map bovine genealogies and validate its applicability in genetic planning. Practical implementation was conducted on a small farm

¹Discente do Curso de Sistemas de Informação do Centro Universitário Academia - UniAcademia. E-mail: gustavosobreira1@gmail.com

²Docente do Curso de Sistemas de Informação do Centro Universitário Academia - UniAcademia. Orientador

over one year. Although the evaluation period is insufficient to observe impacts across multiple generations, initial results demonstrate positive effects on breeding planning, highlighting the solution's potential to enhance genetic management.

Keywords: Cattle. Graph Technology. Breeding Planning.

1 INTRODUÇÃO

Dados recentes apontam que o Brasil possui o segundo maior rebanho de bovinos do mundo, com mais de 220 milhões de cabeças, ficando atrás apenas da Índia, e a anos é também um dos maiores exportadores de carne bovina do mundo. O setor agropecuário brasileiro contribui significativamente para a balança comercial e o Produto Interno Bruto (PIB) do país, conforme dados apresentados pela Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (*Beef Report - Perfil da Pecuária no Brasil 2024*).

Apesar de sofrer muitas críticas relacionadas ao desmatamento e ao meio ambiente, a atividade pecuária no país, vem se destacando por ir de encontro a esse senso comum. Em um comparativo com dados dos últimos 30 anos a pecuária brasileira aumentou sua produção em 172%, em contrapartida, a área de pastagem diminuiu cerca de 16%. Isso se dá principalmente pelos avanços tecnológicos, novas formas de manejo e modificações genéticas (*Beef Report - Perfil da Pecuária no Brasil 2024*).

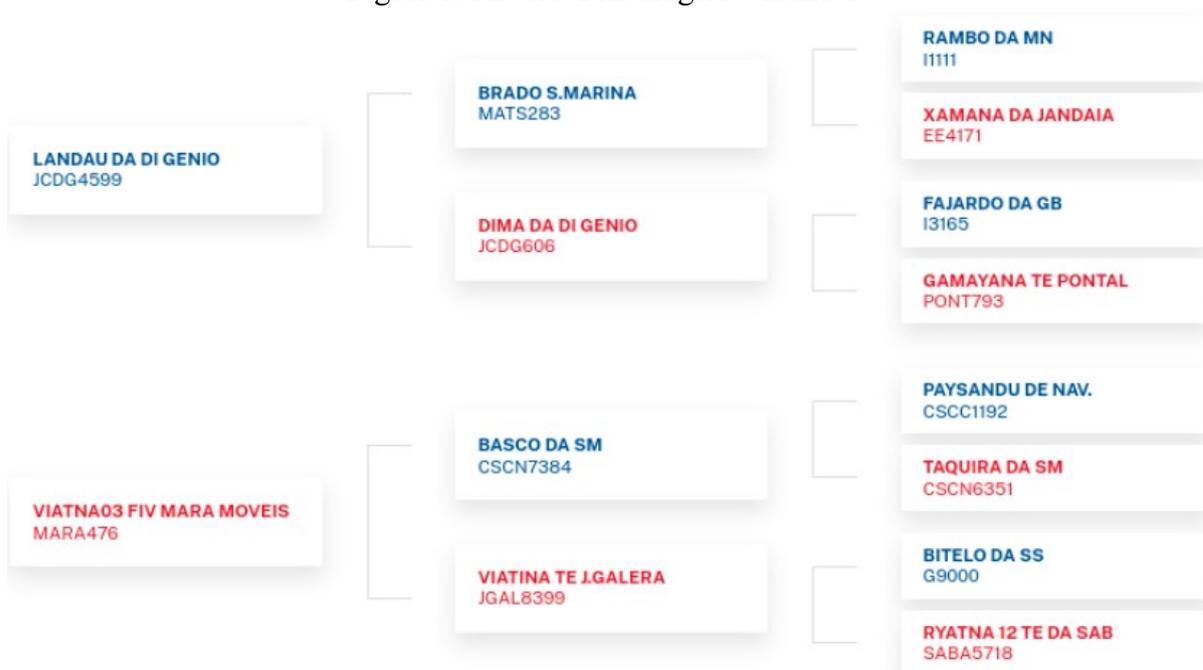
Recentemente, uma vaca brasileira chamada Viatina-19 FIV Mara Móveis, bateu o recorde mundial da raça nelore, se tornando o bovino mais caro do mundo. A vaca de apenas 53 meses já havia se tornado destaque na mídia aos 39 meses, onde 50% de sua cota de participação foi vendida por 3,99 milhões de reais. Em um ano sua valorização foi de 162,91%, sendo vendido 33,33% da sua cota de participação no dia 16 de junho de 2023, por 6,99 milhões de reais (Moitinho 2023).

Determinar o valor de um bovino é algo complexo, pois se deve considerar uma série de variáveis relacionadas à forma de manejo e ao ambiente em que este animal está inserido. Ao desconsiderar tais variáveis, destacam-se três áreas para avaliação, sendo elas a capacidade reprodutiva, que inclui não apenas a quantidade de crias, mas também a qualidade das mesmas, o desenvolvimento do animal onde se observa o tempo para seu apogeu em peso e tempo para maturidade sexual, por fim destaca-se a conservação, que quantificará o tempo de envelhecimento e manutenção da boa saúde (Brito 2010).

No Brasil, associações de criadores possuem um papel fundamental no registro e monitoramento genético de bovinos, como a Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ). Sendo uma de suas iniciativas de maior relevância o Programa de Melhoramento Genético de Zebuínos (PMGZ), o qual faz o registro genealógico (RG) destes animais, e os classifica de acordo com seu pedigree, visando o monitoramento genético, conforme é mostrado na Figura 1 (Das e Zebuínas 2023). A referida forma de controle, garante acompanhamento de várias características apontadas por Brito, como crescimento, reprodutiva,

morfológicas, entre outras. Com tais informações, criadores podem vender animais com qualidade genética comprovada, produtores de leite, ou gado de corte aumentam sua margem de lucro significativamente (Tosta Neto 2021).

Figura 1: Árvore Genealógica Viatina-19.



Fonte: Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ).

Considerando o exposto, existem produtores que por razões variadas não possuem animais aptos a receber o RG, os chamados 'cara limpa' (*Manual de orientações do SRGRZ* 2020). Estes, por sua vez, entendem que reproduções não planejadas podem acarretar problemas futuros, como a perda de produtividade, desaparecimento de determinada característica ou raça.

A falta de planejamento reprodutivo no século XX, fez com que o chamado gado 'Pé-Duro', primeiro rebanho introduzido no Brasil, por volta de 1534 no Nordeste, chegasse a beira da extinção por conta de diversos cruzamentos desordenados feitos com a raça Zebuína. Fazendo-se necessário a intervenção da Embrapa, onde foi criado um núcleo de conservação, que garante a permanência do gado 'Pé-Duro' até os dias atuais. Este caso se deu porque esses cruzamentos visavam apenas o ganho de performasse baseados em características fenotípicas do gado, ignorando o ambiente em que esses animais estavam inseridos (*Origem, formação e conservação do gado Pé-Duro, o bovino do Nordeste brasileiro* 2010).

Um fator que não está diretamente ligado à produtividade no campo, mas com as tendências de mercado que poderão interferir diretamente no lucro do produtor, são os novos hábitos de consumo das novas gerações, as quais consideram cinco fatores além do preço e qualidade de um produto, antes de comprá-lo, entre eles estão: segurança, comodidade, origem do produto, confiança e reputação da marca.

1.1 *Objetivos*

Entendendo a importância do controle e monitoramento bovino, e a transparência na cadeia de produção, este estudo tem como finalidade desenvolver uma solução que permita ao usuário visualizar e analisar dados que possibilitem o planejamento, desenvolvimento e estudo de rebanhos, portanto não implicará a este induzir utilização de estratégias reprodutivas.

Para que o objetivo geral seja concluído, torna-se necessário o cumprimento de objetivos:

- Compreender os dados utilizados para estudos voltados à genética bovina.
- Criar uma estrutura de visualização prática que demonstre todas as conexões genéticas de um bovino.
- Desenvolver uma arquitetura flexível, que possa gerar informações relevantes ao produtor com o mínimo de dados fornecidos.
- Permitir acesso ao consumidor final de todo processo que determinado produto sofreu.
- Conduzir a análise dos resultados obtidos em um ano e três meses de coleta de dados, em uma pequena propriedade em Minas Gerais.

Ao final do estudo, espera-se gerar uma solução tecnológica que sirva de base para novos estudos, e que se prove de fácil adesão por parte dos produtores rurais.

O estudo está estruturado para apresentar uma visão abrangente do tema abordado. Na Seção 2, são descritos os procedimentos metodológicos utilizados, enquanto a Seção 3 discute o referencial teórico que fundamenta o trabalho. A Seção 4 detalha a aplicação prática e os passos executados na pesquisa. Em seguida, a Seção 5 apresenta os principais achados e suas análises. Por fim, a Seção 6 sintetiza as contribuições do estudo, suas limitações e perspectivas futuras.

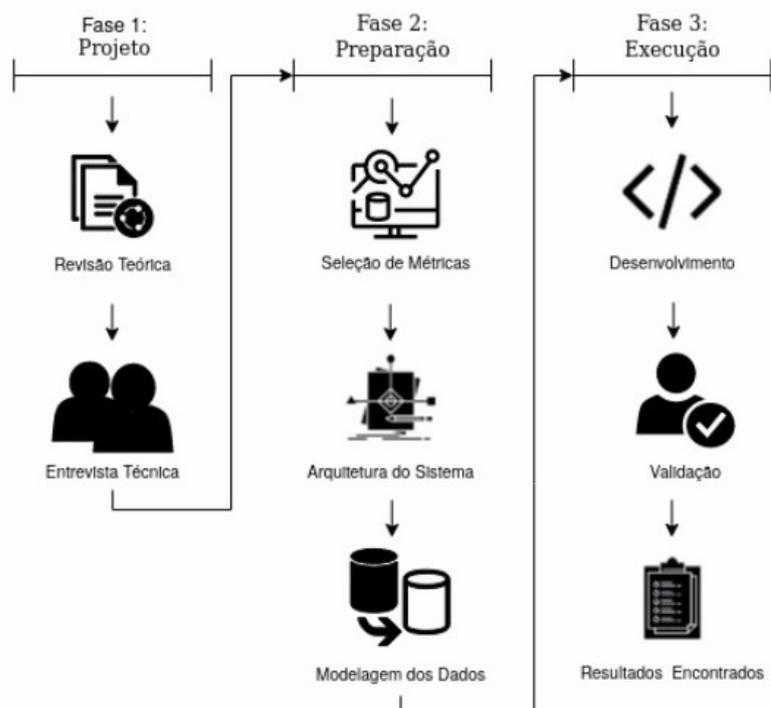
2 **METODOLOGIA**

Este trabalho adota o método hipotético-dedutivo, conforme proposto por Karl Popper (1975), explorando uma solução potencial que é submetida a critérios fundamentados na literatura para avaliar sua viabilidade. A coleta de dados foi realizada por meio do acompanhamento de um pequeno rebanho bovino composto por animais da raça Nelore e mestiços.

Para maior clareza sobre a condução da pesquisa, a metodologia é ilustrada na Figura 2, dividida em três etapas principais, com subdivisões que detalham as tarefas realizadas. Na primeira etapa, foi conduzida uma revisão teórica para assegurar que todo o conteúdo produzido estivesse embasado em estudos de referência. Além disso, foi realizado um levantamento técnico com um pecuarista experiente, com mais de três décadas de atuação e sem o uso de

sistemas tecnológicos, visando compreender as barreiras tecnológicas existentes. As etapas subsequentes detalham o processo de desenvolvimento e validação da solução proposta.

Figura 2: Metodologia



Fonte: elaborado pelo autor

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O melhoramento genético, ou reprodução seletiva, é uma prática que pretende não apenas preservar características desejáveis em uma população, mas também eliminar aquelas indesejáveis. No caso da pecuária voltada ao mercado alimentício, como a criação de bovinos, os processos sistemáticos de seleção e acasalamento são planejados visando manter e aprimorar atributos específicos, tais como a tempo até o abate, maciez da carne, qualidade do leite, temperamento dos animais, entre outras. Sendo escolhidas segundo as demandas do mercado e o planejamento estratégico do produtor. Ao longo das últimas décadas, essa prática tem demonstrado resultados expressivos, melhorando a produtividade, saúde e eficiência reprodutiva dos rebanhos (Rosa et al. 2013).

3.1 Adaptabilidade e resistência

Para (Rosa et al. 2013), aptidões fenotípicas de um animal pode ser expressas em uma equação, onde o fenótipo (P) é o resultado das interações do genótipo (G) e ambiente (E) em que o animal vive.

$$P = G + E + G * E \quad (1)$$

Com isso, pode-se dizer que a adaptação do animal no ambiente, tem influência direta em seu desenvolvimento, tão relevante quanto a sua genética. Uma estratégia de reprodução seletiva que desconsidera o ambiente no qual o animal está inserido, está propensa a situações semelhantes ao caso do gado 'Pé-Duro' (*Origem, formação e conservação do gado Pé-Duro, o bovino do Nordeste brasileiro* 2010).

O mapeamento genético traz consigo a possibilidade de mitigar prejuízos por falta de adaptabilidade, (Rolf et al. 2014), explicita em seu estudo, um caso onde diversos produtores norte americanos aderiram a tecnologias de monitoramento genético, para mapear e eliminar de suas fazendas, características genéticas indesejáveis, como doenças hereditárias.

3.2 Heterose

Outro ponto relevante na literatura sobre melhoramento genético é o uso de cruzamentos controlados para maximizar a heterose (ou vigor híbrido). Na tentativa de melhor explicar heterose, Barbosa (2004), assim a definiu: "Heterose é a superioridade, para uma característica, dos animais cruzados em relação à média das raças paternas [. . .]". Menezes expressa heterose como uma equação matemática, onde a porcentagem de heterose (H) é igual à média da progênie(F1) menos a média dos pais (P), divididos por (P), multiplicado por 100, obtendo então a seguinte expressão:

$$H = (F - P)/P * 100 \quad (2)$$

De acordo com (Sheridan 1981), o cruzamento de linhagens geneticamente distintas pode gerar descendentes com características superiores, especialmente em termos de resistência e produtividade. A heterose é amplamente explorada em sistemas de produção de suínos e aves, onde o ganho de peso, conversão alimentar e robustez geral dos animais podem ser significativamente melhorados. A variabilidade genética em uma população é um fator crítico, ao determinar o potencial de resposta à seleção. Se a variabilidade for limitada, as melhorias genéticas também serão restritas (Lush 1943).

3.3 Adaptabilidade e resistência

Para (Rosa et al. 2013), aptidões fenotípicas de um animal pode ser expressas em uma equação, onde o fenótipo (P) é o resultado das interações do genótipo (G) e ambiente (E) em que o animal vive.

$$P = G + E + G * E \quad (3)$$

Com isso, pode-se dizer que a adaptação do animal no ambiente, tem influência direta em seu desenvolvimento, tão relevante quanto a sua genética. Uma estratégia de reprodução seletiva que desconsidera o ambiente no qual o animal está inserido, está propensa a situações semelhantes ao caso do gado 'Pé-Duro' (*Origem, formação e conservação do gado Pé-Duro, o bovino do Nordeste brasileiro* 2010).

O mapeamento genético traz consigo a possibilidade de mitigar prejuízos por falta de adaptabilidade, (Rolf et al. 2014), explicita em seu estudo, um caso onde diversos produtores norte americanos aderiram a tecnologias de monitoramento genético, para mapear e eliminar de suas fazendas, características genéticas indesejáveis, como doenças hereditárias.

3.4 Herdabilidade

Buscando quantificar a capacidade de um progenitor passar suas características para sua prole, (Falconer e Mackay 1996) propõe que o conceito de herdabilidade (h^2) possa ser expresso como o resultado da variância aditiva (σ_a^2) dividido pela variância fenotípica (σ_p^2), obtendo então a seguinte fórmula:

$$h^2 = \sigma_a^2 / \sigma_p^2 \quad (4)$$

Ao submeter os dados da espécie em análise nesta fórmula, pode-se encontrar resultados entre 0 e 1, conforme apresenta a Tabela 1:

Tabela 1: Intervalo de h^2

Valor	Herdabilidade
$h^2 < 0.1$	Baixa
$0.1 \leq h^2 < 0.3$	Moderada
$h^2 \geq 0.3$	Alta

Através do resultado desta pesquisa derivam diversos estudos, entre eles, aqueles que apontam que mesmo animais de mesma espécie, com raças diferentes, possuem capacidade de herdabilidade completamente diferentes como aponta (*Cartilha do Touro - Orientações para seleção de touros comerciais* 2024). Conforme é demonstrado da Figura 3.

Figura 3: Herdabilidade em gado leiteiro

Característica	Herdabilidade		
	Gir	Guzerá	Holandês
Produção de leite	0,26	0,31	0,25
Produção de gordura	0,19	0,23	0,25
Produção de proteína	0,19	0,18	0,22
Produção de sólidos totais	0,17	0,25	—

Fonte: Embrapa

4 DESENVOLVIMENTO

Após o estudo da literatura utilizada como base à solução, foram conduzidas interações para levantamentos de requisitos, entendido que o sistema deverá ser modular. Sendo possível gerar métricas mesmo com o baixo número de dados inseridos, a solução se adéqua à realidade do produtor, não se fazendo necessário um elevado investimento inicial.

- Apresentar a média de todos os progenitores de um animal.
- Auxiliar o produtor em sua tomada de decisão, em relação à estratégia escolhida.
- Ilustrar a árvore genealógica, de todos os progenitores de um animal.
- Possibilitar modelos de cadastro de dados flexível.

As entradas de dados seguem a literatura apresentada na secção 3, e serão inscritas no software a depender dos equipamentos que o produtor possui. Na Tabela 2 é possível ver a relação dado de entrada / dado de saída.

Tabela 2: Métricas a serem observadas.

Característica	Critério	Instrumento
Crescimento	Peso ao nascer	Balança
Crescimento	Peso maternal e a desmama	Balança
Crescimento	Peso ao sobreano	Balança
Crescimento	Peso adulto	Balança
Morfológica	Temperamento	—
Reprodutiva (fêmea)	Duração da gestação	Ultrassom e Calendário
Reprodutiva (fêmea)	Idade ao primeiro parto	Calendário
Reprodutiva (fêmea)	Intervalo entre partos	Calendário

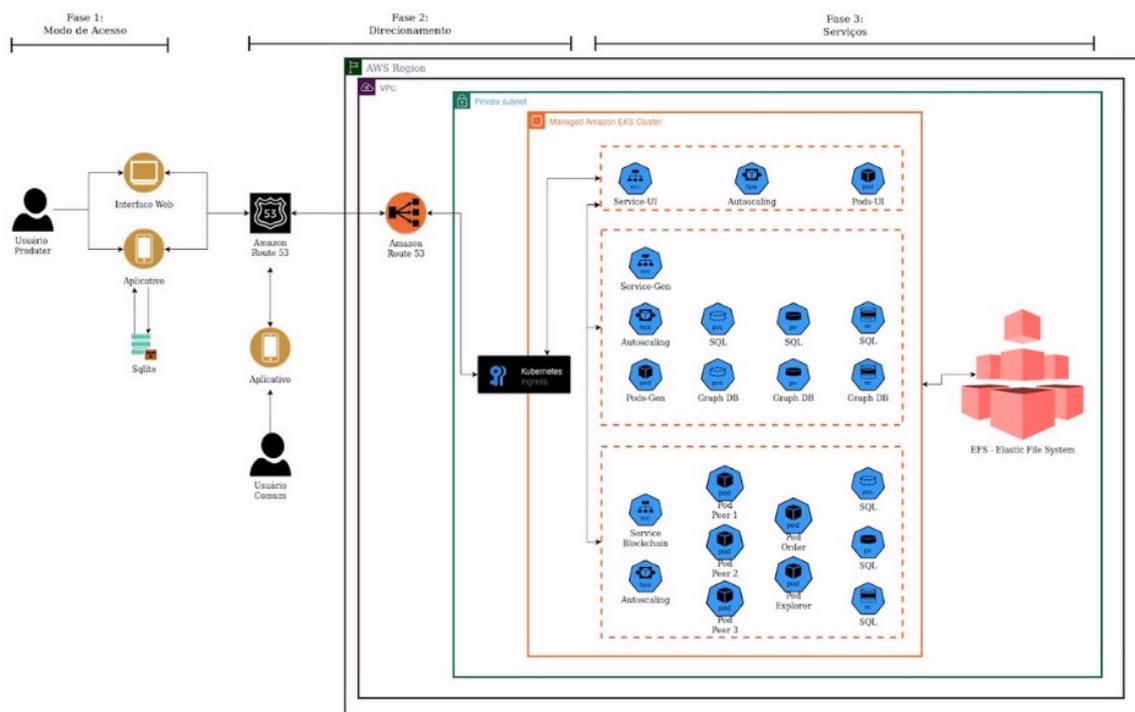
4.1 Modelo desenvolvido

Para validar corretamente a hipótese de que o produtor possa entender seu rebanho através da correta visualização da árvore genealógica de seu rebanho, foi necessário desenvolver um sistema que consiga expor dados ao produtor de forma facilitada e intuitiva.

O sistema foi planejado para funcionamento inteiramente online, em uma arquitetura cliente-servidor, promovendo acesso contínuo e atualizado dos dados, através do uso de APIs REST desenvolvidas em Java e consumida pela interface web, conforme apresenta a Figura 4.

Buscando a melhor compreensão, a Figura 4, exemplifica, de maneira visual, a arquitetura do sistema, dividida em três partes: modo de acesso, direcionamento e serviços. Para fins demonstrativos, o modelo que será apresentado foi pensado para uma implementação na plataforma Amazon Web Services (AWS).

Figura 4: Arquitetura do sistema GenSelector.



Fonte: elaborado pelo autor

A solução tem dois tipos de usuários: o produtor, que terá total controle dos dados da propriedade que lhe pertence, como animais e ambientes, e o consumidor, que terá acesso apenas à leitura dos dados referentes aos animais a ser consumido.

No contexto do produtor, são utilizadas outras formas de interação, a começar pelo login que se torna necessário antes de ter acesso às informações da propriedade, neste contexto, fez necessário a utilização de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD), acessado pela API Rest. No que tange as interações entre animais, é utilizado um banco não relacional em

grafo, o qual será melhor abordado na Secção 2.3.2 Informações sobre animais.

Para o consumidor poder ter acesso às informações relativas ao rastreamento do animal, não será necessário login. Espera-se que, dessa forma, o usuário verifique os dados de forma prática. Esse tipo de usuário terá contato com a interface que consumirá os dados públicos dos animais. Contextualização e maior detalhes sobre forma de aplicação serão melhor descritas na Secção 2.3.3 Segurança e rastreabilidade.

4.1.1 Coleta e integração dos dados

Durante o levantamento técnico realizada com o produtor, foi dito que uma das técnicas de marcação de rebanho mais difundida no Brasil é o uso dos brincos de identificação fixados às orelhas dos animais. Segundo ele, por conta da facilidade no manejo, menor estresse ao animal em relação a outras formas de marcação, como a marcação a fogo, sendo essas formas descritas por (*Identificação e Registro de Animais 2024*).

Este tipo de marcação, em sua maioria, possui dois tipos de informações, uma numeração e a identificação do proprietário, conforme demonstra a Figura 5.

Figura 5: Identificação sugerida.



Fonte: Retirada da internet

Pensando em melhor viabilizar a solução, é necessário definir o que é um pequeno produtor, para que assim a solução possa melhor o atender, segundo (Santa Maria 2024) um pequeno produtor é aquele que produz até 999 bovinos anuais. O que implica que o formato de identificação deve suportar minimamente 999 identificadores. Ao considerarmos a rotatividade do gado, onde são constantemente negociados, surge um problema sobre a reutilização de brincos, pois números acima da casa das centenas não são facilmente encontrados em pronta entrega, em geral, precisam de personalização, o que pode aumentar expressivamente preço.

Torna-se necessário, então, a criação de uma estrutura que permita a reutilização de brincos, sem que os dados dos animais passados, sejam perdidos, dessa forma o animal receberá um ID na solução seguindo o padrão:

Número do brinco + repetições

Assim fica de responsabilidade do usuário, a coleta e inserção dos dados, para a aplicação poder melhor atendê-lo. Ressalta-se que para cadastro de um animal na solução é exigido apenas a numeração do brinco e o ID do ambiente a qual o animal pertence, sendo o restante de dados opcionais. Desta forma retira a obrigatoriedade do uso equipamentos de medição, como as balanças e máquinas de ultrassom, com essa medida, espera-se que a barreira de utilização da solução seja menor.

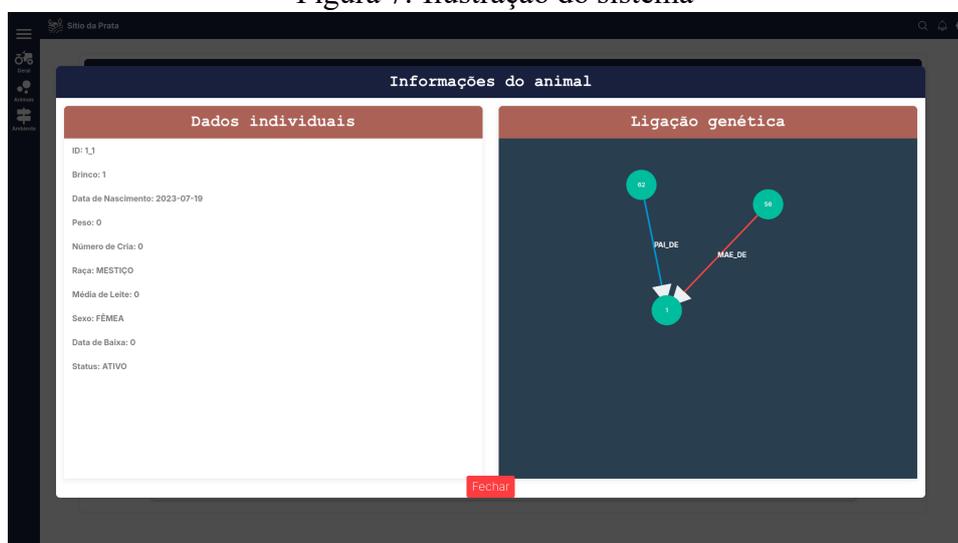
O início da coleta de dados se deu em 22/08/2023, onde foi realizado o cadastro de 20 animais, entre eles vacas, bezerros e um touro. Nesta coleta, foram capturados sobre a numeração, ligação genética entre os indivíduos e as datas de nascimento dos animais da segunda geração. Na Figura 6 veja um exemplo do cadastro de uma vaca (primeira geração) e sua bezerra (segunda geração), em sequência veja sua representação no sistema na Figura 7.

Figura 6: Primeiro grupo de animais



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 7: Ilustração do sistema

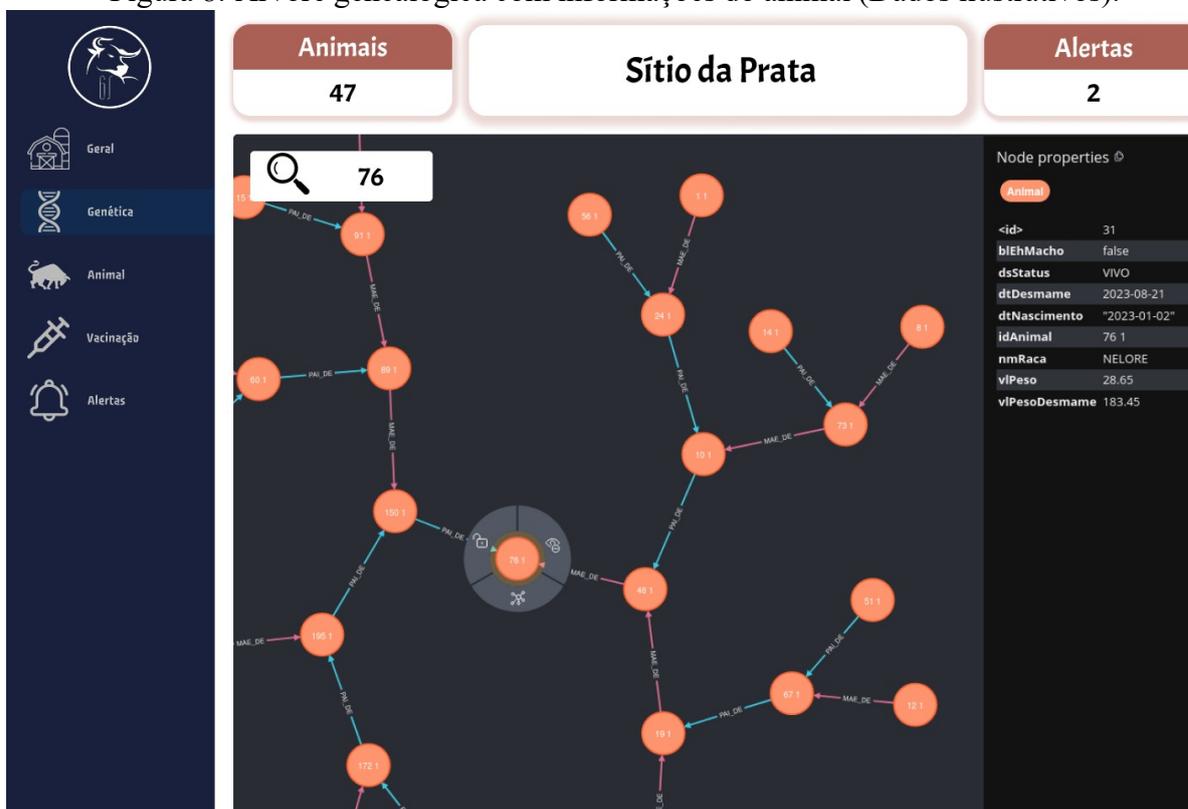


Fonte: elaborado pelo autor

Para representar as diversas interações, em multi-níveis entre vários animais, notou-se que um banco SQL, não era o mais indicado, (Penteado et al. 2014), em seu estudo sobre banco de dados em grafos, destaca que o grafo multi-relacional permite múltiplas relações, além de uma aresta poder ser direcionada. Com isso, cada objeto passa a ser representado por um vértice, seja ele animal, medicamento ou ambiente e suas interações tornam-se arestas.

O usuário deverá utilizar o número de identificação relativo ao brinco do animal para interagir junto ao sistema, podendo assim consultar cada um das métricas anteriormente apresentadas, caso a sua propriedade possua os equipamentos necessários para a correta medição dos mesmos. A Figura 8 demonstra como é feita a apresentação dos dados, referentes aos animais previamente apresentados(001 e 056), a seta rosa representa a ligação materna que há entre os dois exemplares.

Figura 8: Árvore genealógica com informações do animal (Dados ilustrativos).



Fonte: GenSelector

4.1.2 Dados ambiente

Ciente do ocorrido com o 'gado pé duro' e da influência que o animal sofre em relação ao ambiente, no que tange as suas características fenotípicas, torna-se necessário buscar compreender as características climáticas a qual o animal será inserido.

O produtor poderá utilizar as informações relacionadas ao ambiente, em auxílio na escolha da raça predominante em seu rebanho a depender das características climáticas a qual seu gado estiver inserido. As indicações considerarão dois fatores, climático, através da localização da propriedade, e finalidade, onde o produtor informará qual seu objetivo de produção, carne, leite ou dupla aptidão, conforme pode ser visto na Figura 9.

Figura 9: Raças recomendadas.



The image shows a web interface for breed selection. At the top, a blue header contains the text "Raças recomendadas". Below this, there are two dropdown menus: "Clima:" with "Tropical" selected, and "Atividade:" with "Corte" selected. A green "Pesquisar" button is positioned below the second dropdown. A second blue header, also labeled "Raças recomendadas", is located below the search area. Underneath, a list of breed names is displayed: Nelore, Brahman, Indubrasil, Guzerá, and Gir. A mouse cursor is visible over the "Guzerá" entry.

Fonte: GenSelector

5 RESULTADOS

Após um ano e três meses de início do monitoramento do rebanho, possibilitam-se as primeiras análises sobre a solução, esta secção será dividida em duas partes, para apresentar os dados obtidos durante esse tempo de captura e a avaliação do produtor.

5.1 *Dados obtidos*

O estudo iniciou com 27 animais cadastrados, até o momento estão presentes 56 animais conforme mostra a Figura 10, com uma taxa de crescimento de 1,9 animais por mês, nenhum dos animais foram vendidos, entretanto, houve a perda de dois animais os quais não foram registradas por uma falha na comunicação com o produtor.

Figura 10: Crescimento do rebanho



Fonte: elaborado pelo autor

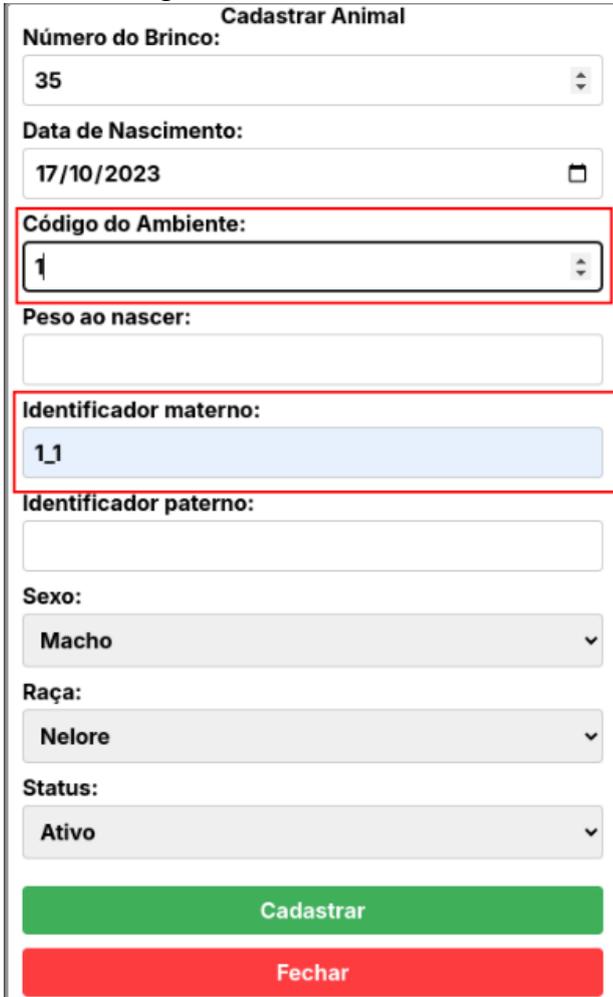
5.2 Considerações

Após um ano do início do acompanhamento do rebanho, feito pela aplicação, foi realizado um segundo levantamento buscando entender quais forma os desafios enfrentados na usabilidade, e quais pontos positivos destacáveis.

O primeiro ponto levantado, foi que em menos de um mês, o cadastro dos dados deixaram de ser feitos na aplicação e passou a ser feita no papel, alegando que na propriedade não havia computador e que precisava anotar em um papel e ao chegar em casa anotar no sistema, isso dificultou muito o uso, com suas anotações em mãos, foram feitos todos os registros na aplicação.

Durante o processo de cadastro em massa de dados, sentiu-se extremamente nervoso pelo fato de que durante o cadastro de um animal, não ha uma forma facilitada de escolha do ambiente e de cadastrar os animais os quais os progenitores eram conhecidos e a utilização da sequência de teclas [Shift] + [-] para construção do ID, conforme mostra a Figura 11, estes foram fatores que atrapalharam a usabilidade da solução.

Figura 11: Cadastro animal



Cadastrar Animal

Número do Brinco:
35

Data de Nascimento:
17/10/2023

Código do Ambiente:
1

Peso ao nascer:

Identificador materno:
1_1

Identificador paterno:

Sexo:
Macho

Raça:
Nelore

Status:
Ativo

Cadastrar

Fechar

Fonte: elaborado pelo autor

Após o término do cadastro, analisando os dados da página geral, foi levantado uma discussão sobre a quantidade elevada de fêmeas presentes em uma propriedade voltada ao gado de corte, já que nesse tipo de atividade comumente o rebanho é predominante de machos. Ressaltou-se também que a visualização em grafo proporcionada pela solução pode auxiliar no controle de cruzamentos endogâmicos³, conforme reportado pelo produtor. Estes resultados positivos reforçam a utilidade da visualização de dados para o manejo genético⁴.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Ao final do estudo, pode-se dizer que os resultados obtidos no primeiro ano de implementação indicam que, embora a solução proposta tenha potencial para contribuir com o monitoramento genético do rebanho, ela ainda se encontra em estágio inicial, estando

³Endogamia ou consanguinidade é o método de acasalamento que consiste na união entre indivíduos aparentados, geneticamente semelhantes

⁴SOBREIRA, Gustavo. Apresentação TCC. YouTube, 3 dez. 2024. Disponível em: <https://youtu.be/UbGS-hbZ1XE>. Acesso em: 3 dez. 2024.

na segunda geração(P2) de animais acompanhados, está ainda não atingiu nem mesmo a maturidade sexual. Para uma melhor conclusão sobre este tema, julga-se necessário a análise dos dados da terceira geração(P3), onde os reflexos da solução se tornaram ainda mais visíveis.

A hipótese de que apenas com identificador e dados do ambiente seria possível gerar grande impacto no rebanho, apesar de se provar possível, não pode ser considerada eficiente, pelo fato de não conseguir medir a diferença dos resultados desempenhados por diferentes gerações. Neste sentido, a recomendação das raças utilizadas na propriedade, precisam de ser mais específicas, pois serão métricas mais específicas do que as utilizadas para que a escolha do gado seja assertiva.

No futuro, pretende-se integrar ao sistema o uso de um sistema blockchain, podendo levar ao criador e aos consumidores a confiança de que os dados referentes aqueles animais sejam verdadeiros e que não tenham sido alterados ao longo do tempo. Ampliar o expandir o número de produtores colaboradores para estudo, principalmente aqueles que pesem seus animais com frequência e/ou sejam produtores de leite. Focar na parte do acompanhamento visual da genética, ao ser notado uma grande facilidade de entendimento por parte do produtor. Além disso, pretende-se homologar o sistema, para poder ser amplamente difundido e disponibilizado em lojas de aplicativos. Algumas limitações da versão são: i) a complexidade do produtor interagir com a interface web, e ii) integrar o sistema em toda cadeia de produção.

Referências

- Beef Report - Perfil da Pecuária no Brasil* (2024). Recuperado em Outubro, 2024. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes - ABIEC. URL: <https://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2024>.
- Brito, E. (2010). “Um estudo sobre a subjetividade na mensuração do valor justo na atividade da pecuária bovina”. Recuperado em 2024-03-23 de www.teses.usp.br. Tese de dout. Ribeirão Preto: Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo. DOI: 10.11606/D.96.2010.tde-07012011-105511.
- Cartilha do Touro - Orientações para seleção de touros comerciais* (2024). Recuperado em Novembro, 2024. Embrapa. URL: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/149468/1/Cartilha-Touro.pdf>.
- Das, G. e R. Zebuínas (2023). *MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA Associação Brasileira dos Criadores de Zebu Regulamento do Serviço de Registro*. Recuperado em Outubro, 2024. URL: <https://www.abcz.org.br/common/uploads/secao/regulamento-29147065-regu-080408.pdf>.
- Falconer, D.S. e T.F.C. Mackay (1996). *Introduction to Quantitative Genetics*. 4th. Harlow: Addison Wesley Longman.
- Identificação e Registro de Animais* (2024). Recuperado em Outubro, 2024. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. URL: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/arquivos-publicacoes-bem-estar-animal/identificacao.pdf>.
- Lush, J. L. (1943). *Animal Breeding Plans*. 3rd. Iowa State College Press.
- Manual de orientações do SRGRZ* (2020). Recuperado em Outubro, 2024. Associação Brasileira dos Criadores de Zebu. URL: <https://www.abcz.org.br/common/uploads/secao/2925.pdf>.
- Moitinho, Fábio (2023). *Conheça Viatina-19, o bovino mais caro do mundo de US\$4,4 milhões*. Recuperado em Março, 2023. URL: <https://www.girodoboio.com.br/>

- noticias/conheca-viatina-19-o-bovino-mais-caro-do-mundo-de-us-44-milhoes.
- Origem, formação e conservação do gado Pé-Duro, o bovino do Nordeste brasileiro (2010). Recuperado em Outubro, 2024. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. URL: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/83449/1/Doc-208-Origem-Gado-Pe-Duro.pdf>.
- Penteado, R. R. et al. (2014). “Um estudo sobre bancos de dados em grafos nativos”. Em: *X ERBD - Escola Regional de Banco de Dados*.
- Rolf, M. M. et al. (2014). “Genomics in the United States beef industry”. Em: *Livestock Science* 166, pp. 84–93.
- Rosa, A. D. N. et al. (2013). *Melhoramento genético aplicado em gado de corte: Programa Geneplus-Embrapa*. URL: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/127707/1/Melhoramento-Genetico-livro-completo.pdf>.
- Santa Maria, Universidade Federal de (2024). “Classificação de Pecuaristas no Brasil”. Em: *Revista de Gestão e Tecnologia* 24.1. Recuperado em Outubro, 2024, pp. 1–20. URL: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/download/16940/pdf/87427#:~:text=%2D%20Pequeno%20pecuarista%3A%20possui%20de%201,de%207.999%20cabe%3%A7as%20de%20gado..>
- Sheridan, A. K. (1981). “Crossbreeding and heterosis”. Em: *Animal Breeding Abstracts* 49, pp. 131–144.
- Tosta Neto, A. F. (2021). “A importância da escrituração zootécnica em bovinos de leite e corte registrados”. Em: *Gestão Pecuária* 10.