



GUSTAVO SOBREIRA PINTO¹

JESSICA FACIROLI²

TASSIO FERENZINI MARTINS SIRQUEIRA³

Rastreamento e Controle na Produção de Bovinos

Tracking and control in cattle production

ARTIGO 2

20-32

¹ Aluno de Bacharel em Sistemas de Informação, Centro Universitário Academia (UniAcademia), Juiz de Fora, MG. E-mail: gustavosobreira1@gmail.com

² Professora na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, RJ. E-mail: jessicafacirolimb@gmail.com

³ Professor no Centro Universitário Leonardo da Vinci (Uniasselvi) e na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Indaiá/Rio de Janeiro, SC/RJ. E-mail: tassio@tassio.eti.

Resumo: A evolução da pecuária e a crescente demanda de mercado por produtos de alta qualidade, é importante adotar um controle mais eficiente e preciso do rebanho bovino. A liquidez do mercado bovino exige que as características dos animais atendam às expectativas dos consumidores e às normas de qualidade. Neste sentido, esta pesquisa propõe um sistema para que pecuaristas tenham um controle mais detalhado e preciso de seus rebanhos, utilizando um banco de dados em grafo para armazenar informações genealógicas dos animais. O sistema busca aprimorar o gerenciamento e rastreamento do rebanho. Adicionalmente, incorpora a tecnologia blockchain para registrar todas as etapas, desde a criação até a comercialização dos animais, garantindo transparência e rastreabilidade. O sistema desenvolvido oferece uma plataforma integrada que permite aos pecuaristas monitorarem, de forma eficiente, a genealogia e a qualidade do rebanho, desde o nascimento dos animais até a venda final. Com a utilização de bancos de dados em grafo e blockchain, é possível aumentar a qualidade e o controle dos produtos pecuários, assegurando um acompanhamento detalhado e confiável de todo o ciclo de vida dos animais, da criação à comercialização.

Palavras-chave: Pecuária. Rebanho. Bovino. Controle. Blockchain.

Abstract: The evolution of livestock farming and the increasing market demand for high-quality products, adopting more efficient and precise cattle herd management is necessary. The liquidity of the cattle market requires that animal characteristics meet consumer expectations and quality standards. This study proposes an innovative system to enable cattle farmers to have more detailed and accurate control over their herds. By utilizing a graph database to store genealogical information about the animals, the system aims to improve herd management and tracking. Additionally, it incorporates blockchain technology to record all stages, from breeding to commercialization, ensuring transparency and traceability. The developed system provides an integrated platform that allows farmers to efficiently monitor the genealogy and quality of their herds, from the animals' birth to their final sale. By using graph databases and blockchain, it is possible to enhance the quality and control of livestock products, ensuring detailed and reliable tracking of the animals' entire lifecycle, from breeding to commercialization..

Keywords: Livestock. Herd. Cattle. Control. Blockchain..

INTRODUÇÃO

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 (Moitinho, 2023). A vaca de apenas 53 meses já havia se tornado destaque na mídia aos 39 meses, onde 50% de sua cota de participação é 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 levar em consideração 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: i) a capacidade reprodutiva, que inclui não apenas a quantidade de crias, mas também a qualidade das mesmas; ii) o desenvolvimento do animal onde observa-se o tempo para seu apogeu em peso e tempo para maturidade; iii) por fim, a conservação que busca quantificar 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 é o caso da Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ). Sendo uma de suas iniciativas de maior relevância o Programa de Melhoramento Genético de Zebuíños (PMGZ), o qual faz o registro genealógico (RG) destes animais, e os classifica de acordo com seu pedigree, visando o monitoramento genético (Brasil, 2023). A referida forma de controle, garante acompanhamento de várias características supracitadas, 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).

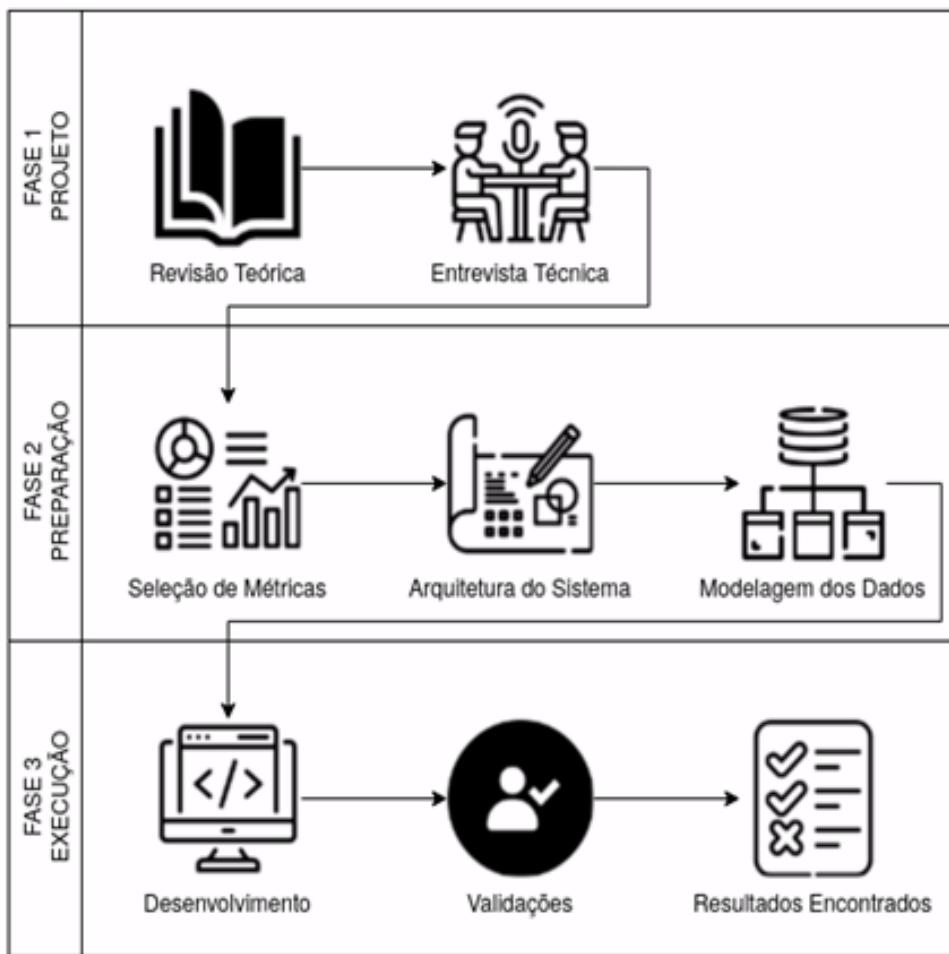
O controle por parte destes produtores torna-se dificultada, assim como a adequação às demandas de mercado, o presente trabalho busca desenvolver um sistema (denominado GenSelector) que monitore bovinos, utilizando um banco de dados em grafo e rastreabilidade de produtos advindos destes animais, através do uso da tecnologia blockchain, com isso alavancar a produção, sem a necessidade do aumento na área de produção, reduzindo assim o desmatamento.

Além da introdução, o trabalho apresenta, na seção 2, o referencial teórico como um arco-bouço da solução. Na seção 3, é apresentada uma abordagem metodológica aplicada à solução proposta. Já na seção 4, é exposta a arquitetura do sistema, tanto a aplicação web, quanto o aplicativo desenvolvido, advindos deste trabalho, assim como as análises de resultados, por fim, são na seção 5, são apresentadas as considerações finais, limitações e trabalhos futuros.

REFERENCIAL TEÓRICO

Na Figura 1, é apresentada a forma de elaboração do projeto, dividido em três etapas, com demonstrando subdivisões a cada tarefa realizada. Na primeira etapa, é uma revisão técnica com os conhecimentos na área a fim de entender as dificuldades enfrentadas diariamente pelos pecuaristas. As etapas subsequentes, buscam elucidar o processo de desenvolvimento e validação do software.

Figura 1. Fases da Elaboração do Estudo



Fonte: os autores.

Todo material empírico e teórico utilizado no presente trabalho é filtrado, utilizando-se os seguintes parâmetros: i) estudo que possuem no mínimo de 15 anos; ii) possuem alto nível de confiança; iii) escritos em português ou inglês; iv) publicados em plataformas acadêmicas.

Realizando uma síntese empírica e teórica, o melhoramento genético, é dividido em etapas, como criação, seleção e reprodução de animais, a fim de manter determinadas características, englobando idade de primeiro parto (fêmea), perímetro escrotal (macho), maciez da carne, altura, temperamento, dentre outros. Características selecionadas de acordo com o objetivo do produtor (Rosa *et al.*, 2013).

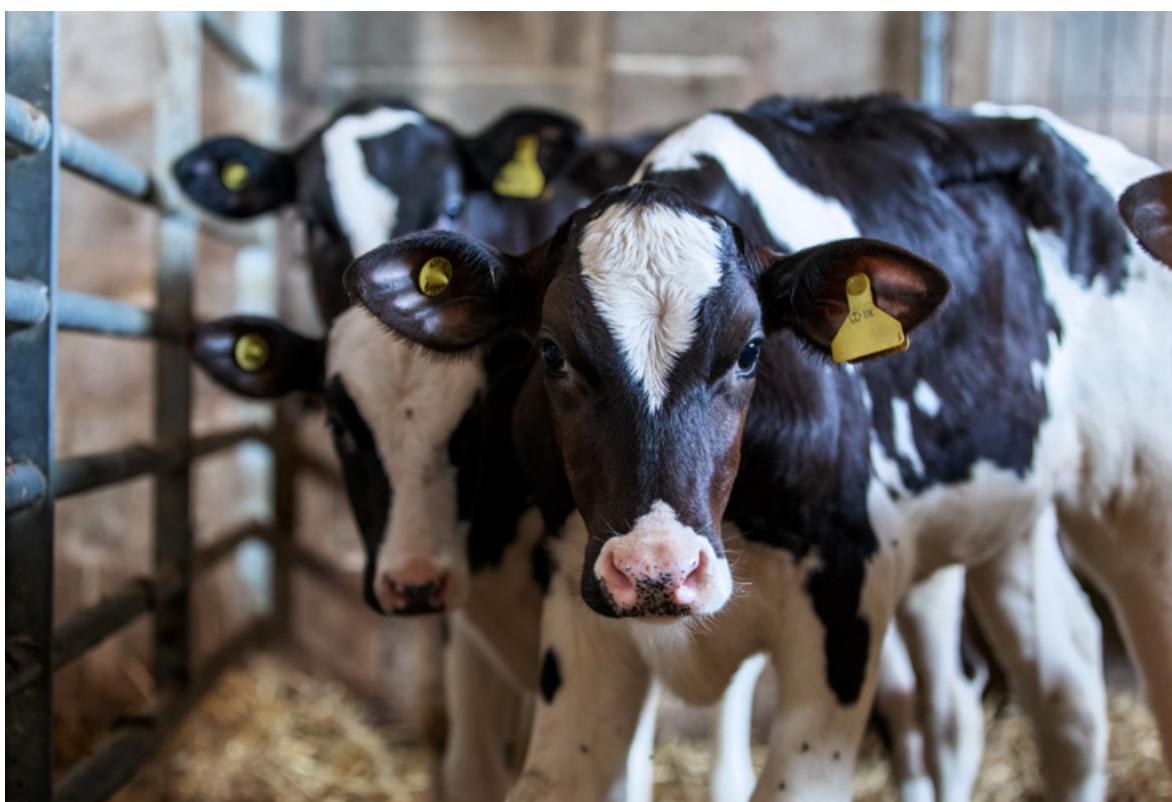
Para Rosa *et al.* (2013), as características fenotípicas podem ser expressas em uma equação, onde o fenótipo (P) é o resultado das interações do genótipo (G) e ambiente (E) em que o animal vive, representado como:

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

As características fenotípicas apresentadas em um animal, possui influência de mesmo peso entre os progenitores e o ambiente em que está inserido. Pensando em medir a eficiência da solução, é utilizado o conceito de diferença esperada de progénie (DEP), tal conceito busca por meios estatísticos, apontar

a capacidade de um bovino difundir seus aspectos para determinada característica (De Abreu, 2017). Entretanto, para Rolf (2024), o monitoramento não se prende em manter características, baseando em diversos produtores norte-americanos em que aderiram a tecnologias de monitoramento genético, para mapear e eliminar das fazendas, características genéticas indesejáveis, como doenças hereditárias.

Uma pesquisa feita por Groher (2020) ressalta que a adesão a tecnologias para pecuária está fortemente ligada à ordenha, destacando que apenas 10% dos produtores possuem algum tipo de gerenciamento de rebanhos. Para Lima (2018), a pecuária brasileira possui grau intermediário na gestão de técnicas genéticas, com uso de tecnologias. Em um trabalho desenvolvido por Kampan (2022), é proposto um sistema no qual toda a cadeia de produção na pecuária, adote um sistema distribuído, utilizando blockchain, com isso o consumidor tem dados sobre bem-estar animal, dados sobre o processo de embalagem e certificação de qualidade, assim como informações de validade, dentre outros.



METODOLOGIA

No presente estudo, é criado um sistema modular, o qual gera métricas mesmo sem o input de todos os dados, dessa forma, a solução se adequa à realidade do produtor. Toda forma de medição, apresentada na Tabela 1, advém da revisão teórica supracitada. Dessa forma, com base nas características apresentadas, é gerado o DEP de um animal para cada ponto de avaliação.

Tabela 1. Características, Critérios e Instrumento para o Produtor de Bovinos

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	--
Morfológica (fêmea)	Produtividade	Balança
Produto	Ultrassonografia AOL	Ultrassom
Produto	Maciez de carne	Ultrassom
Reprodutiva (fêmea)	Idade ao primeiro parto	Calendário
Reprodutiva (fêmea)	Intervalo entre partos	Calendário
Reprodutiva (fêmea)	Duração da gestação	Calendário
Reprodutiva (macho)	Perímetro escrotal	Fita métrica

Fonte: os autores.

Para a análise, o sistema tem um controle bovino, a qual apenas o produtor tem acesso, também tem o rastreamento, aberta a qualquer usuário. Para ambas as partes, foi utilizado um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD), o PostgreSQL, além do uso da Hyperledger Fabric. O Neo4j é a única forma de armazenamento exclusiva da parte de produção, pois está diretamente relacionada ao controle bovino.

A priori, o sistema é 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, consumida tanto pela interface web, quanto pelo aplicativo, conforme a Figura 2. Contudo, destaca-se a importância de garantir acessibilidade nos mais diversos cenários, uma vez que segundo dados de 2021 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), cerca de 25,3% dos domicílios rurais não possuem internet (Brasil, 2021).

Nesse sentido, o aplicativo possui o banco de dados Sqlite, que permite o uso offline da aplicação, pois armazena todas as ações feitas pelo usuário e as sincroniza após estabelecer conexão com a rede, além do mais o aplicativo é desenvolvido com uso de React-Native e Expo, a fim de ser multiplataforma. No mesmo contexto, o trabalho conta com uma interface web desenvolvida em React, e não possui acesso off-line.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para fins demonstrativos, o modelo é pensado para uma implementação na plataforma Amazon Web Services (AWS). A arquitetura do sistema, é dividida em três partes (Figura 2), a primeira explicita as plataformas de acesso de cada tipo de usuário; na segunda parte é demonstrado a forma de direcionamento das requisições; e a terceira parte ilustra como os serviços devem funcionar dentro do kubernetes, explicitando bancos que devem ser utilizados e local de armazenamento.

Para que o animal possa ser identificado dentro do sistema é necessário receber uma numeração. Existem duas formas populares de identificação do gado, uma através da marcação por ferro quente e outra, menos invasiva, a marcação pelo brinco. A solução propõe-se a atender aos dois tipos de marcação, para isso é desenvolvida uma forma de identificação interna, feita da seguinte forma, número da marcação adicionado as repetições.

Para garantir que o proprietário possa reutilizar o mesmo número, se necessário, pode inserir a quantidade de vezes que o número é utilizado ao ID do animal. É importante destacar que, mesmo com essa repetição, não é permitido marcar o mesmo número para animais vivos. Assim é de responsabilidade do produtor, a coleta e inserção dos dados, para que a aplicação possa melhor atendê-lo. Ressalta-se que para cadastro de um animal na solução é exigido apenas a numeração do animal, todos outros dados sendo opcionais, retirando a obrigatoriedade do uso equipamentos de medição, como é o caso das balanças e ultrassons, para atender o maior número de usuários.

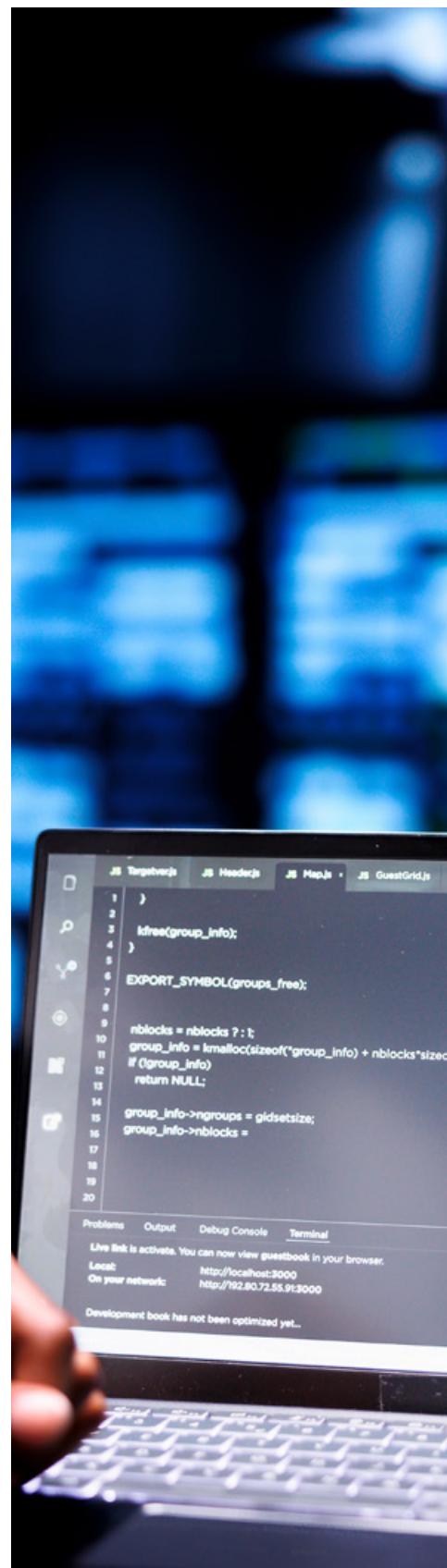
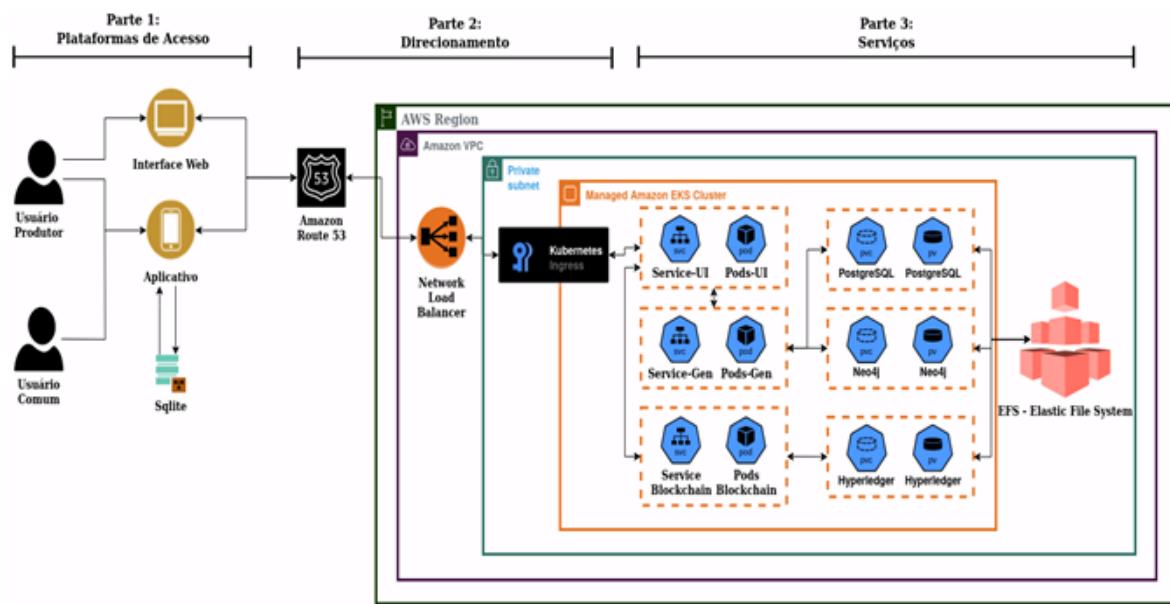


Figura 2. Arquitetura do Sistema



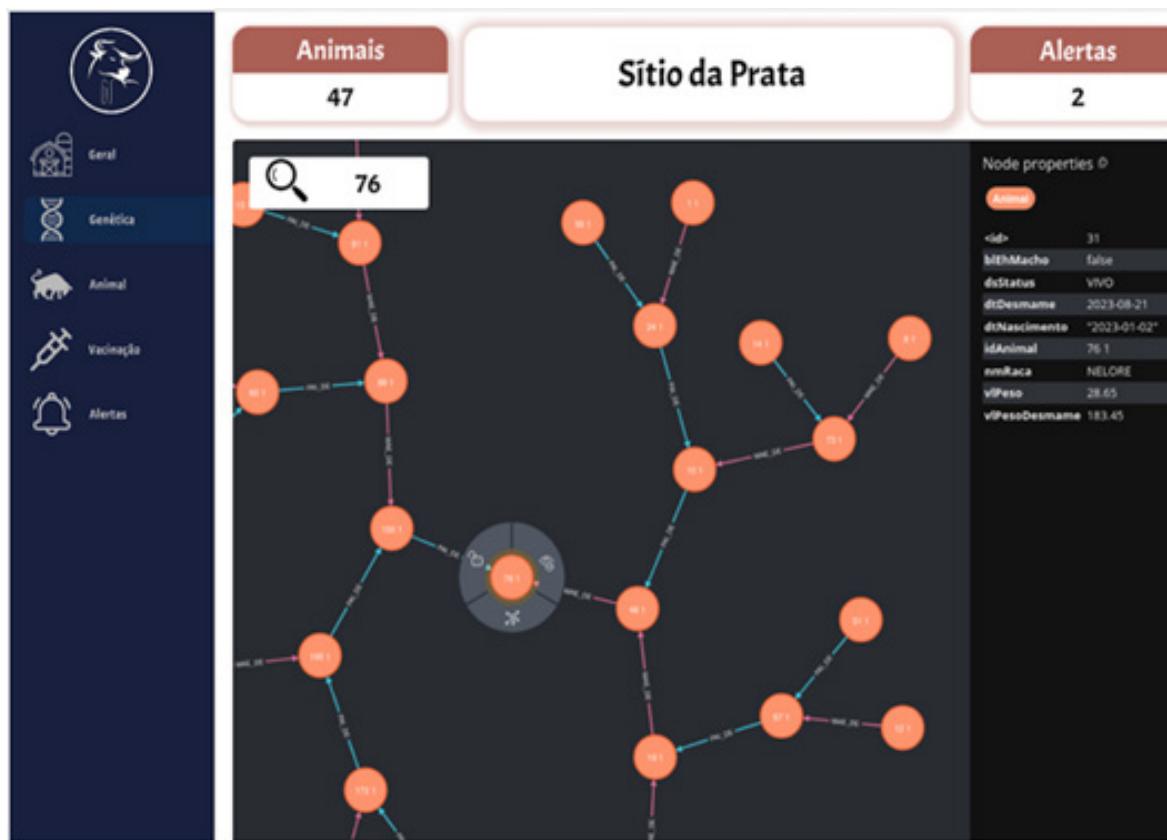
Fonte: os autores.

Para o sistema, são considerados dados de ambiente aqueles os quais não possuem ligação direta com o animal, por exemplo localização da propriedade, instruções de medicamentos, total de área preservada, entre outros. O SQL é utilizado quando há necessidade de conectar dados que não mudam com frequência e não adicionam valor à aplicação por si só, mas são importantes para a avaliação correta do animal. Rosa et al. (2013) consideram a mesma importância entre genética e ambiente, por isso, as informações geradas com estes dados são usadas para indicar raças mais adaptadas a determinadas condições climáticas e para determinadas atividades.

Há duas relações importantes para os medicamentos, o tempo de cobertura, que é utilizado pelo banco em grafo e, advertências de interação, para evitar o uso de medicamentos que possam causar danos ao animal quando tomados juntos. A inserção desses dados é realizada durante o cadastro de um novo usuário, assim como no cadastro de um novo medicamento. Os usuários terão permissão apenas para leitura.

Para representar as diversas interações, em multiníveis entre vários animais, notou-se, de acordo com Penteado et al. (2014), que um banco SQL não é o indicado, visto que em 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 animal, medicamento, ambiente e interações tornam-se arestas. É através da numeração dos animais que o produtor poderá interagir com a aplicação, podendo consultar todas as métricas anteriormente apresentadas (Figura 3).

Figura 3. Árvore Genealógica com Informações do Animal (dados ilustrativos)



Fonte: os autores.

Ligações de medicação devem conter dados referentes às datas de aplicação no animal, esta ligação deve ser desfeita, assim que a cobertura, ou tratamento do medicamento acabar, seguindo o modelo de grafo rotulado (Angles, 2012). Dados de cobertura, os quais estão disponíveis no SQL. Segundo o estudo desenvolvido pela Strategy (2021), os consumidores das gerações Z e Y, cinco fatores são considerados além do preço e qualidade de um produto, como saúde e segurança; serviços e cuidados pessoais; facilidade e conveniência; origem do produto; confiança e reputação. Ao adotar um sistema descentralizado, é relevante atentar a três destes pontos.

A indústria da produção bovina enfrenta desafios significativos relacionados à transparência, rastreabilidade e confiabilidade das informações ao longo da cadeia de suprimentos (Agrosuisse Serviços Técnicos e Agropecuários Ltda., 2020). Para abordar esses desafios, é desenvolvida uma blockchain privada, que garante imutabilidade e transparência dos dados. Isso visa melhorar a eficiência operacional e assegurar a autenticidade dos produtos, proporcionando maior credibilidade e confiança ao produtor, como destacado por (Barbosa, 2023).

O sistema de rastreabilidade é dividido em três etapas. Na primeira, é feita uma verificação de todas as ações do produtor em relação ao meio ambiente, tanto positivas quanto negativas, visando transmitir credibilidade ao consumidor final. Na segunda parte, o produtor deve adicionar as informações pertinentes a forma que este animal é criado, como cartão de vacinação do animal e informações sobre a forma de tratamento. A etapa de venda abrange diversos produtos, como venda do animal para outro criador, leite para um laticínio, ou o animal para abate. Por fim, a etapa de distribuição é crucial para garantir que o produto que deixou o campo tenha sido devidamente distribuído, sem alterações.

Durante o período de estudo (dez meses), a solução contou com a colaboração de 1 pecuarista, infelizmente não possui balança e nem aparelhos de ultrassonografia, o que impossibilitou medir algumas métricas. A coleta de dados começou com 20 vacas CL, já identificadas com numeração própria do local, todas alojadas em um pasto conhecido localmente como 'cachoeira'. Para essas vacas de primeira geração, podem ser registrados dados como as medicações aplicadas, intervalo entre partos, altura, e, no futuro, peso de abate ou venda.

Durante o tempo do estudo o produtor cadastrou 14 nascimentos, sendo 6 destes com mães cadastradas, no total nasceram 6 machos e 7 fêmeas, e animal um cujo proprietário não o encontrou, dado como morto e a vaca de identificação '93 1', teve adicionado em sua fixa, este evento, que pode ser útil, para alertar a possível hora de abate desse animal. Estes animais, por sua vez, comportam todas as consultas feitas à primeira geração, com adicional de dados de seus progenitores e data de nascimento, conforme a Figura 4 apresenta. O uso da blockchain como forma de inscrição genética, mostrou-se promissora, uma vez que exista uma marcação permanente no animal a blockchain pode ser usada para assegurar o pedigree do animal.

Figura 4. Apresentação do Sistema Real



Fonte: os autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de tecnologias avançadas, como bancos de dados em grafo e blockchain, são mecanismos para análise de cadeia produtiva bovina, especialmente no monitoramento genético e rastreabilidade. Ao oferecer uma solução integrada, como o sistema proposto neste estudo, é possível melhorar a eficiência do manejo, garantir maior transparência e atender às demandas crescentes por qualidade e sustentabilidade no setor pecuário. A plataforma desenvolvida se mostra uma ferramenta para otimizar a gestão de rebanhos e criar valor agregado para pecuaristas e consumidores.



Como trabalhos futuros pretende-se integrar melhor ao sistema o uso da blockchain, expandir o número de produtores para validação do produto e melhorar o sistema de notificação de alertas, o qual deverá notificar o produtor via WhatsApp e/ou e-mail e adicionar a compatibilidade com brincos rastreáveis, adicionando o monitoramento da localização em tempo real. Além disso, pretende-se homologar o sistema, para que possa 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

AGROSUISSE SERVIÇOS TÉCNICOS E AGROPECUÁRIOS LTDA. **A rastreabilidade da cadeia da carne bovina no Brasil:** Relatório final e recomendações. [S.l.]: Agrosuisse Serviços Técnicos e Agropecuários Ltda., [2024?]. Disponível em: https://www.coalizaobr.com.br/boletins/pdf/A-rastreabilidade-da-cadeia-da-carne-bovina-no-Brasil-desafios-e-oportunidades_relatorio-final-e-recomendacoes.pdf. Acesso em: 23 mar. 2024.

ANGLES, R. A comparison of current graph database models. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON DATA ENGINEERING WORKSHOPS, 28., 2012. **Proceedings** [...]. [S.l.]: IEEE, 2012. p. 171-177.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE ZEBU. **Manual de Orientações do SRGRZ.** [S.l.]: Associação Brasileira dos Criadores de Zebu, [2024?]. Disponível em: <https://www.abcz.org.br/common/uploads/secao/2925.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2024.

BARBOSA, R. R. A.; BRAGA, A. R.; GOMES, D. G. Aplicando Blockchain Hyperledger Iroha para Rastrear Mel de Abelha. In: WORKSHOP DE COMPUTAÇÃO APLICADA À GESTÃO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS (WCAMA), 14., 2023. **Anais** [...]. [S.l.: s.n.], 2023.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Internet já é acessível em 90,0% dos domicílios do país em 2021. **Agência de Notícias IBGE**, Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://agenciadeno-ticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/34954-internet-ja-e-acessivel-em-90-0-dos-domicilios-do-pais-em-2021>. Acesso em: 16 set. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Associação Brasileira dos Criadores de Zebu. **Regulamento do Serviço de Registro.** Brasília, DF: Ministério da Agricultura e Pecuária, 2024. Disponível em: <https://www.abcz.org.br/common/uploads/secao/regulamento-29147065-regu-080408.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2024.

BRITO, E. **Um estudo sobre a subjetividade na mensuração do valor justo na atividade da pecuária bovina.** 2010. 112 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2010. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/96/96133/tde-07012011-105511/publico/EduardodeBrito.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2024.

DE ABREU, J. V. **Efeito das medidas de diferença esperada de progénie na formação de preço de touros da raça nelore.** 2017. 162 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Programa de Pós-Graduação da Escola de Administração e Negócios, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2017. Disponível em: https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=5074861. Acesso em: 25 jun. 2025.

GROHER, T.; HEITKÄMPER, K.; UMSTÄTTER, C. Digital technology adoption in livestock production with a special focus on ruminant farming. **Animal**, v. 14, n. 11, p. 2404-2413, 2020.

KAMPAN, K.; TSUSAKA, T. W.; ANAL, A. K. Adoption of blockchain technology for enhanced traceability of livestock-based products. **Sustainability**, v. 14, n. 20, p. 13148, 2022.

LIMA, N. C.; DE SOUZA, G. H. S.; DE MIRANDA COELHO, J. A. P.; DE AGUIAR, J. E. Technological innovations in bovine genetics and management maturity of pecuarists. **Gestão & Tecnologia**, v. 18, n. 3, p. 67-90, 2018.

MOITINHO, F. Conheça Viatina-19, o bovino mais caro do mundo de US\$4,4 milhões. **Giro do Boi**, 21 jun. 2023. Disponível em: <https://www.girodoboi.com.br/noticias/conheca-viatina-19-o-bovino-mais-caro-do-mundo-de-us-44-milhoes>. Acesso em: mar. 2023.

PENTEADO, R. R.; SCHROEDER, R.; HOSS, D.; NANDE, J.; MAEDA, R. M.; COUTO, W. O.; HARA, C. S. Um estudo sobre bancos de dados em grafos nativos. In: ESCOLA REGIONAL DE BANCO DE DADOS, 10., 2014. **Anais** [...]. [S.l.: s.n.], 2014.

ROLF, M. M.; DECKER, J. E.; MCKAY, S. D.; TIZIOTO, P. C.; BRANHAM, K. A.; WHITACRE, L. K.; TAYLOR, J. F. Genomics in the United States beef industry. **Livestock Science**, v. 166, p. 84-93, 2014.

ROSA, A. D. N. et al. **Melhoramento genético aplicado em gado de corte**: Programa Geneplus-Embrapa. Brasília, DF: Embrapa, 2024. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/127707/1/Melhoramento-Genetico-livro-completo.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2024.

STRATEGY, A. The **impact of 5G on the European Economy**. [S.l.]: A. Strategy, 2021.

TOSTA NETO, A. F. **A importância da escrituração zootécnica em bovinos de leite e corte registrados**. 2021. 34 f. Monografia (Bacharelado em Medicina Veterinária) – Faculdade Metropolitana de Anápolis, Anápolis, 2021. Disponível em: <https://repositorio.faculdadefama.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/64/TCC-ALBERTO%20FERNANDES%20TOSTA%20NETO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 25 jun. 2025.