

Nutrilac: Aplicativo para Elaboração de Dietas de Bovinos de Leite

Deivid Duarte Nascimento
deivid.nascimento@engenharia.ufjf.br
Universidade Federal de Juiz de Fora
Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil

Maria Carolina da Silva Vita
mariacarolina.vita@estudante.ufjf.br
Universidade Federal de Juiz de Fora
Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil

Amália Saturnino Chaves
amalia.chaves@ufjf.br
Universidade Federal de Juiz de Fora
Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil

Marcos Paulo Priamo Ferreira
marcos.priamo@estudante.ufjf.br
Universidade Federal de Juiz de Fora
Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil

Alexandra Calda César de Faria
alexandra.faria@estudante.ufjf.br
Universidade Federal de Juiz de Fora
Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil

Luiz Maurílio da Silva Maciel
luiz.maurilio@ice.ufjf.br
Universidade Federal de Juiz de Fora
Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil

Brian Luís Coimbra Maia
brianluis@ice.ufjf.br
Universidade Federal de Juiz de Fora
Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil

Almira Biazon Franca
almira.biazon@ufjf.br
Universidade Federal de Juiz de Fora
Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil

Priscila Vanessa Zabala
Capriles Goliatt
capriles@ice.ufjf.br
Universidade Federal de Juiz de Fora
Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil

ABSTRACT

Animal nutrition is responsible for a large part of the expenses in a farm and, most of the time, it is neglected by producers, which leads to increased spending on unbalanced diets. Thus, the present work seeks to bring to small and medium-sized rural producers a mobile application capable of formulating the ration of dairy cattle in an easy and simple way, ensuring compliance with nutritional requirements and seeking a diet of minimal cost, from foods chosen by the user.

KEYWORDS

nutrição animal, aplicativo móvel, elaboração de dieta, custo mínimo

1 INTRODUÇÃO

A nutrição animal é responsável por 40% a 60% dos custos do sistema de produção e, na maioria das vezes, é bastante negligenciada pelos produtores [1]. Isso leva ao aumento de gastos com dietas desbalanceadas que não atingem a produtividade esperada, acarretando consequências econômicas no que tange a cadeia de produção animal. A alimentação e a nutrição estão intimamente relacionadas com a alta ou baixa produtividade, assim como a qualidade do produto final [6]. Visto isso, as dietas devem ser formuladas levando em consideração os aspectos intrínsecos do gado, visando analisar o que eles necessitam para melhorar sua produtividade. Em conjunto a isso, para minimizar impactos financeiros na gestão da fazenda, precisa-se adequar também aos valores dos alimentos disponíveis.

A pecuária leiteira no Brasil é considerada a terceira maior do mundo, sendo responsável, no ano de 2022, pela produção de mais de 34 bilhões de litros de leite [5] e a movimentação de mais de R\$ 80 bilhões [5]. Separando em regiões, no ano de 2021, o Sudeste foi

responsável por mais de 35% da produção de leite com inspeção no Brasil, principalmente no estado de Minas Gerais.

Com relação ao primeiro trimestre de 2024, que compreende desde janeiro até março, houve a produção no Brasil de mais de 6 bilhões de litros de leite [4]. De acordo com os dados do IBGE [3], 98% dos produtores rurais da pecuária leiteira realizam em média uma produção de 500L/dia de leite, ou seja, pequenos e médios produtores são responsáveis pela produção de aproximadamente 70% do leite fabricado no país. Com isso, é possível demonstrar o papel fundamental dos pequenos produtores dentro do PIB nacional e também por contribuir na geração de emprego para mais de 4 milhões de pessoas no país.

Dentro de um sistema de criação de gado de leite é fundamental entender o processo produtivo, mas também aprender a sincronizar a produção com a alimentação do gado. De modo geral, os bovinos necessitam de uma dieta que permita a sua nutrição e também que mantenha ou eleve a qualidade do leite produzido, de acordo com cada fase de vida do animal e com o modo de produção da propriedade [6]. Além disso, a alimentação desses animais no Brasil sofre grande sazonalidade devido às épocas de seca e das águas. Com isso, é benéfico ao produtor sempre se atentar aos alimentos fundamentais e disponíveis em determinado momento, buscando englobar o melhor custo-benefício e garantia da qualidade.

A maioria dos recursos disponíveis para a formulação de dietas para bovinos de leite, são pagos e possuem conteúdos com abordagem mais técnica, dificultando o entendimento e execução das dietas dentro do cotidiano do produtor rural. Por se tratar de soluções comerciais, essas soluções alternativas não serão listadas neste trabalho. Dada essa realidade, este projeto de extensão apresenta o aplicativo Nutrilac que visa permitir que pequenos e médios produtores tenham acesso a informações mais completas e acessíveis sobre a nutrição do gado leiteiro. Com base nas informações sobre os animais e nos alimentos disponíveis, a ferramenta determina uma dieta de custo mínimo de modo a garantir o atendimento das necessidades nutricionais dos animais. O aplicativo permite ao produtor editar os valores dos alimentos e a geração de relatórios das dietas. Além disso, foi desenvolvido para ser intuitivo e funcionar

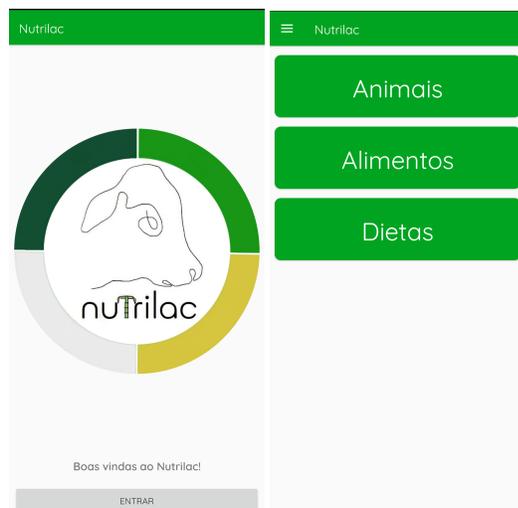


Figura 1: Tela inicial do aplicativo (à esquerda) e menu principal (à direita).

sem a necessidade de conexão com a internet. Portanto, o aplicativo tem o objetivo de trazer uma maior acessibilidade aos pequenos e médios produtores, na formulação de dietas personalizadas de bovinos leiteiros, a fim de maximizar suas produções, tendo um suporte nutricional e de auxílio na gestão.

2 METODOLOGIA

Nesta seção será descrito o processo de desenvolvimento do aplicativo. A Subseção 2.1 descreve a coleta de dados para compor a base de alimentos. A Subseção 2.2 descreve o modelo de otimização empregado. Finalmente, a Subseção 2.3 descreve o desenvolvimento da aplicação final.

2.1 Construção da base de alimentos

Inicialmente foi realizado um levantamento dos principais alimentos utilizados pelos produtores da região sudeste do Brasil, onde se localiza o público alvo da aplicação. Foram escolhidos 103 alimentos e as informações nutricionais (energia líquida, proteína bruta, cálcio e fósforo) de cada um foram obtidas do CQBAL 4.0 [2]. Os alimentos foram divididos nas seguintes categorias, visando facilitar a localização pelo produtor: capins, fenos, silagens, concentrados energéticos, concentrados proteicos e minerais. Também foi realizada uma pesquisa no mercado para obter o custo de cada alimento para o produtor na região da Zona da Mata de Minas Gerais. Essas informações foram incluídas no banco de dados do aplicativo.

2.2 Modelo de otimização

A partir do NRC 1989 [7], referência na literatura em nutrição de bovinos de leite, foram definidas equações para a exigência nutricional de cada um dos nutrientes considerados no aplicativo. Essas equações tomam como base informações de entrada do usuário referentes a cada lote de animais, como peso médio, produção média, dias de lactação e gestação e número de lactações. Ressalta-se que

optou-se pela utilização da versão 1989 do NRC, pois essa versão se adapta melhor às exigências nutricionais do rebanho de pequenos e médios produtores, que compõem o principal público alvo do aplicativo.

Uma vez definidas as restrições, foi construído um modelo de programação linear cuja função objetivo consiste em determinar a quantidade ideal de cada alimento escolhido pelo usuário para compor a dieta, de modo a obter o menor custo total. Dessa forma, a função objetivo do modelo é definida como:

$$\min z = \sum_{i=1}^n \frac{100(c_i x_i)}{p_i}, \quad (1)$$

onde x_i representa a quantidade em kg de matéria seca do alimento i , c_i indica o preço por kg de matéria natural, p_i é o percentual de matéria seca que compõe o alimento e n corresponde ao número total de alimentos na dieta.

Em relação às restrições do modelo, considerando b_1 , b_2 , e b_3 os valores exigidos de matéria seca, energia e proteína, respectivamente, e sendo $n_{1,i}$, $n_{2,i}$ e $n_{3,i}$ a quantidade dos respectivos nutrientes no alimento i , definiu-se as seguintes restrições:

$$b_j \leq \sum_{i=1}^n x_i n_{j,i} \leq 1.1b_j, \quad \forall j \in \{1, 2, 3\}. \quad (2)$$

Dessa forma, permitiu-se uma certa tolerância para o valor exigido, prática comum na formulação de dietas, que facilita a convergência do modelo. Em relação ao cálcio e fósforo, estabeleceu-se uma restrição que relaciona esses nutrientes:

$$b_4 \leq \sum_{i=1}^n x_i n_{4,i} \leq 2b_5 \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i n_{5,i} \geq b_5, \quad (4)$$

onde $n_{4,i}$ e $n_{5,i}$ representam a quantidade de cálcio e fósforo no alimento, respectivamente, b_4 e b_5 as respectivas exigências.

Na formulação de dietas para bovinos de leite, também é importante relacionar a proporção de alimentos volumosos e concentrados. Para isso, o modelo conta com a restrição:

$$rel = \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n 0.55x_i n_{1,i} (1 - y_i) - 0.45x_i n_{1,i} y_i \geq 0 \\ \sum_{i=1}^n 0.7x_i n_{1,i} (1 - y_i) - 0.3x_i n_{1,i} y_i \leq 0 \end{array} \right\}, \quad (5)$$

onde $y_i \in \{0, 1\}$ assume o valor 1 para alimento volumoso e 0 para alimento concentrado.

Finalmente, o modelo também restringe o consumo de ureia, ingrediente que pode prejudicar a saúde dos animais, se consumido em excesso. Seguindo as recomendações da literatura, restringiu-se a inclusão de ureia na dieta a 50 g para cada 100 kg de peso corporal.

2.3 Desenvolvimento do aplicativo

O aplicativo foi desenvolvido para dispositivos Android, utilizando a linguagem de programação Java. O modelo de programação linear foi implementado utilizando a biblioteca SSC [8]. Uma vez que a proposta era desenvolver uma aplicação para atender a pequenos e médios produtores rurais, tomou-se por base duas premissas importantes, o aplicativo deveria ter uma interface simples, de

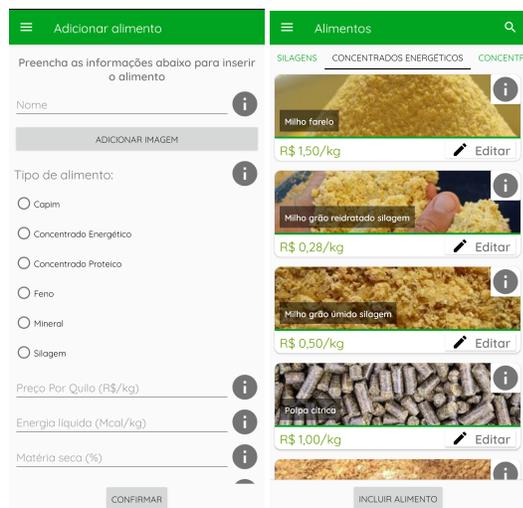


Figura 2: Tela de cadastro de alimentos (à esquerda) e listagem de alimentos (à direita).

modo que a dieta possa ser formulada em poucos passos e deve ser possível utilizar a ferramenta mesmo sem conexão com a internet.

A Figura 1 mostra a tela inicial do aplicativo e o menu principal. O aplicativo se divide em 3 módulos principais. O módulo de alimentos tem como objetivo a alteração dos dados dos alimentos existentes e a inclusão de novos alimentos. Essa funcionalidade é importante para permitir que o produtor possa alterar o custo ou as informações nutricionais de algum alimento de acordo com a realidade da região onde se encontra, assim como incluir algum alimento que não esteja previamente cadastrado. A Figura 2 mostra as telas de listagem e cadastro de alimentos. O módulo de animais permite ao produtor incluir, editar e excluir lotes de animais. A inserção dessas informações é essencial para que as dietas possam ser calculadas, uma vez que as informações do lote definem as restrições de nutrientes que precisam ser satisfeitas pela dieta criada. A Figura 3 mostra as telas de listagem e cadastro de lotes.

O módulo de dietas é o principal módulo do aplicativo e tem como objetivo a criação, visualização e exportação de dietas. A interface é simples, após a definição do nome e do lote para o qual a dieta será criada, o usuário seleciona, a partir de uma lista, os alimentos que gostaria de incluir na dieta. Após a confirmação dos alimentos selecionados, o modelo de programação linear é executado. Caso o modelo tenha conseguido obter uma solução viável, o aplicativo exibe para o produtor uma tela simples indicando a quantidade e custos de cada alimento que deve ser oferecido aos animais. Caso não tenha sido possível obter uma dieta, o aplicativo informa ao usuário a necessidade de incluir novos alimentos na seleção, para que as exigências nutricionais sejam atendidas. Adicionalmente, o aplicativo também permite que o usuário exporte o relatório técnico da dieta em PDF ou planilha. Esse relatório se destina a usuários mais avançados, e apresenta, além das quantidades e custos de cada alimento, as quantidades fornecida e ideal de cada nutriente, assim como um balanço entre essas quantidades. A Figura 4 mostra as telas de revisão dos alimentos selecionados e de saída da dieta criada.

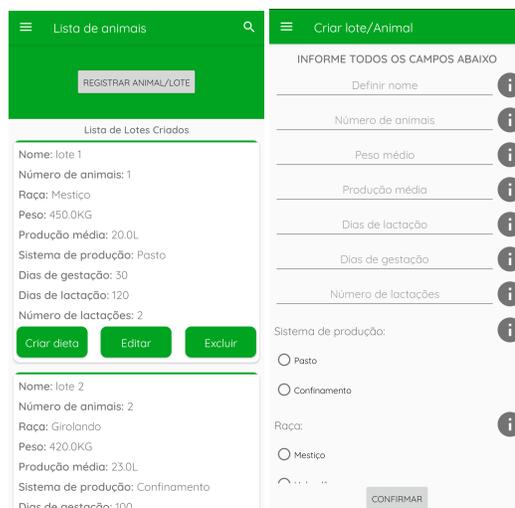


Figura 3: Tela de listagem de lotes (à esquerda) e cadastro de lotes (à direita).

A equipe do projeto possui especialistas em nutrição animal, os quais realizaram testes no aplicativo, testando a elaboração de dietas combinando diferentes alimentos e animais/lotes com características diferentes, com o objetivo de verificar a capacidade do modelo funcionar em diversos cenários. Os resultados obtidos se mostraram coerentes com os esperados na literatura e validaram o modelo implementado no aplicativo.

3 AÇÕES DE EXTENSÃO REALIZADAS

A proposta de desenvolvimento do aplicativo Nutrilac surgiu no ano de 2019 no desafio de programação Vacathon, dentro da iniciativa Ideas for Milk, promovida pela Embrapa Gado de Leite. Tornou-se projeto de extensão em 2020 e desde então está em desenvolvimento. O primeiro protótipo obteve registro do INPI em 2021 sob o número BR512022003100-0. Em junho de 2024 o aplicativo foi oficialmente lançado ao público na Play Store. Ressalta-se ainda que o projeto possui aprovação no comitê de ética sob o número CAAE 34339520.4.0000.5147, parecer número 6.667.688.

Visando a divulgação da ferramenta ao público alvo, algumas ações vêm sendo realizadas nos últimos anos. Durante os anos de 2022 e 2023 foram realizadas visitas técnicas a 4 fazendas. Nessas visitas, membros da equipe do projeto apresentaram aos produtores o aplicativo a fim de mostrar o funcionamento e familiarizá-los com a tecnologia. Também foi possível conhecer a realidade das propriedades e levantar novas demandas para atualização da ferramenta.

Durante as visitas técnicas, os integrantes do projeto tiveram a oportunidade de acompanhar o dia-a-dia das propriedades, desde a formulação da ração dos animais até os meios de produção e manejo da fazenda. Dessa forma, eles presenciaram momentos como a ordenha, buscando entender o sistema de produção, formas de armazenamento do leite em cada propriedade, o sistema de criação do gado de leite, o fornecimento da ração e visitas às capineiras e pastos. Além disso, em algumas das fazendas, a ração dos animais era produzida na propriedade, permitindo o acompanhamento do

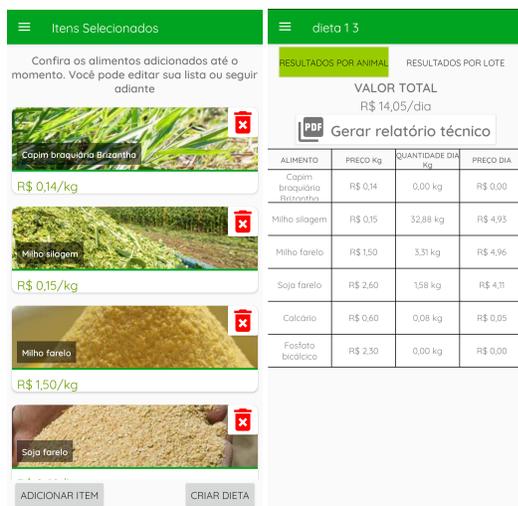


Figura 4: Tela de revisão dos alimentos selecionados (à esquerda) e saída da dieta criada (à direita).

processo de picagem das capineiras, mistura do volumoso com o concentrados, o fornecimento desses alimentos para os animais, além de buscar entender o acesso dos produtores a esses alimentos e como foram feitas as formulações das rações até esse momento.

Por fim, nas visitas, após a compreensão do sistema como um todo, já que todos os fatores são importantes para a produção, os participantes do projeto buscavam mostrar o aplicativo, orientar sobre a formulação da ração e também sobre a utilização do programa, evidenciando a acessibilidade e integração dos elementos que interferem na dieta dos bovinos de leite. Durante as visitas, foram levados questionários para nortear as conversas com os produtores, a fim de direcionar as perguntas sobre o sistema de produção, destacando-se a parte de alimentação dos animais.

Recentemente, após a publicação do aplicativo na loja da Google, foi realizado um evento de lançamento com produtores rurais da cidade de Liberdade - MG. O evento contou com a participação de produtores rurais da cidade e região, além de estudantes do curso Técnico em Agropecuária. Nesse evento a equipe do projeto realizou uma exposição sobre nutrição animal, ressaltando a importância de uma nutrição adequada para que os animais tenham melhores condições de saúde e produção de leite. A apresentação mostrou como dividir os animais em lotes e os tipos de alimentos que precisam ser incluídos na dieta para garantir uma nutrição adequada.

Na segunda parte do evento, a equipe do projeto apresentou a ferramenta desenvolvida, mostrando o passo a passo de como criar uma dieta, começando pela criação de um lote, passando pela seleção dos alimentos e formulação da dieta. O público também foi instruído sobre como incluir e editar os alimentos no aplicativo e realizar a exportação de relatórios técnicos das dietas criadas.

Ao final, abriu-se espaço para que o público pudesse tirar dúvidas diretamente com a equipe sobre os assuntos abordados. Esse momento foi bastante enriquecedor, com perguntas relacionadas à alimentação e dúvidas sobre como utilizar o aplicativo para formular uma dieta. O público presente recebeu um material impresso

sobre o aplicativo, com *QR codes* que permitiam a instalação do aplicativo e assistir um vídeo tutorial sobre como utilizá-lo. De modo geral, o evento foi um marco importante para a divulgação do aplicativo, onde a equipe pode entrar em contato direto com os beneficiários e apresentar a ferramenta desenvolvida.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A alimentação dos animais é um fator crucial para o sucesso da produção de leite e, para isso, o produtor precisa de uma assistência para auxiliá-lo a não cometer erros nesse processo. Nesse contexto, este trabalho apresentou o Nutrilac, um aplicativo móvel gratuito, intuitivo e que pode ser muito útil e vantajoso para produtores rurais e profissionais da área de Medicina Veterinária na elaboração de dietas de custo mínimo para os animais.

A equipe efetuou visitas em fazendas, com o objetivo de testar e apresentar a ferramenta para produtores rurais e, dessa forma, avaliar o funcionamento do aplicativo no próprio ambiente das propriedades e colher opiniões de produtores rurais. Foi realizado também um evento de divulgação, permitindo o contato direto da equipe com os beneficiários da proposta.

Além do seu importante papel junto a produtores rurais, destaca-se ainda a importância do projeto na experiência acadêmica dos professores e alunos envolvidos. Por se tratar de uma proposta multidisciplinar, o projeto permite uma importante troca de experiências entre profissionais das áreas de Medicina Veterinária, Ciência da Computação e Engenharia. Essa experiência se mostra extremamente enriquecedora para a formação acadêmica dos envolvidos.

Como trabalhos futuros, a equipe buscará realizar aprimoramentos na interface do aplicativo e permitir que ele seja usado em aparelhos com diferentes sistemas operacionais, o que vai facilitar a difusão da ferramenta. Os resultados do aplicativo se mostraram satisfatórios a partir das validações realizadas, mas realizar testes adicionais para verificar o funcionamento da aplicação em diferentes ambientes e obter sugestões dos usuários da ferramenta também será importante para entender os pontos que podem ser melhorados em versões futuras.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) pelo suporte financeiro ao projeto.

REFERÊNCIAS

- [1] Glauber dos Santos and Tatiane Beloni. 2016. Custo de produção de bezerras e novilhas leiteiras—Um estudo de caso. *Revista iPecege* 2, 1 (2016), 29–39.
- [2] Sebastião Campos Valadares Filho, Sidnei Antônio Lopes, Breno Castro Silva, Mario Luiz Chizzotti, and Lucas; Zago Bissaro. 2018. CQBAL 4.0. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Ruminantes. www.cqbal.com.br Accessed: 07 Oct. 2023..
- [3] IBGE. 2017. *Censo Agro*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Retrieved Jul. 10, 2024 from <https://censoagro2017.ibge.gov.br/>
- [4] IBGE. 2024. *Pesquisa Trimestral do Leite*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Retrieved Jul. 10, 2024 from <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9209-pesquisa-trimestral-do-leite.html?=&t=destaques>
- [5] IBGE. 2024. *Produção de Leite*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Retrieved Jul. 10, 2024 from <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/leite/br>
- [6] Noemila Debora KOZERSKI, GJ MORAES, MVG Niwa, MCM COSTA, DG da Mata, AD Borges, ES LEAL, and LCV Itavo. 2017. Aspectos que influenciam a qualidade do leite. *Anais da X mostra científica da FAMEZ/UFMS* 53, 9 (2017), 1689–1699.

[7] NRC. 1989. *Nutrient requirements of dairy cattle* (6 ed.). National Academy of Sciences.

[8] S Scarioli. 2019. The simplex method in Java. <https://www.sslab.org/en/index.html> Accessed: 07 Oct. 2023..