

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI
CAMPUS TANCREDO DE ALMEIDA NEVES
CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

SOFTWARE PARA CÁLCULO DE EXIGÊNCIAS E FORMULAÇÃO DE RAÇÃO
PARA BOVINOS DE CORTE EM CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO

JÚLIA MARA CAMPOS DE SOUZA

SÃO JOÃO DEL REI –MG

MAIO DE 2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI
CAMPUS TANCREDO DE ALMEIDA NEVES
CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

SOFTWARE PARA CÁLCULO DE EXIGÊNCIAS E FORMULAÇÃO DE RAÇÃO
PARA BOVINOS DE CORTE EM CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO

JÚLIA MARA CAMPOS DE SOUZA

Zootecnista

SÃO JOÃO DEL REI-MG

MAIO DE 2019

JÚLIA MARA CAMPOS DE SOUZA

*SOFTWARE PARA CÁLCULO DE EXIGÊNCIAS E FORMULAÇÃO DE RAÇÃO
PARA BOVINOS DE CORTE EM CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Zootecnia, da Universidade Federal de São João Del Rei-*Campus* Tancredo de Almeida Neves, como parte das exigências para a obtenção do diploma de Bacharel em Zootecnia.

Comitê de Orientação:

Orientador: Daniel de Noronha Figueiredo Vieira Cunha (*UFSJ/CTAN*)

Co-orientador: Fernando de Paula Leonel (*UFSJ/CTAN*)

SÃO JOÃO DEL REI-MG

MAIO DE 2019

S719s Souza, Júlia Mara Campos de.
SOFTWARE PARA CÁLCULO DE EXIGÊNCIAS E FORMULAÇÃO
DE RAÇÃO PARA BOVINOS DE CORTE EM CRESCIMENTO E
TERMINAÇÃO / Júlia Mara Campos de Souza ;
orientador Daniel de Noronha Figueiredo Vieira
Cunha ; coorientador Fernando de Paula Leonel . --
São João del-Rei, 2019.
58 p.

Trabalho de Conclusão (Graduação - Zootecnia) --
Universidade Federal de São João del-Rei, 2019.

1. Nutrição de ruminantes. 2. Bovinos de corte. 3.
Formulação de ração. I. Cunha , Daniel de Noronha
Figueiredo Vieira, orient. II. Leonel , Fernando de
Paula , co-orient. III. Título.

JÚLIA MARA CAMPOS DE SOUZA

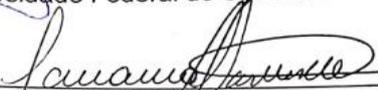
SOFTWARE PARA CÁLCULO DE EXIGÊNCIAS E FORMULAÇÃO DE
RAÇÃO PARA BOVINOS DE CORTE EM CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO

Defesa Aprovada pela Comissão Examinadora em: 02/05/2019

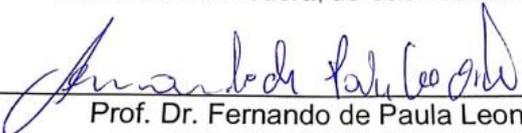
Comissão Examinadora:



Prof. Dr. Daniel de Noronha Figueiredo Vieira Cunha
Universidade Federal de São João del-Rei



Prof.ª Dr.ª Janaina Azevedo Martuscello Vieira da Cunha
Universidade Federal de São João del-Rei



Prof. Dr. Fernando de Paula Leonel
Universidade Federal de São João del-Rei



Prof.ª Dr.ª Rafael Fernandes Leite
Universidade Federal de São João del-Rei

A
A

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me abençoar e me proporcionar as melhores oportunidades e iluminar minhas escolhas.

Aos meus pais, Robson e Silvia, que não mediram esforços para me educar e por me ensinar na prática o amor, a empatia, o perdão e o amor ao próximo. Amo vocês.

Ao meu irmão, Matheus, que sempre foi uma referência e porto seguro.

Ao meu namorado, Felipe, pelo apoio incondicional e por ser minha paz nos momentos difíceis. Seu companheirismo foi essencial para que conseguisse chegar até aqui.

À toda minha família que me apoiou e torceu por mim em todas as fases da minha existência.

Aos amigos, novos e velhos, que dividiram comigo as angústias e me proporcionaram bons momentos de alegria e companheirismo. Em especial a Ana Cândida, parceira da universidade desde o primeiro período, sem você a graduação não seria a mesma.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Daniel de Noronha Figueiredo Vieira Cunha, que aceitou me ajudar a finalizar a graduação com chave de ouro. Obrigado por acreditar em mim e proporcionar momentos de muito aprendizado.

Aos professores do curso de zootecnia da UFSJ, pelas aulas repletas de paixão pela profissão e por despertar isso em mim.

EPIGRAFE

“Não importa quanto a vida possa ser ruim, sempre existe algo que você pode fazer, e triunfar. Enquanto há vida, há esperança. ”

Stephen Hawking

RESUMO

SOUZA, J. M. C. **Software para cálculo de exigências e formulação de ração para bovinos de corte em crescimento e terminação.** 2019, 58f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de São João del Rei, São João del-Rei, 2019.

Objetivou-se desenvolver um software de fácil utilização para cálculo de exigências e formulações de rações de custo mínimo para bovinos de corte como instrumento auxiliar na tomada de decisão. O programa *BOVSIS* foi desenvolvido em linguagem Basic com a utilização do pacote *Visual Basic 2017*, para utilização em plataforma *Windows 7 e 8*. O método de otimização foi o *Simplex*. As equações utilizadas para cálculo das exigências nutricionais foram retiradas em sua maioria do NRC (2016), com algumas modificações de acordo com Britto (1998) e o ARC (1980). O *software* foi desenvolvido por meio da integração de seis formulários. O formulário de identificação foi criado para permitir acesso ao programa apenas para usuários previamente registrados. Com o acesso autorizado é carregado o formulário principal, onde é possível acessar o formulário de exigências nutricionais e de composição de alimentos. O formulário de exigências nutricionais permite a inserção de dados necessários para cálculo das exigências de energia, proteína, minerais, vitaminas e aminoácidos, além de estimativas de ingestão de matéria seca. O formulário dos alimentos possui capacidade para 745 alimentos que são divididos de acordo com as características nutricionais. O formulário de balanceamento de rações foi desenvolvido para efetuar os procedimentos necessários para balanceamento e a otimização do custo das rações, além de gerar gráficos e relatórios que auxiliam na avaliação dos resultados. O programa permite atender as mais diversas variações de produção otimizando os custos.

Palavras-chave: Nutrição de ruminantes, otimização de custo, balanceamento de dietas

ABSTRACT

SOUZA, J. M. C. **Software for calculation of requirements and feed formulation for growing and finishing beef cattle.** 2019, 58s. Final paper (Undergraduation) – Federal University of São João del Rei, São João del Rei, 2019

The aim of this study was develop an easy-to-use software for calculation of requirements and feed formulation of minimum cost rations for beef cattle as an auxiliary tool in decision making. The BOVSIS program was developed in Basic language with the use of the Visual Basic 2017 package, for use in Windows 7 and 8 platforms. The optimization method was Simplex. The equations used to calculate nutritional requirements were mostly taken from the NRC (2016), with some modifications according to Britto (1998) and ARC (1980). The software was developed through the integration of six forms. The identification form was created to allow access to the program only for previously registered users. With the authorized access the main form is loaded, where it is possible to access the form of nutritional and food composition requirements. The nutritional requirements form allows the insertion of data necessary to calculate energy, protein, minerals, vitamins and amino acids requirements, in addition to dry matter intake estimates. The food form has a capacity for 745 foods that are divided according to nutritional characteristics. The feed balancing form was developed to perform the necessary procedures for balancing and optimizing feed costs, as well as generating graphs and reports that aid in the evaluation of results. The program allows to meet the most diverse production variations, optimizing costs.

Key words: Ruminant nutrition, cost optimization, diet balancing

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Variáveis utilizadas no *software*, significados e unidades.

Tabela 2- Peso referência padrão e gordura corporal no PCVZ.

Tabela 3 – Fator racial (BE) e fator de ajuste para raça (BI).

Tabela 4- Composição de aminoácidos nos tecidos (g AA/100g proteína).

Tabela 5- Equações de exigências de minerais para manutenção e para ganho.

Tabela 6- Equações de exigências de minerais dietéticos.

Tabela 7– Teste de sensibilidade para consumo e exigências de energia, proteína, cálcio e fósforo, em função da variação do ganho de peso corporal, considerando animais com 380 kg de peso corporal.

Tabela 8 – Teste de sensibilidade para consumo e exigências de energia, proteína, cálcio e fósforo, em função da variação do ganho de peso corporal, considerando animais com 430 kg de peso corporal.

Tabela 9 – Teste de sensibilidade para formulação de rações em função da variação do ganho de peso corporal, considerando animais com 380 kg de peso corporal.

Tabela 10 – Teste de sensibilidade para formulação de rações em função da variação do ganho de peso corporal, considerando animais com 430 kg de peso corporal.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Representação diagramática do *software* BOVSIS.
- Figura 2** – Tela do formulário de identificação, para inserção de senha e acesso ao *software* BOVSIS.
- Figura 3** – Tela do formulário inicial do *software* BOVSIS.
- Figura 4** – Tela do formulário de exigências nutricionais do *software* BOVSIS, com apresentação dos resultados da aba Peso e Ganho.
- Figura 5** – Tela do formulário de exigências nutricionais do *software* BOVSIS, com apresentação dos resultados da aba IMS e Energia.
- Figura 6** – Tela do formulário de exigências nutricionais do *software* BOVSIS, com apresentação dos resultados da aba Proteína.
- Figura 7** – Tela do formulário de exigências nutricionais do *software* BOVSIS, com apresentação dos resultados da aba Minerais e Vit.
- Figura 8** – Tela do formulário de exigências nutricionais do *software* BOVSIS, com apresentação dos resultados da aba Aminoácidos.
- Figura 9** – Tela do formulário de criação, seleção e edição de alimentos do *software* BOVSIS.
- Figura 10** – Tela do formulário de formulação e otimização de custos de rações do *software* BOVSIS, demonstrando situação de ração ainda não formulada.
- Figura 11** – Tela do formulário de formulação e otimização de custos de rações do *software* BOVSIS, demonstrando situação de ração formulada, com custo otimizado.
- Figura 12** – Tela do formulário de apresentações gráficas de rações, com seleção da primeira aba.
- Figura 13** – Tela do formulário de apresentações gráficas de rações, com seleção da segunda aba.
- Figura 14** – Tela do formulário de apresentações gráficas de rações, com seleção da terceira aba.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1.Importância da formulação de ração no custo da alimentação animal	14
2.2.Programas para cálculo de exigências em bovinos de corte	15
2.3.Modelos de exigências nutricionais para bovinos de corte	17
2.4.Exigência nutricional de energia	20
2.5.Ingestão de matéria seca	21
2.6.Exigência nutricional de proteína	22
2.7.Exigência nutricional de minerais	24
3. MATERIAL E METÓDOS	25
3.1.Exigência de energia	28
3.2.Ingestão de matéria seca	31
3.3.Energia retida.....	32
3.4.Exigência de proteína	33
3.5.Exigência de aminoácidos	35
3.6.Exigência de minerais	35
3.7.Exigência de minerais dietéticos	36
3.8.Exigência de vitaminas	37
3.9. Predição da produção de metano	37
3.10. Predição do pH ruminal	38
3.11. Teste de sensibilidade	38

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1. Teste de sensibilidade	50
5. CONCLUSÃO.....	55
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

1. INTRODUÇÃO

No geral, a demanda global por carne está crescendo, todavia em diferentes taxas nas diferentes regiões do mundo. Na Europa e nos Estados Unidos, maiores produtores de carne no século 20, o consumo está crescendo devagar e até estagnado. Por outro lado, as economias em expansão na Ásia e em outros lugares, podem representar 80% do crescimento do setor de carne até 2022. O maior crescimento será na China e na Índia devido à grande demanda de suas novas classes médias (FAO,2014).

No ano de 2018, segundo a Associação Brasileira de Indústrias Exportadoras de Carne, o Produto Interno Bruto (PIB) da pecuária somou R\$597,22 bilhões, 8,3% acima dos R\$551,41 bilhões apurados em 2017, elevando a participação de 8,7% no PIB total brasileiro. Esse valor retrata o montante movimentado pela pecuária de corte envolvendo desde os insumos, genética, venda de animais até o produto final comercializado. A produção de carne no ano de 2018 foi de 10,96 milhões de toneladas equivalente carcaça, o que representou um aumento de 12,8% em relação a 2017, onde 20,1% foram exportadas e 79,6% foram destinadas ao mercado interno. Os principais destinos da carne brasileira são Hong Kong, China, Egito e União Europeia. (ABIEC,2019).

Todo sistema produtivo animal depende diretamente do manejo nutricional para que tenha resultados efetivos. Para isso são necessárias as exigências nutricionais das espécies, além da qualidade nutricional e de processamento dos alimentos disponibilizados aos animais. As necessidades alimentares dos animais e a contribuição de cada alimento no atendimento das exigências variam de acordo com as fases produtivas do animal. Para que ocorra eficiência produtiva, todos esses fatores devem ser considerados.

A competitividade e lucratividade é almejada por produtores de gado de corte em qualquer região do país. No entanto, para atingir esses objetivos, é necessário encontrar a

melhor relação custo/benefício dos diferentes processos tecnológicos utilizados em cada sistema produtivo (Oaigen,2010).

A bovinocultura de corte brasileira, atualmente, necessita cada vez mais de sistemas especializados e precisos. Isso se deve a elevada exigência do mercado consumidor e a alta competitividade dos mercados externo e interno. O maior desafio é incrementar a produtividade do rebanho, uma vez que os índices produtivos nacionais são ainda relativamente baixos, apesar da melhora considerável ocorrida nos últimos anos (Valadares Filho, 2016). Segundo Torres Júnior (2013), conforme citado por Dias-Filho (2014) a produtividade da pecuária de corte é calculada em 5,1 arrobas/hectare/ano.

Para alcançar cenário favorável no mercado externo e produções satisfatórias que são economicamente competitivas, algumas estratégias podem ser adotadas. Diminuição de custos, precisão no cálculo de rações, eficiência de mão de obra, agregação de valor do produto final são alguns exemplos. Como a alimentação representa fatia importante da produção total, o fornecimento de cada componente da ração deve ser calculado de forma precisa, evitando carências de nutrientes, conseqüentemente quedas na produção e desperdício de insumos.

Vários modelos foram desenvolvidos no mundo para o cálculo de exigências nutricionais de ruminantes. O National Research Council (NRC) é o modelo americano, que está na oitava edição, publicada em 2016. O Agricultural And Food Research Council (AFRC) é o modelo britânico e sua última edição foi publicada no ano de 1993. O Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) é o modelo australiano e teve sua última edição publicada em 2007. O modelo francês Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) que também em 2007 publicou sua última edição, entre outros. O modelo brasileiro BR-CORTE, que é um modelo específico para bovinos de corte, está na sua terceira edição, publicada em 2016.

Portanto, diante de todas as opções de modelos e fatores determinantes do custo de produção, se faz necessário o uso de tecnologias que permitam o ajuste perfeito das exigências e do uso dos alimentos da dieta. Os programas computacionais são um exemplo de tecnologia utilizada no campo que é capaz de reunir informações técnicas e científicas numa ferramenta que possibilita a otimização de recursos financeiros com a alimentação animal. Essas ferramentas podem fornecer inúmeras possibilidades de misturas, limitações ou combinações, que por métodos analíticos dificilmente seriam obtidas (Palmeira,2015).

Apesar de uma certa resistência por parte dos produtores na utilização da informática no campo, houve um aumento nos últimos anos de propriedades que utilizam essa tecnologia (Palmeira, 2015). Porém, a maioria dos fabricantes de *softwares* específicos para a área agrária ainda não se adaptaram aos consumidores do segmento. Então, os preços desses programas, quando existem, são elevados devido à falta de competição, o que atrapalha ainda mais o uso de tecnologias no campo.

Diante da falta de um *software* com a atualização das exigências recomendadas pelo NRC (2016), o objetivo com o presente trabalho foi desenvolver um *software*, de fácil utilização, para cálculo de exigências nutricionais e formulações de rações de custo mínimo para bovinos de corte.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Importância da formulação de ração no custo da alimentação animal

Atualmente tem sido valorizado o planejamento, o controle e a gestão produtiva e empresarial nas fazendas de corte, independente do sistema de produção utilizado, o produtor sempre busca o lucro, seja reduzindo custos, aumentando a escala ou trabalhando com animais melhorados (Araújo,2012). O gerenciamento da propriedade rural é uma das ferramentas importantes e indispensáveis para se buscar um

desenvolvimento sustentável da propriedade como um todo, independentemente do seu tamanho (Reichert,1998).

Entende-se por custo de produção a soma dos valores de todos os recursos (insumos) e operações (serviços) utilizados no processo da produção de gado de corte, especificamente neste caso. Esse custo pode ser dividido em custo fixo e custo variável (Lopes,2005). Os custos fixos envolvem a depreciação, impostos como IPVA (imposto sobre a propriedade de veículos automotores) e ITR (imposto sobre a propriedade territorial rural), remuneração da terra, remuneração do capital investido e remuneração do empresário enquanto os custos variáveis incluem os desembolsos com mão de obra, alimentação e demais insumos e remuneração do capital de giro. A soma do valor referente à depreciação, mão de obra familiar e custo operacional efetivo (desembolsos com mão de obra, alimentação e demais insumos utilizados no processo produtivo) é igual ao custo operacional total (Lopes,2013).

Em uma análise econômica da terminação de bovinos de corte em confinamentos realizada no estado de Minas Gerais realizada por Lopes (2013), a alimentação foi o segundo item com a maior representatividade no custo operacional efetivo. Isso é justificado pelos autores pelo maior gasto com recursos diretos na produção de bovinos de corte em confinamento do que quando comparados com o sistema de produção à pasto, uma vez que o alimento concentrado é a principal fonte de nutrientes nesse sistema e apresenta alto valor de compra.

2.2. Programas para cálculo de exigências em bovinos de corte

Segundo Meirelles (1994), o conjunto de tarefas que devem ser executadas pelo computador para cumprir um certo objetivo é chamado de programa ou ainda software. Esses programas, na bovinocultura de corte, podem ser divididos em dois grandes grupos: os programas de apoio às operações e os programas de apoio à gestão. Onde na primeira

divisão, o controle financeiro, controle de estoque, balanceamento de ração e controle de produção são alguns exemplos de sistemas. Já o segundo grupo tem o objetivo de auxiliar a tomada de decisão, conhecido também de sistemas de apoio à decisão (SAD) (Cócaro, 2004).

O processo de informatização do setor agrícola é impulsionado pela necessidade do aumento da eficiência do setor e o interesse por parte das empresas de informática (Arraes,1993). A intensificação da zootecnia de precisão exige, também, a demanda pela utilização de *softwares*. Isso se dá pelo crescente uso de programas de melhoramento genético e de gerenciamento de rebanhos além da necessidade de rastreabilidade exigida pelo Sistema Brasileiro de Identificação e Certificação de Origem Bovina e Bubalina (SISBOV) (Pires,2002).

O Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) de 2008 desenvolveu um programa projetado para avaliar dietas e desempenho animal para todas as classes de gado em situações únicas de produção, usando princípios baseados em ciência da função do rúmen, crescimento microbiano, digestão de alimento e passagem fisiológica (Fox et al., 2004). Ele é identificado como CNCPSv6 e é um redesenho do volume 5 onde é utilizado uma programação orientada a objetos em que funções fisiológicas e compartimentos anatômicos foram programados como objetos.

Rennó et. al. em 2008 aplicaram um modelo bieconômico de simulação para desenvolvimento de alimentação para rebanhos leiteiros para avaliar a produtividade e eficiência dos sistemas de alimentação com sete estratégias de alimentação em cinco níveis de produção de leite. Para a realização dos cálculos foi utilizado planilhas no Microsoft Excel® e o programa CNCPSv5. Os autores comprovaram a interação entre a estratégia de alimentação e o nível de produção de leite através da avaliação da receita

menos os custos com alimentas e que os níveis de concentrado incluído na ração, que variam de acordo com o nível de produção e a qualidade da forrageira adotada.

Lanna et. al. (1999) realizaram um estudo comparativo entre modelos lineares para formulação de dietas de custo mínimo (DCM) e modelos não lineares para formulação de dietas de lucro máximo (DLM). Os autores desenvolveram um *software* (RLM 1.0) com base nas equações no CNCPS com alguns ajustes para as condições brasileiras de produção. As DLM apresentaram maior NDT que as DCM, o que proporciona ganhos maiores. Portanto os autores concluíram que os modelos não lineares de DLM devem ser preferencialmente utilizados.

A TD software desenvolve softwares agropecuários e oferece programas de formulação de rações. O SuperCrac Premium é um dos produtos oferecidos e é um sistema para formulação de rações de custo mínimo e máximo desempenho produtivo para diversas espécies de animais. A sua primeira versão foi publicada em 1983. Esse programa calcula rações para 14 espécies de animais (Aves Poedeiras, Frangos de Corte, Codornas, Suínos, Bovinos de Corte, Bovinos de Leite, Equinos Caprinos, Ovinos, Cães, Gatos, Peixes, Coelhos e Animais Silvestres). A TD software também conta com um programa específico para bovinos de corte, que formula rações de custo mínimo de acordo com as características de peso e produtividade dos rebanhos.

2.3. Modelos de exigências nutricionais para bovinos de corte

No Brasil, os estudos e experimentos avaliando as exigências nutricionais são relativamente novos, com o início na década de 1970 e com um único modelo disponível, o BR-CORTE com 3 edições.

A primeira publicação no assunto foi feita em 1995 no Simpósio Internacional sobre Exigências Nutricionais de Ruminantes em Viçosa, Minas Gerais. A primeira versão das

Tabelas de Exigências Nutricionais de Zebuínos e Tabelas de Composição dos Alimentos, denominada BR-CORTE, foi publicada em 2006 durante o V Simcorte. Apesar do grande passo com a primeira publicação de uma tabela de exigência nutricionais para bovinos de corte no Brasil, essa edição apresentava um pequeno número de informações individuais, 187 observações.

A segunda edição do BR-CORTE foi publicada em 2010, onde foi incluído os denominados cruzados de corte, animais provenientes de cruzamento de zebuínos com taurinos de corte. Outra novidade na segunda edição foi o aumento do número de observações individuais, um total de 752 observações. Em 2012, foi disponibilizado *on line*, um *software* para a formulação de dietas no site do BR-CORTE, com o objetivo de promover a disseminação do conhecimento. Em 2014 esse *software* foi atualizado, onde foi acrescentado a opção de predição de desempenho.

A terceira edição foi publicada no ano de 2016 incluindo quatro novos capítulos, com base em um banco de dados maior em número de animais (1369 animais) e também em amplitude de variação de peso e grupo genéticos utilizados, além de ser escrito especificamente para zebuínos. As equações que estimam os diferentes pesos de bovinos em diferentes condições fisiológicas, a avaliação do uso da técnica calorimétrica para estimar energia líquida dos alimentos e a eficiência de utilização da energia metabolizável, as exigências de energia e proteína metabolizável para vacas zebuínas adultas para manutenção e gestação e a discussão sobre o manejo ambiental são os assuntos incluídos nessa edição, todos com um capítulo próprio (Valadares Filho et. al,2016).

Além dos novos capítulos adicionados, algumas outras alterações foram feitas na terceira edição. As exigências totais de proteína preditas no BR-CORTE 2010 quando submetidas a uma meta-análise, foram consideradas superestimadas, portanto, houve mudança considerável no cálculo das exigências totais de proteína.

Já em relação ao modelo britânico de cálculo de exigências, o Agricultural Research Council (ARC), a primeira edição foi publicada no ano de 1965. No ano de 1980, foi publicado a segunda edição do ARC, que foi marcada por ser uma revisão maior que a edição anterior. Isso ocorreu pelo aumento considerável de experimentos sobre o assunto no período entre as publicações, que normalmente são motivadas pelas lacunas existentes da primeira edição. Nessa edição houve ainda a adição de um capítulo sobre elementos traços (ARC,1980).

O AFRC publicado em 1993 propôs pequenas revisões ao sistema de cálculo de exigência de EM e um novo modelo para cálculo de exigências proteicas. Entre as publicações das edições do AFRC, foram criados comitês com objetivo de produzir revisões técnicas conforme apropriado, nos anos de 1982 e 1983. Já em 1990 foi publicado com AFRC TCORN N°5 um modelo com algumas alterações mínimas, mas como nenhum manual consultivo de acompanhamento foi produzido, a publicação de 1993 cobre o assunto relatado.

Em 1984 foi publicado a sexta edição do NRC- Nutrient Requirements Of Beef Cattle, que possuía algumas novidades em relação a quinta edição. Nessa edição, as exigências para crescimento e terminação de gado foram apresentadas com base em animais de médio e grande porte. O banco de dados dessa edição foi bem maior que das edições anteriores o que aumentou a acurácia e confiabilidade dos resultados. As influências ambientais nas exigências nutricionais também foram adicionadas. Foi adicionado também seções sobre o processamento dos alimentos destinados a alimentação animal. O capítulo de formulação de ração foi substituído por uma seção de equações de predição da IMS, e das exigências de energia, proteína, cálcio e fósforo. O texto de minerais foi expandido além da adição de uma tabela separada para composição de suplemento mineral e de estimativas de consumo de água.

A sétima edição do NRC foi publicada em 1996 e as novidades dessa edição foram as adições dos efeitos de raça e dos cruzamentos de raças de carne e de leite no cálculo das exigências nutricionais de bovinos de corte. Outras variáveis relacionadas a composição corporal, o maior conhecimento em relação as variáveis ambientais e os efeitos de estresses também foram acrescentados na edição. Todas as adições foram benéficas aos modelos matemáticos, por permitir melhor predição e entendimento das relações entre os nutrientes ingeridos e as respostas de desempenho dos animais.

Um outro aspecto inovador da sétima edição do NRC foi a disponibilização de disquetes com programas para a formulação de dietas, com o objetivo de obter maior acurácia e promover o entendimento do processo de cálculo. Nesse programa disponibilizado existiam dois níveis, o empírico e o mecanístico. O segundo nível permitia a previsão de desempenho do animal, além de auxiliar no diagnóstico quando o animal não alcançava a performance esperada e teve um objetivo em particular de provocar discussões entre os usuários (estudantes e pesquisadores).

A oitava edição do NRC foi publicado em 2016 e os cálculos para estimativas de exigências de energia de manutenção e de crescimento não foram alteradas. Porém, trabalhos publicados nos intervalos das edições foram utilizados para atualizar outros aspectos de estimativa de crescimento microbiano, reciclagem de nitrogênio e o efeito dos ionóforos nas exigências energéticas. Além disso, a influência do grau de marmorização da carne também foi adicionada. O banco de alimentos e a composição dos mesmos também foi atualizada. Outra modificação realizada nesta edição foi a disponibilização de planilhas eletrônicas (Microsoft Excel) para cálculo de exigências nutricionais e otimização do custo de rações.

A última edição do NRC apresenta como grande desafio a variabilidade entre os sistemas de produção de bovinos de corte no mundo todo, mas acredita que as

atualizações realizadas garantem resultados importantes para os pesquisadores e produtores por alguns anos.

2.4. Exigência nutricional de energia

A estimativa acurada das exigências de energia para bovinos em crescimento é um dos postos-chave em um sistema de alimentação (Valadares Filho et al., 2016). A energia pode ser definida como o potencial de realizar trabalho (NRC, 2016). Essa unidade é usualmente escolhida para ser base das exigências nutricionais, sendo os nutrientes expressos em relação a energia. Isso porque o metabolismo realiza processo consumidores de energias e os carboidratos, proteínas e lipídeos dos alimentos atuam como combustíveis para os processos vitais dos seres vivos. E cada um desses nutrientes é considerado pelo seu potencial em produzir energia na combustão (Berchielli, 2011).

A energia bruta (EB) é a energia proveniente a partir da queima das substâncias orgânicas, por isso, ela diz respeito apenas a composição química e não à disponibilidade de energia para o animal. Existe um fluxo ideal da energia dentro do organismo do animal. A energia metabolizável (EM) é definida como a EB menos a energia das fezes, energia da urina e dos gases, ela é uma estimativa da energia disponível pelo animal (NRC, 2016). A energia líquida é a parte da energia do alimento que é retida na forma de um produto útil, tais como a energia retida nos tecidos musculares (Berchielli, 2011), é definida também como a quantidade de energia disponível para os processos de manutenção e para fins produtivos, sendo subdividida, em função de diferenças na eficiência energética, em energia líquida de manutenção e energia líquida de produção (Valadares Filho et. al, 2010).

A energia líquida é energia disponível para o animal levando em conta todas as perdas de energia. A exigência de energia líquida para manutenção (ELM) pode ser entendida como toda a produção de calor do animal no estado de jejum absoluto e está correlacionado com o atendimento das funções basais, como manutenção da

homeotermia, circulação, respiração, manutenção de sistemas enzimáticos e síntese de tecidos e como o atendimento de atividades voluntárias como ruminar e caminhar (Garrett et. al., 1959).

2.5. Ingestão de matéria seca

A ingestão de matéria seca (IMS) é um conceito de extrema importância para os cálculos de exigências nutricionais para bovinos de corte. O monitoramento da ingestão de matéria seca pode ser usado para determinar quando o gado atingiu a condição adequada de abate.

Há duas teorias que explicam como a ingestão de matéria seca pode ser limitado, que são: a teoria física e a teoria fisiológica. A teoria física consiste no preenchimento ruminal, isso é, quando o rúmen atinge sua capacidade física de suporte de alimento. Já a teoria fisiológica seria quando o animal já atingiu a demanda de energia necessária, também chamado de *set point* (Mertens,1987).

Além dessas teorias, existem diversos fatores que influenciam na ingestão de matéria seca. A composição corporal é uma delas, onde a IMS pode cair cerca de 2,7% para cada 1% de gordura corporal em um intervalo de 21,3% até 31,5% de gordura corporal. (Fox et. al., 1998). O sexo dos animais também influencia na IMS, apesar de ser evidente em certas situações, por exemplo novilhas com menos de 250kg tem uma melhor capacidade de ingestão que bois. A idade que o animal entra na fase de terminação também influencia IMS, uma vez que animais mais velhos comem mais por unidade de peso corporal do que animais mais novos, essa afirmação está relacionada com a composição corporal que varia de acordo com que o animal vai crescendo. Fox et. al (1998) e NRC (1984) sugerem um aumento de 10% na IMS predita em animais que começaram alimentação como novilhos comparado com os animais que começaram ser alimentados como bezerros.

O estado fisiológico, que engloba todos os fatores citados anteriormente também influencia IMS. Podem ocorrer aumentos de 35 a 50% no consumo de alimento em vacas em lactação (ARC,1980).

Os fatores ambientais como a temperatura e fotoperíodo também influenciam a IMS. A temperatura mais baixa aumenta a IMS enquanto a temperatura mais alta diminuiu a ingestão. Já em relação ao fotoperíodo, segundo NRC (2000), o aumento na IMS pode chegar a 0,32% por hora a mais de sol no dia.

O sistema de produção influencia diretamente na IMS. A produção à pasto acrescenta muitos fatores que influenciam a IMS, como a disponibilidade de forragem, a distância a ser caminhada pelo animal, a topografia do terreno, entre outros.

2.6. Exigência nutricional de proteína

As edições mais antigas do NRC (1996,2000), expressavam as exigências de proteína através da proteína absorvida. O sistema de proteína metabolizável (PM) foi adotado pelo AFRC (1992) e é utilizado na última edição do NRC (2016). O sistema de PM separa as exigências de proteína em necessidades dos microrganismos e as necessidades do animal. (NRC,2016).

A exigência de proteína de manutenção é a quantidade necessária para repor as perdas de proteína, que ocorrer através do nitrogênio na urina, fezes e descamações da pele. Os ruminantes possuem uma fonte proteica extra devido ao seu pré-estômago que fornece uma proteína microbiana de alto valor biológico. A proteína microbiana sintetizada no rúmen pode suprir cerca de 50% do total necessário de PM exigida pelos bovinos de corte, dependendo da PNDR da dieta. (NRC,2016).

Fontes de PM que são absorvidas no duodeno incluem: proteína microbiana, PNDR e proteína endógena. A PM fornecida é a proteína verdadeira digerida no intestino e os aminoácidos absorvidos (NRC,2000). A proteína líquida é a porção da proteína que é

depositada nos músculos e outros tecidos. Porém, a PM é a porção utilizada para expressar as exigências de proteína.

A proteína possui alguns impasses em relação a digestão devido a fermentação ruminal. Microrganismos ruminais degradam a proteína e nitrogênio dietéticos e sintetizam proteína microbiana que vai ser absorvida no intestino delgado. A proteína dietética pode ser dividida em dois grupos, a proteína degradável no rúmen (PDR) e a proteína não degradável no rúmen (PNDR). A soma dos dois grupos com a proteína microbiana resulta na proteína metabolizável, que são os aminoácidos provenientes das fontes proteicas.

A PDR vai gerar peptídeos, aminoácidos e amônia para o metabolismo microbiano. Fontes de nitrogênio não proteico, como a ureia e a amônia, que fornecem N para os microrganismos ruminais também estão inclusos na PDR (NRC,2016).

As exigências de proteína devem levar em conta que a absorção do nutriente ocorre no intestino delgado após os processos digestivos que ocorrem no rúmen. As substâncias proteicas que chegam ao intestino delgado com capacidade absorptiva são: PNDR, proteína microbiana e a proteína endógena.

A exigência de PDR é baseada na predição de síntese da proteína microbiana, de acordo com o NRC (2016), PDR é considerada igual a PB microbiana. Isso se dá pois assumiu-se que o N reciclado poderia compensar o déficit de PDR.

Esse nutriente é conhecido por ser o mais caro da dieta, por gerar excreções de nitrogênio pelas fezes e urina causando impacto negativo no ambiente e por sua toxidez poder causar queda da fertilidade em bovinos (Valadares Filho et. al, 2016). Por isso, o balanceamento correto de proteína vai gerar uma eficiência produtiva e econômica com consciência ambiental.

2.7. Exigência nutricional de minerais

As exigências de minerais são diretamente influenciadas pelos níveis de produção, o aumento da taxa de crescimento aumenta os requisitos minerais. As deficiências também se tornam mais severas com o aumento dos níveis de produção (Moraes, 2001). Para animais em confinamento, a atenção a suplementação mineral deve ser redobrada. Uma vez que por mais que as concentrações de minerais nas forragens variem bastante, o aporte de minerais nas forragens é maior que nos grãos.

Pelo menos 17 minerais são exigidos pelos bovinos de corte, e podem ser divididos em dois grupos: os macrominerais e os microminerais. Os macrominerais são exigidos em maior quantidade e incluem o cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cloro (Cl) e enxofre (S). Eles são importantes componentes estruturais dos ossos e de outros tecidos e constituintes de fluidos corporais. Os microminerais são exigidos em menor quantidade e incluem o cromo (Cr), cobalto (Co), cobre (Cu), iodo (I), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni), selênio (Se) e zinco (Zn). Eles estão presentes nos tecidos corporais em pequenas concentrações e componentes de enzimas e de hormônios do sistema endócrino (NRC,2016).

As deficiências de minerais podem acarretar em uma queda brusca de produção. Segundo Suttle (2010) e Wilson et. al (2016), as funções dos minerais no metabolismo animal são basicamente cinco: estrutural, fisiológico, catalíticos, regulatório e resposta imune. A suplementação mineral pode ser realizada através de núcleos, misturas minerais, microminerais injetáveis e suplementos energético-proteicos fortificados com microminerais.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O *software* foi desenvolvido em linguagem *Basic*, com o uso do pacote *Visual Basic* 2017. O algoritmo de otimização utilizado foi o *Simplex*, que foi desenvolvido com auxílio de uma *Dynamic Link Library (DLL)*, implementada no programa, disponibilizada

livremente pela empresa *Solver Foundation*. As exigências foram calculadas a partir de equações propostas pelo NRC (2016). As variáveis utilizadas no *software*, bem como seus significados e unidades, encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1- Variáveis utilizadas no *software*, significados e unidades

Variável	Significado	Unidade
a1	Coeficiente de metabolismo basal	-
a2	Fator de aclimatação	-
ADTV	Qual aditivo foi usado	-
ADTVims	Fator de ajuste da IMS para uso de aditivo	-
BE	Fator raça (ELm)	-
BI	Fator de ajuste para raça (IMS)	-
Ca abs	Coeficiente de absorção do Cálcio	-
CH4est	Estimativa de produção de metano	g/animal/dia
COMP	Energia líquida de manutenção ajustada para nutrição prévia	Mcal/animal/dia
ConcDesRac	Concentrado desejado na ração	% da MS predita
DF	Disponibilidade de forragem	Ton/ha
DifAlt	Diferencial altimétrico	m
DistCam	Distância caminhada pelo animal	m/dia
EC	Estresse por calor	-
ECC	Escore de condição corporal	-
EEC	Escore de estresse por calor	-
EDDesRac	Energia digestível desejada na ração	Mcal/kg de MS
EDExig	Exigência de energia digestível	Mcal/animal/dia
EE	Extrato etéreo	% da MS
EEDesRac	Extrato etéreo desejado na ração	Mcal/kg de MS
EficPMg	Eficiência da proteína metabolizável de ganho	-
ELgDesRac	Energia líquida de ganho desejada na ração	Mcal/kg de MS
ELgExig	Exigência de energia líquida de ganho	Mcal/animal/dia
ELmativExig	Exigência de energia líquida para atividades	Mcal/animal/dia
ELmDesRac	Energia líquida de manutenção desejada na ração	Mcal/kg de MS
ELmExig	Exigência de energia líquida para manutenção	Mcal/animal/dia
EMDesRac	Energia metabolizável desejada na ração	Mcal/kg de MS
EMExig	Exigência de energia metabolizável	Mcal/animal/dia
ER	Energia retida	Mcal/animal/dia
EstresseCal	Estresse por calor	-
FAgord	Fator de ajuste para gordura corporal	-
FDN	Fibra em detergente neutro	% da MS
FDNDesRac	FDN desejado na ração	% da MS predita
FDNpeDesRac	FDN fisicamente efetiva desejada na ração	% da MS predita
GG	Grupo genético	-
GordPCVZ	Gordura de peso corporal vazio	kg
GordPCVZMatur	Gordura de peso corporal vazio a maturidade	kg

GPC	Ganho de peso corporal	kg
GPCJ	Ganho de peso corporal em jejum	Kg
GPCVZ	Ganho de peso de corpo vazio	kg
IMSp	Ingestão de matéria seca predita	
IMS'	Ingestão de matéria seca não ajustada	Kg/animal/dia
IMSm	Ingestão de matéria seca para manutenção	kg/animal/dia
Mg abs	Coefficiente de absorção do magnésio	-
MudPos	Quantidade de vezes que o animal muda de posição por dia	-
NDT	Nutrientes digestíveis totais	Mcal/animal/dia
NDTDesRac	NDT desejado na ração	Mcal/kg de MS
NDTDesRacCEE	NDT desejado na ração corrigido para EE	Mcal/kg de MS
NDTExig	Exigência de NDT	Mcal/animal/dia
NivelMarm	Nível de marmorização	-
P abs	Coefficiente de absorção do fósforo	-
PB	Proteína bruta	g/animal/dia
PBExig	Exigência de PB	g/animal/dia
PC	Peso corporal	kg
PCJ	Peso corporal em jejum	kg
PCJEqv	Peso corporal em jejum equivalente	kg
PCJMatur	Peso corporal em jejum à maturidade	kg
PCJref	Peso corporal em jejum de referência	kg
PCMatur	Peso corporal à maturidade	kg
PCref	Peso corporal referência	kg
PCVZ	Peso de corpo vazio	kg
PCVZEqv	Peso de corpo vazio equivalente	kg
PDRExig	Exigência de PDR	g/animal/dia
PLgExig	Exigência de proteína líquida para ganho	g/animal/dia
PMgExig	Exigência de proteína metabolizável para ganho	-
PMmExig	Exigência de proteína metabolizável para manutenção	-
PMtotExig	Exigência de proteína metabolizável total	-
PNDRdExig	Exigência de PNDRd	g/animal/dia
PNDREXig	Exigência de PNDR	g/animal/dia
ProdPBMic	Produção de proteína bruta microbiana	g/animal/dia
ProdPMMic	Produção de proteína metabolizável microbiana	g/animal/dia
SEX	Fator de ajuste para sexo do animal	-
TempPe	Tempo que o animal permanece em pé	Hrs/dia
TempPrev	Temperatura previa	°C
TER	Inclinação do terreno	-
vitA	Exigência nutricional de vitamina A	UL/dia
vitB	Exigência nutricional de vitamina B	UI/dia
VolDesRac	Volumoso desejado na ração	% da MS predita

As equações para estimativa das exigências nutricionais levaram em conta o PC do animal, com ajustes recomendados para PCJ e PCVZ.

O peso corporal em jejum é utilizado por ser uma medida que apresenta melhor a massa do animal do que o PC (Valadares Filho et al., 2016). É adotada uma constante fixa para cálculo do PCJ a partir do PC, estabelecida pelo NRC (2000).

$$PCJ = PC \cdot 0,96 \quad (1)$$

O peso de corpo vazio representa com exatidão a massa animal, mas é impossível a mensuração real do mesmo com os animais vivos, uma vez que o PCVZ só é obtido após a lavagem do TGI. Portanto, para o cálculo dessa variável é utilizado, também, constante de acordo com NRC (2016).

$$PCVZ = PCJ \cdot 0,891 \quad (2)$$

Um impasse no cálculo das exigências nutricionais é a diferença de composição corporal entre os animais de diferentes fases. Portanto é utilizado o Peso Corporal em Jejum Equivalente (PCJeq), cujo objetivo é ajustar o peso de bovinos de diferentes pesos para um peso corporal em que eles são equivalentes na composição corporal (Valadares Filho, 2016). Essa variável é dada por:

$$PCJeq = PCJ \cdot \left(\frac{PRP}{PCJabate} \right) \quad (3)$$

O nível de marmorização do animal influencia no peso referência padrão que é utilizado no cálculo do Peso em jejum equivalente e na composição corporal à maturidade, mais especificamente na gordura no peso corporal de corpo vazio (Tabela 2).

Tabela 2- Peso referência padrão e gordura corporal no PCVZ

Nível de marmorização	Peso referência padrão	Gordura corporal no PCVZ (%)
Nenhum	400	22

Pouco	435	25
Médio	462	27
Elevado	478	28

O PCVZ também é utilizado na forma equivalente, para padronizar o peso de bovinos em diferentes fases.

$$PCVZ_{eq} = PCJ_{eq} \cdot 0,891 \quad (4)$$

3.1. Exigência de energia

As frações de concentração de energia da ração foram calculadas a partir do NDT desejado. E assim, o ED_{dr} é calculado a partir da suposição que em 1kg de NDT possui 4,409 Mcal de energia digestível (Equação 5) (NRC,1976). Já para o cálculo da EM_{dr} , suposição é que em 1Mcal de energia digestível possui 0,82 de energia metabolizável (Equação 6) (NRC,1976), como é usado no NRC (1996,2000). A energia líquida de manutenção e de ganho são calculadas a partir da concentração de energia metabolizável desejada na ração (Equações 7 e 8).

$$ED_{dr} = NDT_{dr} \cdot 0,04409 \quad (5)$$

$$EM_{dr} = EDr \cdot 0,82 \quad (6)$$

$$EL_{mdr} = 1,37 \cdot EM_{dr} - 0,138 \cdot EM_{dr}^2 + 0,0105 \cdot EM_{dr}^3 - 1,12 \quad (7)$$

$$EL_{gdr} = 1,42 \cdot EM_{dr} - 0,174 \cdot EM_{dr}^2 + 0,0122 \cdot EM_{dr}^3 - 1,65 \quad (8)$$

Para o cálculo da EL_m são levados em consideração alguns fatores que influenciam o mesmo.

$$EL_m' = PCJ^{0,75} \cdot (a1 \cdot BE \cdot COMP \cdot SEX + a2) \quad (9)$$

Em que $a1$ é coeficiente do metabolismo basal, igual a 0,077, $COMP$ é a Energia líquida de manutenção ajustada para nutrição prévia igual a $COMP = 0,8 + (ECC - 1) \cdot$

0,05, *ECC* é escore de condição corporal (escala de 1 a 9) , *SEX* é fator de efeito de gênero, a_2 é fator de aclimação $a_2 = 0,0007 \cdot (20 - T_p)$ e T_p é temperatura prévia.

A raça do bovino pode influenciar a exigência de manutenção e na ingestão de matéria seca. Por isso, dois fatores de ajuste para raça são inclusos no *software*, para aumentar a acurácia dos cálculos. São eles o fator racial (BE), que é utilizada para calcular a exigência de energia líquida de manutenção e o fator de ajuste para raça (BI), que é utilizada para calcular a ingestão de matéria seca predita. No presente trabalho foram utilizadas as raças Aberdeen Angus, Braford, Brahman, Brangus, Braunvieh, Canchim, Charolês, Chianina, Devon, Gir, Girolando, Guzerá, Hereford, Holandês, Jersey, Limousin, Nelore, Red Poll, Sahiwal, Santa Gertrudis, Shorthorn e Simmental. O BE e BI de cada raça está indicado na tabela a seguir:

Tabela 3 – Fator racial (BE) e fator de ajuste para raça (BI)

RAÇA	FATOR RACIAL (BE)	FATOR DE AJUSTE PARA RAÇA (BI)
Angus	1	1
Braford	0,95	1
Brahman	0,9	1
Brangus	0,95	1
Braunvieh	1,2	1,08
Canchim	0,9	1
Charolês	1	1
Chianina	1	1
Devon	1	1
Gir	0,9	1
Girolando	0,95	1,04
Guzerá	0,9	1
Hereford	1	1
Holandês	1,2	1,08
Jersey	1,2	1,08
Limousin	1	1
Nelore	1	1
Red Poll	1	1,04
Sahiwal	0,9	1,08
Santa Gertrudis	0,95	1
Shorthorn	1	1,04
Simmental	1,2	1

Esses valores estão de acordo com NRC (2016), tabela 19-1 e recomendações para ajuste da IMS, onde se usa BI de 1,04 para raças de duplo propósito, 1 para *Bos taurus* ou *Bos indicus* e 1,08 para raças de leite.

Alguns fatores que também influenciam na exigência de energia líquida de manutenção, são o estresse por calor e atividades realizadas. Para o cálculo do fator de estresse por calor, foi utilizado um “gradiente de estresse por calor”, com base nas recomendações do NRC (2016), onde se recomenda o uso de constantes a serem multiplicadas pela já calculada ELM. Se o animal estiver ofegante o fator de multiplicação é de 1,07, já se animal estiver ofegante com a boca aberta o fator é de 1,18. Para facilitar o fornecimento dessa informação pelo usuário do programa, foi utilizada uma barra de rolagem para fazer uma avaliação empírica do aparente estresse por calor do animal.

$$EC = EEC \cdot EL_m' \quad (10)$$

Já em relação às atividades, o ARC (1980), estima a ELM para atividades através de uma equação que leva em consideração a distância caminhada, o diferencial altimétrico, o tempo que o animal permanece em pé e a quantidade de vezes que o animal muda de posição por dia:

$$EL_{mativ} = (DistCam \cdot 0,000621 \cdot PC + DifAlt \cdot 0,00669 \cdot PC + TemPe \cdot 0,1 \cdot PC + MudPos \cdot 0,062 \cdot PC) \cdot 0,001 \quad (11)$$

Com o cálculo do estresse por calor e da energia líquida necessária para atividades é possível estimar a exigência de energia líquida para a manutenção incluindo todos os fatores influenciadores. A equação final é:

$$EL_m = [PC]^{0,75} \cdot (a1 \cdot FR \cdot COMP \cdot SEX + a2) \cdot EC + EL_{mativ} \quad (12)$$

3.2. Ingestão de matéria seca

A IMS' é a predição da IMS não ajustada para os fatores influenciadores. E a IMS é predição da ingestão já sendo levado em consideração as variáveis influenciadoras.

$$IMS' = PCJ^{0,75} \cdot (0,2435 \cdot EL_{mdr} - 0,0466 \cdot EL_{mdr}^2 - 0,0869) \quad (13)$$

$$IMS = IMS' \cdot ADTV_{DMI} \cdot BI \cdot GRAZE \cdot BFAT \quad (14)$$

O uso ou não de aditivos altera o consumo, por isso o fator de ajuste para aditivo de ração adimensional ($ADTV$) é utilizado. Se houver o uso de Monensina, o fator é igual a 0,97. Se for Lazalocida ou Lazinomicina o fator é igual a 1.

A raça é contabilizada como influenciador através do fator de ajuste para o tipo de raça (BI).

A composição corporal é inclusa na equação através do fator de ajuste para gordura corporal ($BFAT$).

$$BFAT = \begin{cases} 1, se PCJE < 350 \\ ((0,7714 + 0,00196 \cdot PCJE - 0,00000371 \cdot PCJE^2), se PCJE \geq 350 \end{cases} \quad (15)$$

O fator de correção para a disponibilidade de forragem, para animais em pasto, foi calculado de acordo com as recomendações de Brito et al. (1998). Essa diferença de referência dos outros fatores de correção foi motivada pelo melhor ajuste aos pastos e condições brasileiras. Esse modelo leva em consideração a disponibilidade de forragem por unidade animal.

$$GRAZE = 1 - e^{-0,001664 \cdot DF} \quad (16)$$

Através da energia líquida exigida para manutenção e a energia líquida de manutenção desejada na ração é possível calcular a ingestão de matéria seca para manutenção.

$$IMS_{ma} = \frac{EL_m}{EL_{mdr}} \quad (17)$$

3.3. Energia retida

A energia líquida de ganho (ELg) ou energia retida (ER) é definida como o conteúdo energético do tecido depositado. A estimativa leva em conta a proporção de gordura e proteína no ganho de tecido corporal. Em situações que a energia não limita o crescimento, ocorre uma diminuição da porcentagem de proteína e um aumento da

porcentagem de gordura. Com isso, a maturidade química é atingida quando o peso adicional contém pouca proteína (NRC,2016). A equação desenvolvida e proposta pelo NRC (2016) estabelece a ER através da quantidade de energia líquida de ganho desejada na ração e a IMS que não é destinada à manutenção.

$$ER = (IMS - IMS_m) \cdot EL_{gdr} \quad (18)$$

A ER é definida como a energia contida no tecido depositado, que é uma função da proporção de gordura e proteína no ganho de tecido corporal vazio, onde a gordura contém 9,367kcal/g e matéria orgânica livre de gordura contém por volta de 5,686kcal/g (NRC,2016).

Ganho de peso de corpo vazio é o acúmulo real de peso corporal (Valadares filho, 2016). A composição do ganho de corpo vazio é o principal determinante das exigências de energia para ganho de peso, que são estimadas a partir da energia retida no corpo. O que determina a composição do ganho de corpo vazio não é o peso corporal absoluto, mas o peso relativo ao peso à maturidade do animal (Valadares Filho, 2010).

$$GPCVZ = 12,341 \cdot PCVZe q^{0,6837} \cdot ER^{0,9116} \quad (19)$$

O ganho de peso corporal em jejum é calculado a partir de uma constante que foi descoberta a partir de um banco de dados que continham o ganho de peso corporal em jejum e o ganho de peso de corpo vazio de diversos animais, retirada do NRC (2016).

$$GPCJ = \frac{GPCVZ}{0,956} \quad (20)$$

O ganho de peso corporal é estimado a partir da constante de conversão de peso corporal a peso corporal em jejum. É utilizado a mesma constante de peso para ganho de peso devido ao fato de os pesquisadores ainda não terem encontrado uma constante que seja estatisticamente correta.

$$GPC = \frac{GPCJ}{0,96} \quad (21)$$

Os dias necessários para alcançar tal ganho são estimados a partir da diferença de peso final e inicial sobre o ganho de peso corporal em jejum. O ganho de peso no período dividido pelo ganho de peso diário resulta na quantidade de dias necessários para alcançar o peso desejado.

$$Dias\ de\ ganho = \frac{PCJ_{fin} - PCJ_{inc}}{GPCJ} \quad (22)$$

3.4 Exigência de proteína

Para o cálculo de exigência de proteína metabolizável é necessário a PL_g e uma eficiência de uso da PM_g que é prevista levando em consideração o peso de corpo vazio equivalente.

$$PL_g = GPCJ \cdot (268 - 29,4 \cdot ER \div GPCJ) \quad (23)$$

$$EficPM_g = 0,834 - 0,00114 \cdot PCVZ_{eq} \quad (24)$$

$$PM_g = \frac{PL_g}{EficPM_g} \quad (25)$$

Para manutenção, a exigência de proteína metabolizável leva em conta o peso metabólico em jejum e uma constante de multiplicação. A exigência total de PM é a soma da PM de ganho e PM de manutenção, uma vez que estamos trabalhando apenas com animais em crescimento e terminação.

$$PM_m = PCJ^{0,75} \cdot 3,8 \quad (26)$$

Exigência de proteína metabolizável total

$$PM_{tot} = PM_g + PM_m \quad (27)$$

A proteína microbiana sintetizada no rúmen pode suprir cerca de 50% do total necessário de PM exigida pelos bovinos de corte, dependendo da PNDR da dieta. (NRC,2016).

A proteína microbiana é originada da PDR. Para estimar a produção de proteína bruta microbiana é utilizado o NDT desejado na ração, pois NDT e PB microbiana possuem

relação positiva. Porém, o NDT deve ser corrigido para extrato etéreo desejado na ração. Isso se dá, devido ao fato de o aumento do EE da ração gera um aumento considerável no NDT, mas esse aumento não resulta em mais PB microbiana. Isso evita que a produção de proteína bruta microbiana não seja superestimada.

$$NDT_{drCEE} = NDT_r - 2,25 \cdot EE_{dr} \quad (28)$$

Com essa condição, se o extrato etéreo desejado na ração for menor que 3,9 a equação que deve ser usada para predição da PB microbiana é:

$$PB_{mic} = (42,73 + 0,87 \cdot NDT_{dr} \cdot IMS) \quad (29)$$

Caso EE desejado na ração for maior que 3,9, então:

$$PB_{mic} = (53,33 + 0,96 \cdot NDT_{drCEE} \cdot IMS) \quad (30)$$

Para a conversão de PB microbiana para PM é utilizado uma constante, de acordo com o NRC (2016).

$$PM_{mic} = PB_{mic} \cdot 0,64 \quad (31)$$

A exigência de proteína bruta é calculada a partir da soma da estimativa de proteína bruta microbiana (PDR) e PNDR.

$$PDR = PB_{mic} \quad (32)$$

$$PNDR_d = PM_{tot} - PM_{mic} \quad (33)$$

$$PNDR = \frac{PNDR_d \cdot VDR \cdot 0,01}{0,6} + \frac{PNDR_d \cdot CDR \cdot 0,01}{0,8} \quad (34)$$

$$PB = PDR + PNDR \quad (35)$$

3.5.Exigência de aminoácidos

A proteína verdadeira digerida é equivalente ao aminoácido absorvido (NRC,2016). As exigências de aminoácidos metabolizáveis para manutenção e crescimento pressupõe a composição média de aminoácidos nos tecidos.

Tabela 4- Composição de aminoácidos nos tecidos (g AA/100g proteína)

Aminoácidos	Composição tecidual (%)
Lisina (LYS)	6,4
Metionina (MET)	2,0
Leucina (LEU)	6,7
Isoleucina (ILE)	2,8
Valina (VAL)	4,0
Triptofano (TRP)	0,6
Fenilalanina (PHE)	3,5
Histidina (HIS)	2,5
Treonina (THR)	3,9
Arginina (ARG)	3,3

Essas constantes devem ser multiplicadas pela exigência de proteína metabolizável de manutenção e de ganho para, respectivamente, gerar a exigência de aminoácidos para manutenção e para ganho.

$$\text{Exigência total de aminoácidos} = \text{Exigência manutenção} + \text{Exigência ganho}$$

3.6.Exigência de minerais

As exigências dos minerais são calculadas a partir da soma das exigências para manutenção e para ganho e o resultado dividido pelo coeficiente de absorção.

Tabela 5- Equações de exigências de minerais para manutenção e para ganho

Mineral	Exigência para manutenção	Exigência para ganho	Coeficiente de absorção
Cálcio	$PC \cdot 0,0154$	$PL_g \cdot 0,071$	0,5
Fósforo	$PC \cdot 0,016$	$PL_g \cdot 0,039$	0,68
Magnésio	$PC \cdot 0,003$	$(GPGJ/0,96) \cdot 0,45$	0,2

3.7.Exigência minerais dietéticos

A partir da correção da exigência total pelo coeficiente de absorção do elemento inorgânico no trato digestivo do animal, obtém-se a exigência dietética de elemento mineral (Leonel, 2006).

Tabela 6- Equações de exigências de minerais dietéticos

Mineral	Equação de exigência
Cálcio	$ExigTotCA \div Ca_{abs}$
Fósforo	$ExigTotP \div P_{abs}$
Sódio	$(IMS \cdot 0,0007) \cdot 1000$
Cloro	$(IMS \cdot 0,0004) \cdot 1000$
Potássio	$(IMS \cdot 0,006) \cdot 1000$
Magnésio	$ExigTotMg \div Mg_{abs}$
Enxofre	$(IMS \cdot 0,00015) \cdot 1000$
Cobalto	$IMS \cdot 0,15$
Cromo	$IMS \cdot 0,4$
Cobre	$IMS \cdot 10$
Ferro	$IMS \cdot 50$
Iodo	$IMS \cdot 0,5$
Manganês	$IMS \cdot 20$
Molibdênio	$IMS \cdot 5$
Selênio	$IMS \cdot 0,1$
Zinco	$IMS \cdot 30$

3.8.Exigência de vitaminas

As vitaminas são exigidas metabolicamente pelo gado de corte para sustentar o funcionamento normal do corpo e os processos da vida, além de permitir que outros nutrientes sejam eficientemente utilizados (NRC,2016).

$$vitA = 47 \cdot PC \quad (36)$$

$$vitD = 5,7 \cdot PC \quad (37)$$

$$vitE = 0,64 \cdot PC \quad (38)$$

3.9.Predição da produção de metano

A produção entérica de metano (CH_4) pode ser estimada através de diversas equações. Dentre todas as equações publicados, foram selecionadas uma de cada grupo dietético em relação a proporção de forragem na dieta ($\leq 20\%$, 20 a 40% e $\geq 40\%$ de forragem na dieta).

Para dietas com $\leq 20\%$ foram utilizadas duas equações e depois calculado a média entre elas. As equações são:

Ellis et. al. (2007) recomendada por NRC (2016):

$$CH_4 = [-1,02 + 0,681 \cdot IMS + 0,0481 \cdot (IMS \cdot (vol_r \cdot 0,01))] \cdot \frac{1000}{55,65} \quad (39)$$

$$CH_4 = \left(\frac{0,357 + 0,0591 \cdot (IMS \cdot EM_{dr}) \cdot 4,184}{0,05 \cdot (IMS \cdot vol_r \cdot 0,01)} + \right) \cdot \frac{1000}{55,65} \quad (40)$$

Onde $IMS \cdot EM_{dr}$ é o cálculo da EM ingerida.

Para dietas com 20 a 40% foi utilizado apenas uma equação desenvolvida por Ellis et. al. (2007) e recomendada por NRC (2016):

$$CH_4 = (2,7 + 1,16 \cdot IMS - 15,8 \cdot (IMS \cdot (EE_{dr} \cdot 0,01))) \cdot \frac{1000}{55,65} \quad (41)$$

Onde $(IMS \cdot (EE_{dr} \cdot 0,01))$ é o cálculo do EE ingerido.

Para dietas com $\geq 40\%$ também foram utilizadas duas equações e calculado a média entre elas:

Mills et. al. (2003) recomendada por NRC (2016):

$$CH_4 = 45,95 \cdot (1 - e^{-0,003 \cdot IMS \cdot EM_{dr} \cdot 4,184}) \cdot 1000/55,65 \quad (42)$$

P. Escobar-Bahamondes (2014), recomendado por NRC (2016):

$$CH_4 = 71,5 + 0,12 \cdot PC + 0,1 \cdot IMS^3 - 244,8 \cdot (IMS \cdot (EE_{dr} \cdot 0,01))^3 \quad (43)$$

3.10. Predição do pH ruminal

$$pH_{FDN} = 5,53 + 0,022 \cdot FDN_{dr} \quad (44)$$

Onde FDN_{dr} é o FDN desejado na ração

Se o FDN_{dr} for menos que 26,3 então

$$pH_{FDN_{pe}} = 5,46 + 0,038 \cdot FDN_{pe_{dr}} \quad (45)$$

Se não, $pH_{FDN_{pe}} = 6,46$

3.11. Teste de sensibilidade

Para verificar o funcionamento adequado do *software* desenvolvido procedeu-se análise de sensibilidade. Utilizou-se dois pesos corporais (380 e 430 kg) com seis ganhos de peso corporal (0,800, 1,000, 1,200, 1,400, 1,600 e 1,800 kg) para formulação de ração com os mesmos alimentos e foram avaliados os valores gerados.

As rações foram formuladas com dados de entrada padronizados, sendo o peso e o ganho de peso os únicos valores modificados, no teste de sensibilidade. Os dados de entrada utilizados consideraram machos castrados, com escore de condição corporal igual a quatro, a raça dos animais foi Aberdeen Angus, com pouco marmoreio desejado, com utilização de monensina e em sistema de confinamento. Os alimentos utilizados também foram os mesmos em todas as rações do teste de sensibilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O programa *BOVSIS* é compatível com os sistemas operacionais *Windows* 7, 8 e 10 e exige resolução mínima de tela, de 1366 x 750. O *software* foi desenvolvido por meio da integração de seis formulários (Figura 1). As setas indicam a possibilidade de acesso de cada formulário. O formulário de identificação foi criado para permitir acesso ao programa apenas para usuários previamente registrados. Com o fornecimento da senha correta, o usuário é direcionado ao formulário principal, onde é possível acessar o formulário de exigências nutricionais e de composição de alimentos. O acesso direto do formulário principal ao formulário de rações não é permitido, uma vez que a formulação das rações é dependente do prévio cálculo de exigências nutricionais e da seleção dos alimentos disponíveis no banco de dados do formulário de alimentos.

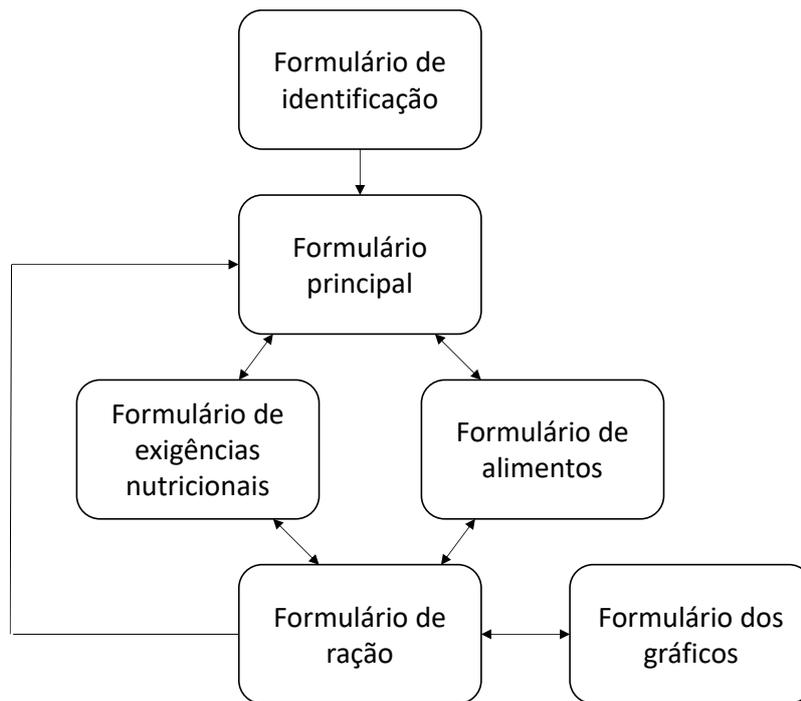


Figura 1 – Representação diagramática do *software* BOVSIS.

O formulário de ração está interconectado com os formulários de exigência nutricional, de alimentos e de gráficos. Do formulário de rações é possível também acessar o formulário principal, caso o objetivo seja sair do programa.

O formulário de identificação (Figura 2) tem o objetivo de selecionar a entrada dos usuários por meio da inserção de uma senha previamente cadastrada. Esse formulário é carregado por meio do acionamento de um ícone, disponibilizado automaticamente na área de trabalho do *Windows*, após a instalação do programa. Com o fornecimento da senha correta, o usuário é direcionado ao formulário principal e o formulário de identificação é automaticamente descarregado da memória, poupando recursos da máquina.



Figura 2 – Tela do formulário de identificação, para inserção de senha e acesso ao software *BOVSIS*.

O formulário principal (Figura 3) contém alguns ícones de acesso em sua região superior. O posicionamento do ponteiro do mouse sobre cada ícone revela ao usuário sua identificação. Além do ícone de ajuda e dos ícones de acesso aos formulários de exigências nutricionais e de seleção de alimentos, há ícones associados aos comandos de salvamento e carregamento de dados e encerramento do programa.



Figura 3 – Tela do formulário inicial do *software BOVSIS*.

O formulário de exigências nutricionais (Figura 4) foi desenvolvido para inserção de dados necessários para cálculo das exigências de energia, proteína, minerais, vitaminas e aminoácidos, além de estimativas de ingestão de matéria seca.

Entrada de dados

Identificação do lote: Lote A - Período III

Confin. Pastejo Estimar

Características dos animais

Número de animais: 1.000

Peso corporal inicial: 400,00kg

Peso corporal final: 460,00kg

Peso corp. à maturidade: 650,00kg

Escore de condição corporal: 4,0

Castrados ou fêmeas Machos inteiros Uso de implante anabólico

Raça: **Angus** / Marmoreio: **Nenhum**

Braford / **Pouco**

Atividades

Distância caminhada: 750,0 m/dia

Diferencial altimétrico: 0,0 m

Permanência em pé: 9,0 horas/dia

Levantar/deitar: 15 vezes/dia

Característ. desejadas da ração (na MS)

Energia (NDT): 78,00%

Ganho de peso estimado = 1,684 kg/dia

Extrato Etéreo (EE): 4,50%

Fibra em D. Neutro (FDN): 22,50%

FDN físic. efetiva (FDNfe): 12,00%

Relação vol/con: 20,00% / 80,00%

FDN do volumoso (FDNvol): 8,00%

Carboidratos não fibrosos: 60,00%

Teor de amido: 50,00%

Aditivo utilizado: Nenhum / **Monensina**

Disp. de pasto: 3.200kg de MS/ha

Taxa de lotação: 2,5 animais/ha

Outros

Temperatura prévia: 20,00°C

Estresse por calor ---> **AUSENTE**

Valor da @ de PV: R\$160,00

Custo da ração no custo total: 84,3%

Valores calculados

Peso e Ganho | IMS e Energia | Proteína | Minerais e Vit. | Aminoácidos

Peso corporal

Peso corporal médio no período = 430,00 kg

Peso corporal em jejum médio = 412,80 kg

Peso de corpo vazio médio = 367,80 kg

Peso corporal em jejum à maturidade = 624,00 kg

Peso corporal em jejum referência = 435,00 kg

Peso corporal em jejum equivalente = 287,77 kg

Peso de corpo vazio equivalente = 256,40 kg

Gordura corporal à maturidade = 25,00 %

Ganho de peso corporal

Ganho de peso corporal = 1,684 kg/dia

Ganho de peso corporal em jejum = 1,617 kg/dia

Ganho de peso de corpo vazio = 1,546 kg/dia

Período de ganho de peso = 35,6 dias

Figura 4 – Tela do formulário de exigências nutricionais do *software BOVSIS*, com apresentação dos resultados da aba **Peso e Ganho**.

A edição dos dados de entrada é realizada na metade esquerda da tela. Nesse formulário, o método de inserção de dados foi idealizado para minimizar a necessidade de utilização do teclado, além de evitar erros provocados pela utilização de valores equivocados na alimentação do modelo. Para tal, foi desenvolvida uma barra de controle, associada a cada dado de entrada, que altera o valor das variáveis por meio do deslizamento de um ponteiro. A alteração de cada barra de controle, é caracterizada como um evento que modifica as exigências nutricionais. Cada uma dessas barras de controle se torna visível para o usuário, apenas quando o ponteiro do mouse é sobreposto a variável em edição (a Figura 4 exemplifica esse evento, com a variável número de animais).

O modelo do NRC (2016) permite a predição do ganho a partir do NDT. Portanto, para melhor visualização e entendimento do usuário, a predição do ganho de peso é exibida logo abaixo da barra de controle do NDT, permitindo o monitoramento do ganho de peso desejado.

As estimativas de exigências são apresentadas no quadro localizado na metade direita da tela do formulário. Na primeira tela do quadro são apresentadas as medidas de peso e ganho de peso (Figura 4). A segunda tela do quadro contém a apresentação de estimativas de consumo e de exigências de energia (Figura 5).

The screenshot displays the BOVSIS software interface, which is used for calculating nutritional requirements for livestock. The interface is divided into several sections:

- Entrada de dados (Data Entry):**
 - Identificação do lote:** Lote A - Período III
 - Características dos animais:**
 - Número de animais: 1.000
 - Peso corporal inicial: 400,00kg
 - Peso corporal final: 460,00kg
 - Peso corp. à maturidade: 650,00kg
 - Escore de condição corporal: 4,0
 - Sexo: Castrados ou fêmeas, Machos inteiros
 - Uso de implante anabólico:
 - Raça: Angus / Braford
 - Marmorado: Nenhum / Pouco
 - Atividades:**
 - Distância caminhada: 750,0 m/dia
 - Diferencial altimétrico: 0,0 m
 - Permanência em pé: 9,0 horas/dia
 - Levantar/deitar: 15 vezes/dia
- Característ. desejadas da ração (na MS) (Desired characteristics of the ration (in MS)):**
 - Energia (NDT): 78,00%
 - Ganho de peso estimado = 1,684 kg/dia
 - Extrato Etéreo (EE): 4,50%
 - Fibra em D. Neutro (FDN): 22,50%
 - FDN físic. efetiva (FDNfe): 12,00%
 - Relação vol/con: 20,00% / 80,00%
 - FDN do volumoso (FDNvol): 8,00%
 - Carboidratos não fibrosos: 60,00%
 - Teor de amido: 50,00%
 - Aditivo utilizado: Nenhum / Monensina
 - Disp. de pasto: 3.200kg de MS/ha
 - Taxa de lotação: 2,5 animais/ha
- Outros (Others):**
 - Temperatura prévia: 20,00°C
 - Estresse por calor ---> **AUSENTE**
 - Valor da @ de PV: R\$160,00
 - Custo da ração no custo total: 84,3%
- Valores calculados (Calculated values):**
 - Peso e Ganho (Weight and Gain):**
 - IMS e Energia
 - Proteína
 - Minerais e Vit.
 - Aminoácidos
 - Ingestão de matéria seca (Dry matter intake):**
 - Ingestão de MS para manutenção = 3,970 kg/dia
 - IMS não ajustada = 9,927 kg de MS/dia
 - Ajuste da IMS pela gordura corporal = 1,0000
 - Correção da IMS pela disp. de forragem = 1,0000
 - Ingestão predita de MS = 9,052 kg/dia
 - Ingestão predita de MS = 2,1051 % do PC
 - Exigência de energia (Energy requirement):**
 - Coefficiente COMP = 0,9500
 - Coefficiente a1 = 0,0770 Mcal/kg de PC075
 - Fator racial (BE) = 1
 - Fator de aclimação (a2) = 0,000000
 - Fator de estresse por calor = 1,0000
 - Exigência de ELm = 6,6991 Mcal/dia
 - Exigência de EL ativ = 0,9872 Mcal/dia
 - Energia retida = 6,5614 Mcal/dia
 - Exigência de EM = 26,1129 Mcal/dia
 - Exigência de ED = 31,1291 Mcal/dia
 - Exigência de NDT = 7,0603 kg/dia

Figura 5 – Tela do formulário de exigências nutricionais do *software BOVSIS*, com apresentação dos resultados da aba IMS e Energia.

As exigências de proteína são apresentadas na terceira tela do quadro (Figura 6). É importante notar que o programa permite que o usuário altere as estimativas de exigências de PDR, PNDRd e PB calculadas pelo modelo do NRC (2016), caso haja discordância dos valores apresentados. Isso pode ser feito por meio do deslizamento do ponteiro das barras de controle, associadas aos dados apresentados. O mesmo procedimento pode ser feito para as estimativas de exigências dietéticas de cada mineral, vitamina e aminoácido (Figuras 7 e 8, respectivamente). Esse formulário ainda apresenta estimativas de pH ruminal e produção de metano, além da opção de geração de relatórios em formato .txt.

UFSJ Universidade Federal de São João del-Rei Departamento de Zootecnia

Entrada de dados

Identificação do lote: Lote A - Período III

Características dos animais

Número de animais: 1.000
 Peso corporal inicial: 400,00kg
 Peso corporal final: 460,00kg
 Peso corp. à maturidade: 650,00kg
 Escore de condição corporal: 4,0

Castrados ou fêmeas
 Machos inteiros
 Uso de implante anabólico

Raça: Angus / Braford
 Marmoreio: Nenhum / Pouco

Atividades

Distância caminhada: 750,0 m/dia
 Diferencial altimétrico: 0,0 m
 Permanência em pé: 9,0 horas/dia
 Levantar/deitar: 15 vezes/dia

Caracterist. desejadas da ração (na MS)

Energia (NDT): 78,00%
 Ganho de peso estimado = 1,684 kg/dia
 Extrato Etéreo (EE): 4,50%
 Fibra em D. Neutro (FDN): 22,50%
 FDN físic. efetiva (FDNfe): 12,00%
 Relação vol/con: 20,00% / 80,00%
 FDN do volumoso (FDNvol): 8,00%
 Carboidratos não fibrosos: 60,00%
 Teor de amido: 50,00%

Aditivo utilizado: Nenhum / Monensina

Disp. de pasto: 3.200kg de MS/ha
 Taxa de lotação: 2,5 animais/ha

Outros

Temperatura prévia: 20,00°C
 Estresse por calor ---> **AUSENTE**
 Valor da @ de PV: R\$160,00
 Custo da ração no custo total: 84,3%

Valores calculados

Peso e Ganho IMS e Energia Proteína Minerais e Vit. Aminoácidos

Exigência de proteína

Exigência de PMm = 348,01 g/dia
 Exigência de PLg = 240,43 g/dia
 Eficiência de utiliz. da PMg = 49,20%
 Exigência de PMg = 488,68 g/dia

Exigência total de PM = 836,68 g/dia

PB microbiana = 643,14 g/dia
 PM microbiana = 411,61 g/dia

Exigência de PDR = 643,14 g/dia
 Exigência de PNDRd = 425,07 g/dia
 Exigência de PNDR = 546,52 g/dia
 Exigência de PB = 1189,7 g/dia

PDR na ração = 7,82% da MS
 PNDRd na ração = 4,70% da MS
 PNDR na ração = 6,04% da MS
 PB na ração = 13,14% da MS

Figura 6 – Tela do formulário de exigências nutricionais do software BOVSIS, com apresentação dos resultados da aba Proteína.

UFSJ Universidade Federal de São João del-Rei Departamento de Zootecnia

Entrada de dados

Identificação do lote: Lote A - Período III

Características dos animais

Número de animais: 1.000
 Peso corporal inicial: 400,00kg
 Peso corporal final: 460,00kg
 Peso corp. à maturidade: 650,00kg
 Escore de condição corporal: 4,0

Castrados ou fêmeas
 Machos inteiros
 Uso de implante anabólico

Raça: Angus / Braford
 Marmoreio: Nenhum / Pouco

Atividades

Distância caminhada: 750,0 m/dia
 Diferencial altimétrico: 0,0 m
 Permanência em pé: 9,0 horas/dia
 Levantar/deitar: 15 vezes/dia

Caracterist. desejadas da ração (na MS)

Energia (NDT): 78,00%
 Ganho de peso estimado = 1,684 kg/dia
 Extrato Etéreo (EE): 4,50%
 Fibra em D. Neutro (FDN): 22,50%
 FDN físic. efetiva (FDNfe): 12,00%
 Relação vol/con: 20,00% / 80,00%
 FDN do volumoso (FDNvol): 8,00%
 Carboidratos não fibrosos: 60,00%
 Teor de amido: 50,00%

Aditivo utilizado: Nenhum / Monensina

Disp. de pasto: 3.200kg de MS/ha
 Taxa de lotação: 2,5 animais/ha

Outros

Temperatura prévia: 20,00°C
 Estresse por calor ---> **AUSENTE**
 Valor da @ de PV: R\$160,00
 Custo da ração no custo total: 84,3%

Valores calculados

Peso e Ganho IMS e Energia Proteína Minerais e Vit. Aminoácidos

Exigência de macrominerais, microminerais e vitaminas

	Mantença (g/dia)	Ganho (g/dia)	Total (g/dia)	C. Abs (%)	Dietético (g/dia)
Ca	6,62	17,07	23,69	50,00	47,38
P	6,88	9,38	16,26	68,00	23,91
Na	-	-	-	-	6,34
Cl	-	-	-	-	3,62
K	-	-	-	-	54,31
Mg	1,29	0,76	2,05	20,00	10,24
S	-	-	-	-	13,58

	(mg/dia)	(mg/dia)	(mg/dia)	(%)	(mg/dia)
Co	-	-	-	-	1,36
Cu	-	-	-	-	90,52
Fe	-	-	-	-	452,59
I	-	-	-	-	4,53
Mn	-	-	-	-	181,03
Se	-	-	-	-	0,91
Zn	-	-	-	-	271,55

Vitamina A: 20.210,0 UI/dia
 Vitamina D: 2.451,0 UI/dia
 Vitamina E: 275,2 UI/dia

Animais em período de adaptação

Figura 7 – Tela do formulário de exigências nutricionais do software BOVSIS, com apresentação dos resultados da aba Minerais e Vit.

The screenshot displays the BOVSIS software interface, which is used for calculating nutritional requirements and amino acid levels for livestock. The interface is divided into several sections:

- Entrada de dados (Data Entry):**
 - Identificação do lote:** Lote A - Período III
 - Características dos animais:**
 - Número de animais: 1.000
 - Peso corporal inicial: 400,00kg
 - Peso corporal final: 460,00kg
 - Peso corp. à maturidade: 650,00kg
 - Escore de condição corporal: 4,0
 - Castrados ou fêmeas
 - Machos inteiros
 - Uso de implante anabólico
 - Raça:** Angus / Braford
 - Marmoreio:** Nenhum / Pouco
 - Atividades:**
 - Distância caminhada: 750,0 m/dia
 - Diferencial altimétrico: 0,0 m
 - Permanência em pé: 9,0 horas/dia
 - Levantar/deitar: 15 vezes/dia
- Caracterist. desejadas da ração (na MS):**
 - Energia (NDT): 78,00%
 - Ganho de peso estimado = 1,684 kg/dia
 - Extrato Etéreo (EE): 4,50%
 - Fibra em D. Neutro (FDN): 22,50%
 - FDN físic. efetiva (FDNfe): 12,00%
 - Relação vol/con: 20,00% / 80,00%
 - FDN do volumoso (FDNvol): 8,00%
 - Carboidratos não fibrosos: 60,00%
 - Teor de amido: 50,00%
 - Aditivo utilizado: Nenhum / Monensina
 - Disp. de pasto: 3.200kg de MS/ha
 - Taxa de lotação: 2,5 animais/ha
- Outros:**
 - Temperatura prévia: 20,00°C
 - Estresse por calor ---> **AUSENTE**
 - Valor da @ de PV: R\$160,00
 - Custo da ração no custo total: 84,3%

- Valores calculados (Calculated Values):**
- Exigência de aminoácidos digestíveis (g/dia):**

	Mantença	Ganho	Total	
Lisina (Lys)	22,27	31,28	53,55	▬
Metionina (Met)	6,96	9,77	16,73	▬
Leucina (Leu)	23,32	32,74	56,06	▬
Isoleucina (Ile)	9,74	13,68	23,43	▬
Valina (Val)	13,92	19,55	33,47	▬
Triptofano (Trp)	2,09	2,93	5,02	▬
Fenilalanina (Phe)	12,18	17,10	29,28	▬
Histidina (His)	8,70	12,22	20,92	▬
Treonina (Thr)	13,57	19,06	32,63	▬
Arginina (Arg)	11,48	16,13	27,61	▬
- Outras variáveis:**
 - pH estimado pela FDN = 6,0250
 - pH estimado pela FDNfe = 5,9160
 - Metano estimado = 109,04 g/dia
 - ED desejada na ração = 3,4390 Mcal/kg de MS
 - EM desejada na ração = 2,8849 Mcal/kg de MS
 - ELm desejada na ração = 1,9359 Mcal/kg de MS
 - ELg desejada na ração = 1,2913 Mcal/kg de MS

Figura 8 – Tela do formulário de exigências nutricionais do *software BOVSIS*, com apresentação dos resultados da aba Aminoácidos.

O formulário de alimentos (Figura 9) permite acesso a um banco de dados com capacidade para 745 alimentos cujas composições têm como base o banco de alimentos do CNCPS (2008) e as Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos Para Ruminantes (Valadares Filho et al., 2015). Esses alimentos podem ser editados, criados e excluídos, de acordo com a necessidade de cada usuário.

Banco de alimentos para edição da composição e seleção para formulação de rações

Vol. U. Vol. S. Conc. E Conc. P. Subprod. Miner.

Concentrados energéticos

- 34-Mandioca Raspa 3
- 35-Melaço 1
- 36-Melaço 2
- 37-Melaço em pó 1
- 38-Melaço em pó 2
- 39-Milheiro grão 1
- 40-Milheiro grão 2
- 41-Milheiro grão 3
- 42-Milheiro grão 4
- 43-Milheiro grão 5
- 44-Milho grão 1
- 45-Milho grão 2
- 46-Milho grão 3
- 47-Milho grão 4
- 48-Milho grão 5
- 49-MDPS 1
- 50-MDPS 2
- 51-MDPS 3
- 52-Milho espiga 1
- 53-Milho espiga 2
- 54-Milho espiga 3

Min: 0,00 % Máx: 70,00 %

Nome: 44-Milho grão 1

Tabela para edição do alimento 44-Milho grão 1

Tipo de alimento: Concentrado Energético

Variáveis	Valores	Unidades	Variáveis	Valores	Unidades
Preço	0,6200	RS / kg	Phe	4,6700	% da PNDR
MS	87,9100	% da MN	Trp	0,7700	% da PNDR
FDN	13,9100	% da MS	Ca	0,0300	% da MS
Lignina	8,4800	% da FDN	P	0,2500	% da MS
FDNpe	40,0000	% da FDN	Mg	0,1300	% da MS
Amido	98,0000	% do CNF	Cl	0,0400	% da MS
PB	9,0500	% da MS	K	0,3600	% da MS
PB-A	22,1400	% da PB	Na	0,0300	% da MS
PB-B	50,5700	% da PB	S	0,0500	% da MS
PIDN	14,5000	% da PB	Co	0,0000	mg / kg
PIDA	2,1500	% da PB	Cu	3,6900	mg / kg
PB-kd	2,5400	% / hora	I	0,0000	mg / kg
EE	4,0200	% da MS	Fe	47,9500	mg / kg
MM	1,6100	% da MS	Mn	9,2400	mg / kg
Met	1,8000	% da PNDR	Se	0,0700	mg / kg
Lys	2,7700	% da PNDR	Zn	21,0700	mg / kg
Arg	4,5600	% da PNDR	Dig-PB	85,0000	%
Thr	3,4400	% da PNDR	Dig-PNDR	78,0000	%
Leu	11,7700	% da PNDR	Dig-EE	95,0000	%
Ile	3,2200	% da PNDR	Vit-A	0,0000	UI / kg
Val	4,6700	% da PNDR	Vit-D	0,0000	UI / kg
His	2,7700	% da PNDR	Vit-E	0,0000	UI / kg

Aplicar redução de energia digestível (ED) em função do nível de ingestão de matéria seca (MS), para todos alimentos.

Quadro de valores estimados para o alimento selecionado

FDN fis. efetiva = 5,5640 % da MS
 FDN do vol. = 0,0000 % da MS
 Lignina = 1,1796 % da MS
 CNF = 72,7223 % da MS
 Amido = 71,2678 % da MS

CNF digestível = 71,2678 % da MS
 FDN divestível = 6,7992 % da MS
 PB digestível = 8,9722 % da MS
 EE digestível = 3,0200 % da MS

Redução de digestib. = 0,0000 %
 kp = 4,1984 / hora

NDT (manutenção) = 86,8342 % da MS
 NDT (produção) = 86,8342 % da MS
 ED (manutenção) = 3,7651 Mcal / kg de MS
 ED (produção) = 3,7651 Mcal / kg de MS
 EM (produção) = 3,3575 Mcal / kg de MS
 PDR = 3,7288 % da MS
 PNDR = 5,3212 % da MS
 PNDRd = 4,1506 % da MS

Figura 9 – Tela do formulário de criação, seleção e edição de alimentos do *software BOVSIS*.

A seleção de alimentos é realizada por meio de caixas de listagem contidas em páginas do quadro localizado na região esquerda da tela do formulário. A marcação da caixa de seleção de um dado alimento indica ao programa que o esse alimento será utilizado na ração a ser formulada. Ao centro da tela do formulário se encontra a tabela de composição do alimento selecionado, onde é possível alterar cada valor exposto. Na região esquerda da tela são apresentadas as estimativas das frações digestíveis, da concentração energética, da taxa de passagem da PB e das proporções de PDR e PNDR de cada alimento selecionado. É importante notar que todas as estimativas podem ser alteradas, caso o usuário discorde dos valores calculados. Na parte inferior da tela existe uma caixa de seleção que permite ao usuário optar por aplicar reduções de digestibilidade por nível de consumo acima da manutenção.

O formulário de ração (Figuras 10 e 11) foi arquitetado para permitir a visualização simultânea do nome, porcentual na ração e quantidade dos alimentos usados, das especificações desejadas de cada parâmetro da ração, bem como do atendimento dessas

especificações e das diferenças entre os valores desejados e atendidos. No quadrante esquerdo da tela está localizada a tabela com os nomes, porcentagens e quantidades (em kg de MS e MN) de cada alimento disponível para formulação, bem como valores mínimos e máximos desejados. Essa opção pode ser utilizada em situações onde existe possibilidade de toxidez e até a baixa disponibilidade de um certo alimento. Assim, no momento da otimização, esses valores vão ser usados como restrições pelo algoritmo. Apenas as porcentagens podem ser editadas pelo usuário, sendo as quantidades automaticamente calculadas pelo programa, em função da predição de IMS e do teor de matéria seca de cada alimento.

Alimentos utilizados na ração					Parâmetros da ração formulada						
Alimentos	Fornecido (%)	Min (%)	Máx (%)	Fornecido (kg de MS)	Fornecido (kg de MN)	Parâmetros	Fornecido	Exigido	Diferença	Tolerância (%)	
										Menos	Mais
204-Silagem de Milho 1	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	<input checked="" type="checkbox"/> NDT (%)	0,0000	78,0000	-78,0000	1,00	3,00
32-Mandioca Raspa 1	0,00	0,00	30,00	0,00	0,00	<input checked="" type="checkbox"/> PB (%)	0,0000	13,1429	-13,1429	1,00	5,00
44-Milho grão 1	0,00	0,00	70,00	0,00	0,00	<input checked="" type="checkbox"/> PDR (%)	0,0000	7,1052	-7,1052	7,00	7,00
7-Algodão Farelo 38% 1	0,00	0,00	35,00	0,00	0,00	<input checked="" type="checkbox"/> PNDRd (%)	0,0000	4,6960	-4,6960	7,00	7,00
50-Soja Farelo 48% 1	0,00	0,00	35,00	0,00	0,00	<input checked="" type="checkbox"/> Ca (%)	0,0000	0,5235	-0,5235	2,00	30,00
29-Óleo Vegetal 1	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	<input checked="" type="checkbox"/> P (%)	0,0000	0,2641	-0,2641	2,00	30,00
4-Ca - Calcário Calcítico 1	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	<input type="checkbox"/> Na (%)	0,0000	0,0700	-0,0700		
12-Ca/P - Fosfato Bicálcic...	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	<input type="checkbox"/> S (%)	0,0000	0,1500	-0,1500		
59-Ureia	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	<input type="checkbox"/> Mg (%)	0,0000	0,1131	-0,1131		
67-Núcleo 5	0,00	0,50	2,00	0,00	0,00	<input type="checkbox"/> Co (mg/kg)	0,0000	0,1500	-0,1500		
						<input type="checkbox"/> Cu (mg/kg)	0,0000	10,0000	-10,0000		
						<input type="checkbox"/> Se (mg/kg)	0,0000	0,1000	-0,1000		
						<input type="checkbox"/> Zn (mg/kg)	0,0000	30,0000	-30,0000		
						<input type="checkbox"/> I (mg/kg)	0,0000	0,5000	-0,5000		
						<input checked="" type="checkbox"/> EE (%)	0,0000	4,5000	-4,5000	100,00	30,00
						<input checked="" type="checkbox"/> FDN (%)	0,0000	22,5000	-22,5000	30,00	30,00
						<input type="checkbox"/> FDNfe (%)	0,0000	12,0000	-12,0000		
						<input type="checkbox"/> Lys (%)	0,0000	0,5916	-0,5916		
						<input type="checkbox"/> Met (%)	0,0000	0,1849	-0,1849		
						<input type="checkbox"/> Leu (%)	0,0000	0,6193	-0,6193		

Total = 0,00 % = 0,00 kg de MS/animal/dia = 0,00 kg de MN/animal/dia Custo = R\$ 0,0000/animal/dia = R\$ 0,0000/kg de MN

Figura 10 – Tela do formulário de formulação e otimização de custos de rações do software BOVSIS, demonstrando situação de ração ainda não formulada.

No quadrante direito da tela são apresentados os parâmetros exigidos, fornecidos e as diferenças obtidas para esses parâmetros. A marcação da caixa de seleção, ao lado esquerdo da identificação do parâmetro, faz com que o modelo de otimização o considere como restrição para formulação da ração e disponibilize caixas de texto para edição dos valores de tolerância, para mais e para menos.

O ícone para desencadear o processo de otimização se encontra na parte superior da tela. Ao pressionar esse ícone, é exigido uma senha do usuário para que o programa execute o processo de otimização e, caso encontre alguma resolução possível, apresente os valores automaticamente (Figura 11), concomitantemente a uma caixa de mensagem, informando que a operação foi realizada com sucesso. Caso o programa não encontre nenhuma solução possível, o programa apresenta mensagem informando que não foi possível realizar a otimização. Esse formulário permite ainda a geração de relatórios com informações da ração formulada e a visualização de gráficos.

O formulário da formulação de ração pode ser usado de duas maneiras: (1) por tentativa e erro, onde o usuário altera a porcentagem de cada alimento com o objetivo de atender as restrições dos parâmetros selecionados. Porém esse método não garante uma redução do custo da ração. (2) Otimização, onde o usuário clica no botão de otimização na parte superior do formulário, informa a senha e assim é executado o algoritmo de otimização.

Alimentos utilizados na ração					Parâmetros da ração formulada						
Alimentos	Fornecido (%)	Min (%)	Máx (%)	Fornecido (kg de MS)	Fornecido (kg de MN)	Parâmetros	Fornecido	Exigido	Diferença	Tolerância (%)	
										Menos	Mais
204-Silagem de Milho 1	25,63258082	0,00	100,00	2,32019019	7,46041863	<input checked="" type="checkbox"/> NDT (%)	77,4984	78,0000	-0,5016	1,00	3,00
32-Mandioca Raspa 1	0,00	0,00	30,00	0,00	0,00	<input checked="" type="checkbox"/> PB (%)	13,3127	13,1429	0,1698	1,00	5,00
44-Milho grão 1	58,87760939	0,00	70,00	5,32943807	6,06237978	<input checked="" type="checkbox"/> PDR (%)	7,6025	7,1052	0,4974	7,00	7,00
7-Algodão Farelo 38% 1	10,00	0,00	10,00	0,90517229	1,00664178	<input checked="" type="checkbox"/> PNDRd (%)	4,3673	4,6960	-0,3287	7,00	7,00
50-Soja Farelo 48% 1	3,86678016	0,00	35,00	0,35001023	0,39517921	<input checked="" type="checkbox"/> Ca (%)	0,5130	0,5235	-0,0105	2,00	30,00
29-Óleo Vegetal 1	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	<input checked="" type="checkbox"/> P (%)	0,3150	0,2641	0,0509	2,00	30,00
4-Ca - Calcário Calcítico 1	1,02302963	0,00	4,00	0,09260181	0,09336742	<input type="checkbox"/> Na (%)	0,0775	0,0700	0,0075		
12-Ca/P - Fosfato Bicálcic...	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	<input type="checkbox"/> S (%)	0,0972	0,1500	-0,0528		
59-Ureia	0,10	0,10	1,00	0,00905172	0,00905172	<input type="checkbox"/> Mg (%)	0,2027	0,1131	0,0896		
67-Núcleo 5	0,50	0,50	2,00	0,04525861	0,05028735	<input type="checkbox"/> Co (mg/kg)	0,1181	0,1500	-0,0319		
						<input type="checkbox"/> Cu (mg/kg)	7,2296	10,0000	-2,7704		
						<input type="checkbox"/> Se (mg/kg)	0,0974	0,1000	-0,0026		
						<input type="checkbox"/> Zn (mg/kg)	23,596	30,0000	-6,404		
						<input type="checkbox"/> I (mg/kg)	0,1678	0,5000	-0,3322		
						<input checked="" type="checkbox"/> EE (%)	3,310	4,500	-1,190	100,00	30,00
						<input checked="" type="checkbox"/> FDN (%)	26,137	22,500	3,637	30,00	30,00
						<input type="checkbox"/> FDNfe (%)	15,418	12,000	3,418		
						<input type="checkbox"/> Lys (%)	0,5127	0,5916	-0,0789		
						<input type="checkbox"/> Met (%)	0,1824	0,1849	-0,0024		
						<input type="checkbox"/> Leu (%)	0,7840	0,6193	0,1647		

Total = 100,00 % = 9,0517 kg de MS/animal/dia = 15,0773 kg de MN/animal/dia Custo = R\$ 6,2498/animal/dia = R\$ 0,4145/kg de MN

Figura 11 – Tela do formulário de formulação e otimização de custos de rações do software BOVSIS, demonstrando situação de ração formulada, com custo otimizado.

O formulário dos gráficos (Figuras 12, 13 e 14) é constituído por três abas e fornece gráficos que vão auxiliar na avaliação da ração. São eles: relação de volumoso/concentrado, ingestão de MS e de FDN em percentagem do peso corporal, composição nutricional da ração em percentagem da MS, custo, receita, margem e margem líquida da ração.

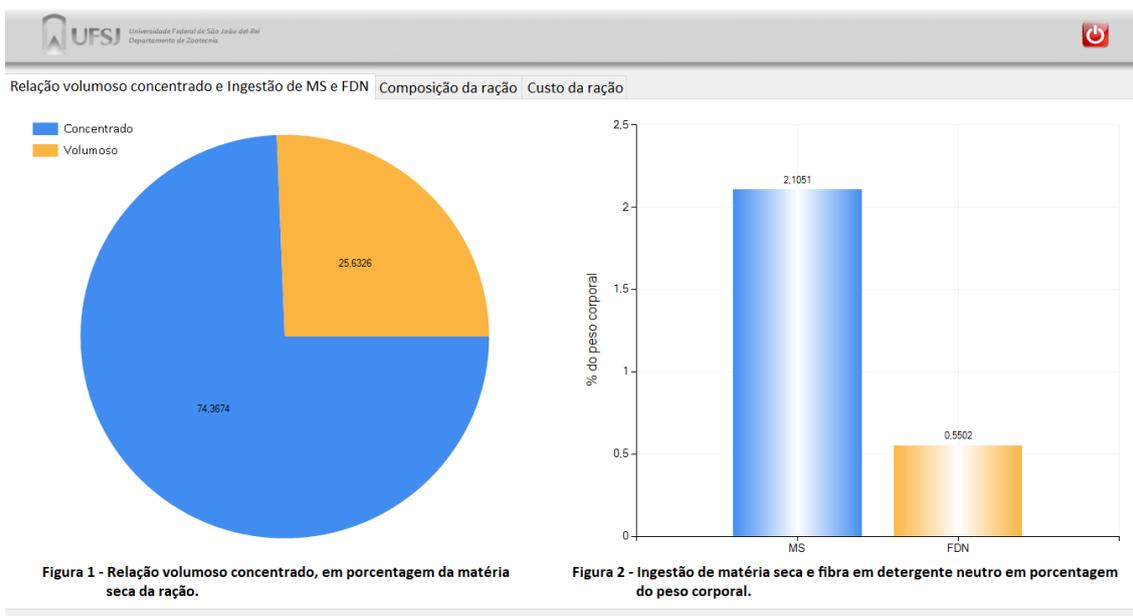


Figura 12 – Tela do formulário de apresentações gráficas de rações, com seleção da primeira aba.

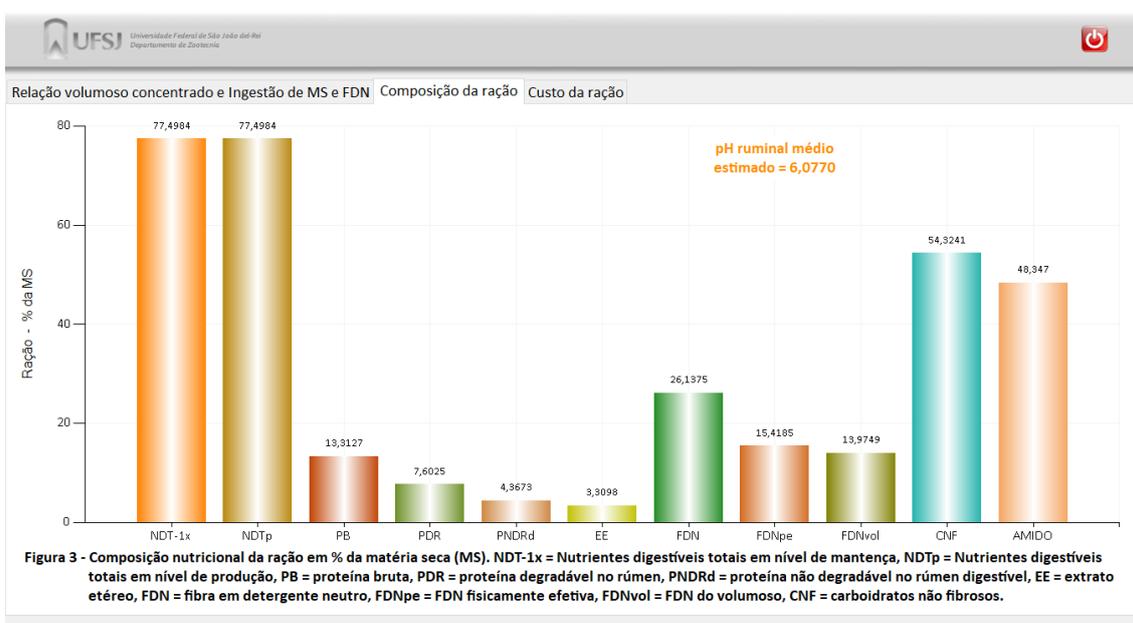


Figura 13 – Tela do formulário de apresentações gráficas de rações, com seleção da segunda aba.

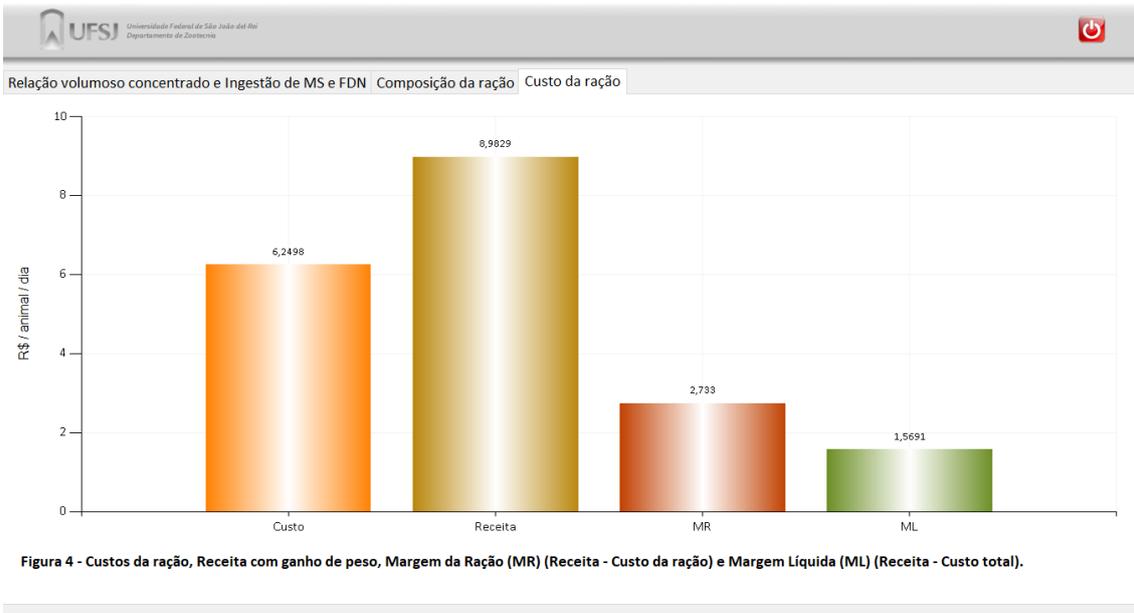


Figura 14 – Tela do formulário de apresentações gráficas de rações, com seleção da terceira aba.

4.1. Teste de sensibilidade

Ao observar os resultados obtidos no teste de sensibilidade, para os dois pesos corporais, é possível perceber diminuição na IMSp de acordo com o aumento de ganho de peso (Tabelas 7 e 8). Esse comportamento, aparentemente inconsistente, indica que, para a amplitude de desempenho testada, o modelo limita a *IMS* em função do aumento da densidade energética da ração. De fato, a densidade energética da ração é uma das variáveis independentes do modelo. Essa variação era esperada, de acordo com a teoria de Mertens (1987).

Para os mesmos níveis de ganho de peso, a IMSp foi sempre maior para o peso corporal mais elevado. Isso era esperado, visto que o peso corporal é uma das variáveis independentes do modelo.

Tabela 7– Teste de sensibilidade para consumo e exigências de energia, proteína, cálcio e fósforo, em função da variação do ganho de peso corporal, considerando animais com 380 kg de peso corporal

Variável	Unidade	Ganho de peso corporal ($kg \cdot dia^{-1}$)					
		0,800	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800
<i>IMSp</i>	$kg \cdot dia^{-1}$	8,840	8,834	8,760	8,615	8,387	8,036
<i>ELm</i>	$Mcal \cdot dia^{-1}$	6,106	6,106	6,106	6,106	6,106	6,106
<i>ER</i>	$Mcal \cdot dia^{-1}$	2,6438	3,3732	4,1238	4,8834	5,6545	6,4342
<i>EM</i>	$Mcal \cdot dia^{-1}$	19,26	20,38	21,43	22,44	23,39	24,28
<i>PMm</i>	$g \cdot dia^{-1}$	371	371	371	371	371	371
<i>PMg</i>	$g \cdot dia^{-1}$	260	321	381	440	499	557
<i>PBmic</i>	$g \cdot dia^{-1}$	467	496	543	552	579	606
<i>PNDRd</i>	$g \cdot dia^{-1}$	278	321	362	404	445	486
<i>PB</i>	$g \cdot dia^{-1}$	826	909	991	1072	1152	1231
<i>Ca</i>	$g \cdot dia^{-1}$	29,9	34,15	38,33	42,47	46,56	50,62
<i>P</i>	$g \cdot dia^{-1}$	16,29	18,01	19,7	21,37	23,02	24,66

IMSp = ingestão predita de matéria seca, *ELm* = exigência de energia líquida de manutenção, *ER* = energia retida, *EM* = exigência de energia metabolizável, *PMm* = exigência de proteína metabolizável de manutenção, *PMg* = exigência de proteína metabolizável de ganho, *PBmic* = produção de proteína bruta microbiana, *PNDRd* = exigência de proteína não degradável no rumem, digestível, *PB* = exigência de proteína bruta, *Ca* = exigência dietética de cálcio, *P* = exigência dietética de fósforo.

Em ambos os pesos, as variáveis que se relacionam com a manutenção (*ELm* e a *PMm*) não se alteraram com o aumento do ganho de peso. Porém, apresentaram maiores valores para os animais mais pesados. Já a *ER* e a *PMg* aumentaram com a elevação do ganho de peso corporal. Isso foi devido ao fato de serem fatores que estão diretamente relacionados ao ganho de peso. A produção de *PBmic* também aumentou em função da elevação do ganho de peso corporal, visto essa variável ser diretamente relacionada com a ingestão de *NDT*.

As exigências de *PNDRd* e *PB* aumentaram a medida que o ganho de peso foi aumentando, em ambos os pesos corporais. Isso ocorreu pela maior exigência proteína metabolizável de ganho de peso. As necessidades dos minerais também aumentam com

o acréscimo do ganho de peso corporal, uma vez que os minerais são elementos essenciais para o crescimento do animal.

Tabela 8 – Teste de sensibilidade para consumo e exigências de energia, proteína, cálcio e fósforo, em função da variação do ganho de peso corporal, considerando animais com 430 kg de peso corporal

Variável	Unidade	Ganho de peso corporal ($kg \cdot dia^{-1}$)					
		0,800	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800
<i>IMSp</i>	$kg \cdot dia^{-1}$	9,70	9,70	9,61	9,45	9,19	8,81
<i>ELm</i>	$Mcal \cdot dia^{-1}$	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69
<i>ER</i>	$Mcal \cdot dia^{-1}$	2,90	3,70	4,52	5,36	6,20	7,06
<i>EM</i>	$Mcal \cdot dia^{-1}$	21,17	22,39	23,55	24,64	25,69	26,67
<i>PMm</i>	$g \cdot dia^{-1}$	348	348	348	348	348	348
<i>PMg</i>	$g \cdot dia^{-1}$	245	302	357	412	466	520
<i>PBmic</i>	$g \cdot dia^{-1}$	508	540	571	601	631	660
<i>PNDRd</i>	$g \cdot dia^{-1}$	268	304	340	375	410	445
<i>PB</i>	$g \cdot dia^{-1}$	853	931	1008	1084	1159	1232
<i>Ca</i>	$g \cdot dia^{-1}$	30,4	34,3	38,2	42,0	45,8	49,5
<i>P</i>	$g \cdot dia^{-1}$	17,0	18,6	20,2	21,7	23,3	24,8

IMSp = ingestão predita de matéria seca, *ELm* = exigência de energia líquida de manutenção, *ER* = energia retida, *EM* = exigência de energia metabolizável, *PMm* = exigência de proteína metabolizável de manutenção, *PMg* = exigência de proteína metabolizável de ganho, *PBmic* = produção de proteína bruta microbiana, *PNDRd* = exigência de proteína não degradável no rumem, digestível, *PB* = exigência de proteína bruta, *Ca* = exigência dietética de cálcio, *P* = exigência dietética de fósforo.

Entre os dois pesos as estimativas de IMS, a *ELm* e a *PMm* foram menores nos animais mais leves. Esse comportamento é justificado pelo peso corporal, uma vez que as três variáveis são calculadas levando em consideração o peso. Portanto o menor peso se caracteriza por menor exigência para essas variáveis.

A *ER* é uma variável influenciada pela IMS, pela densidade energética da ração, pela composição do ganho de peso e pela exigência de energia de manutenção dos animais. Provavelmente a composição corporal foi a variável que teve maior influência nas diferenças de energia retida entre os pesos dos animais. Isso se dá devido ao modelo assumir que animais mais leves têm menor teor de gordura no ganho de peso corporal.

Por outro lado, a PMg foi maior nos animais mais leves. Esse comportamento é justificado pela diferença da composição de ganho, que gera uma maior deposição de proteína.

Em relação a produção de PB microbiana a variação se dá pela diferença de IMS e do NDT desejado na ração. A exigência de PB também foi menor para o menor peso, essa variação pode ser justificada pelos animais estarem mais próximos do peso à maturidade, gerando uma maior deposição de tecido muscular do que em animais mais jovens e consequentemente mais leves.

Como esperado, o aumento do ganho de peso corporal resultou em diminuição da participação dos alimentos volumosos na ração otimizada, especialmente para o volumoso de pior qualidade, uma vez que maiores ganhos de peso necessitam de maiores concentrações de energia na ração.

Tabela 9 – Teste de sensibilidade para formulação de rações em função da variação do ganho de peso corporal, considerando animais com 380 kg de peso corporal

<i>Alimentos¹ (%)</i>	Ganho de peso corporal ($kg \cdot dia^{-1}$)					
	0,800	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800
<i>Bagaço de cana</i>	39,8	36,21	31,82	-	-	-
<i>Silagem de milho</i>	28,32	18,58	8,89	68,44	44,89	15,13
<i>Milho grão</i>	20,38	32,31	44,93	20,13	41,10	67,14
<i>Glúten de milho²</i>	-	-	-	5,98	5,12	3,87
<i>Farelo de soja</i>	10,25	11,41	12,60	4,23	7,35	11,42
<i>Ureia</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Calcário calcítico</i>	0,68	0,91	1,16	0,62	0,93	1,30
<i>Fosfato bicálcico</i>	0,05	0,06	0,06	0,06	0,08	0,10
<i>Núcleo³</i>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
<i>Parâmetros das rações</i>						
<i>NDT (% da MS)</i>	60,69	64,2	68,15	69,72	74,66	80,9
<i>PB (% da MS)</i>	9,7	10,5	11,49	12,66	13,83	15,26
<i>FDN (% da MS)</i>	53,9	47,45	40,35	41,15	31,67	19,7
<i>Custo (R\$/Ton de MN)</i>	252,30	316,64	404,50	281,12	383,06	607,38

¹Participação dos alimentos nas rações (em % da MS). ² O Glúten de milho foi disponibilizado apenas para as rações de maior ganho, para atendimento das exigências de PNDRd. ³O núcleo foi fixado em 0,50% para todas as rações. NDT = nutrientes digestíveis totais (sem correção para nível de ingestão), PB = proteína bruta, FDN = fibra em detergente neutro.

Em relação aos alimentos concentrados, o aumento do ganho de peso aumentou a participação de notadamente milho grão e farelo de soja (Tabela 9 e Tabela 10), isso se dá devido ao fato de as exigências por energia e proteína aumentaram com o aumento do ganho de peso. Esse comportamento pode ser justificado também pelos preços dos alimentos, uma vez que com o maior ganho de peso o retorno financeiro vai ser mais rápido e com isso a utilização de alimentos mais caro se torna plausível.

Os níveis de *NDT* e *PB* da ração aumentaram com a elevação do ganho de peso corporal, o que está de acordo com o que seria esperado. Além disso o custo da ração também se elevou com o aumento do desempenho. Já o nível de fibra na ração sofreu redução com o aumento do ganho de peso. Esses comportamentos evidenciam o funcionamento adequado do programa.

Tabela 10 – Teste de sensibilidade para formulação de rações em função da variação do ganho de peso corporal, considerando animais com 430 kg de peso corporal

<i>Alimentos</i> ¹ (%)	Ganho de peso corporal (<i>kg · dia</i>⁻¹)					
	0,800	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800
<i>Bagaço de cana</i>	41,8	34,8	26,8	17,3	5,4	-
<i>Silagem de milho</i>	25,9	23,2	21,0	19,5	19,1	14,6
<i>Milho grão</i>	22,5	31,4	40,9	51,1	62,6	70,8
<i>Glúten de milho</i> ²	-	-	-	-	-	0,75
<i>Farelo de soja</i>	8,9	9,5	10,1	10,8	11,4	12,1
<i>Ureia</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Calcário calcítico</i>	0,35	0,50	0,66	0,82	0,99	1,20
<i>Fosfato bicálcico</i>	0,041	0,024	0,004	-	-	-
<i>Núcleo</i> ³	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
<i>Parâmetros das rações</i>						
<i>NDT</i> (% da <i>MS</i>)	60,8	64,3	68,2	72,6	77,8	81,1
<i>PB</i> (% da <i>MS</i>)	9,08	9,86	10,70	11,63	12,70	13,90
<i>FDN</i> (% da <i>MS</i>)	54,5	48,3	41,7	34,3	25,6	19,8
<i>Custo</i> (R\$/Ton de <i>MN</i>)	231,60	273,10	321,90	379,90	451,60	546,30

¹Participação dos alimentos nas rações (em % da *MS*). ² O Glúten de milho foi disponibilizado apenas para a ração de maior ganho, para atendimento das exigências de *PNDRd*. ³O núcleo foi fixado em 0,50% para todas as rações. *NDT* = nutrientes digestíveis totais (sem correção para nível de ingestão), *PB* = proteína bruta, *FDN* = fibra em detergente neutro.

5. CONCLUSÃO

O *software* possui interface amigável e é de fácil utilização. O método utilizado permite a formulação de rações específicas e precisas, atendendo as exigências nutricionais dos animais de acordo com a fase de produção, além de levar em consideração as restrições de quantidades máximas e mínimas de cada alimento utilizado. Os resultados gerados nesse programa são confiáveis e permitem a recomendação do seu uso para balanceamento de rações para bovinos de corte em terminação.

6. REFERÊNCIAS

ABIEC, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. Beef Report: Perfil da pecuária no Brasil. 49p. 2019

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL – AFRC. Energy and protein requirements of ruminants. 158p, 1993.

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL – ARC. The nutrient requirements of ruminant livestock. London: Commonwealth Agricultural Bureaux. 351p, 1980.

ARAÚJO, H. S.; SABBAG, O.J.; LIMA, B.T.M; ANDRIGHETTO, C.; RUIZ, U.S.; Aspectos Econômicos Da Produção De Bovinos De Corte; Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 42, n. 1, p. 82-89, jan./mar. 2012

ARRAES, N. A. M. Levantamento das aplicações das tecnologias da informação no meio rural com estudo de caso sobre a oferta de software agrícola no estado de São Paulo. 1993. 310 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. Nutrição de ruminantes. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2011. 616p.

BRITO, E.; AGUILAR, C.; CAÑAS, R.; VERA, R. Modelo de simulación para evaluar la sostenibilidad de las pasturas de la altillanura colombiana i. desarrollo y validación del modelo. Arch Latinoam. Prod. Animal. 1998

CÓCARO, H. LOPES, M.A. O uso de softwares para a bovinocultura de corte: uma revisão de literatura. Revista brasileira de agroinformática. v.6,n.1,p.64-78,2004

CSIRO – Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Nutrient requirements of domestical ruminants. CSIRO publications: Collingwood, AU, 270p. 2007.

DIAS-FILHO, M.B. Diagnostico das pastagens no Brasil. Embrapa Amazônia Oriental, 36 p. 2014.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nation. Meat Atlas: Facts and figures about the animals we eat, Germany, 2014.

FOX, D. G. et. al. Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutriente excretion. Animal Feed Science and Techonology. 112:29-78. 2004

FOX, D. G.; TYLUTKI, T. P. Accounting for the effects of envirolment on the nutriente requirements of dairy cattle. Journal Of Dairy Science. 1998

GARRETT, W.N.; MEYER, J.H.; LOFGREEN,G.P. The comparative energy requirements of sheep and cattle for maintenance and gain. Journal of Animal Science, 18:528-547, 1959

INRA. Ruminant nutrition. Recommended allowances and feed tables. Ed. R. Jarrige. IRA, Paris, France, 2007.

LANNA, D.P.D.; TEDESCHI L.O.; BELTRAME FILHO, J.A. Modelos lineares e não-lineares de uso de nutrientes para formulação de dietas de ruminantes. Sci. agric. vol.56 n.2 Piracicaba, 1999.

LEONEL, F.P. et. al. Exigências nutricionais em macronutrientes minerais (Ca, P, Mg, Na e K) para novilhos de diferentes grupos genéticos. R. Bras. Zootec., v.35, n.2, p.584-590, 2006

LOPES, M.A; MAGALHÃES, G.P. Análise da rentabilidade da terminação de bovinos de corte em condições de confinamento: um estudo de caso. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.57, n.3, 374-379, 2005.

MEIRELLES, F. S. Informática: novas aplicações em microcomputadores. 2.ed., São Paulo: Makron Books, 1994. 615p.

MERTENS,D.R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. J. Anim. Sci., 64(5):1548 - 1558.

MORAES, S. S. Importância da Suplementação Mineral para Bovino de Corte. Campo Grand: Embrapa Gado de Corte. 26p. 2001

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1976. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 5th Rev. Ed. Washington, DC: National Academy Press

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1984. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 6th Rev. Ed. Washington, DC: National Academy Press

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1996 . Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th Rev. Ed. Washington, D. C.: National Academy Press

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 2000 . Nutrient Requirements of Beef Cattle: update 2000. 7th Rev. Ed. Washington, D. C.: National Academy Press

NATIONAL RESERACH COUNCIL (NRC). Nutrient equirements of beef cattle. 8.ed. Washingyon, D. C.:234p. 2016.

OAIGEN, R. P. Avaliação da competitividade em sistemas de produção de bovinocultura de corte nas regiões sul e norte do Brasil. 2010. 233 f. Tese (Doutorado em Zootecnia)- Faculdade de Agronomia da UFRS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

OECD/FAO (2018), OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027, OECD Publishing, Paris/Food and AgricultureOrganization of the United Nations, Rome.

PALMEIRA, L.R. NUTRIGOAT: Cálculo de rações para cabras em lactação. 2015, 35p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de São João del Rei, São João del-Rei, 2015.

PAULINO, M. F.; FONTES, C. A. A.; JORGE, A. M.; GOMES JUNIOR, P. Composição corporal e exigências de energia e proteína para ganho de peso de bovinos de quatro raças Zebuínas. Rev. bras. zootec., v.28, n.3, p.627-633, 1999

PIRES, P. P. Identificação e gerenciamento eletrônicos de bovinos. In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE, 2, 2002, Lavras. Anais. Lavras: NEPEC / UFLA, 2002. p. 11-17.

REICHERT, L.J. A administração rural em propriedades familiares. Teor. Evid. Econ., Passo Fundo, v. 5, n. 10, p. 67-86, maio 1998

RENNÓ, F. P.; PEREIRA, J. K.; LEITE, C. A. M., RODRIGUES, M. T.; CAMPOS, O. F.; FONSECA, D. M.; RENNÓ, L. N.; Eficiência bioeconômica de estratégias de alimentação e sistemas de produção de leite. Revista Brasileira de Zootecnia, 37(4), 743-753, 2003.

RESENDE, E. S., Desenvolvimento de software para otimização do custo de rações para ovinos em crescimento. 2014, 59p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de São João del Rei, São João del-Rei, 2014.

SUTTLE, N. F. Mineral nutrition of livestock. 4th ed. CAB Publishing, Oxfordshire, UK. 579p. 2010.

TD Software. SUPERCRCAC. Disponível em: <<https://www.agropecuaria.inf.br/produtos/supercrac>> Acesso em: 23 de abril de 2019

TYLUTKI, T. P. et. al. Cornell Net Carbohydrate and Protein System: A model for precision feeding of dairy cattle. Anim. Feed. Sci. Technol. 2008

VALADARES FILHO et. al. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos Para Ruminantes. 2015

VALADARES FILHO, S. C., COSTA E SILVA, L. F., GIONBELLI, M. P. et al. BR-CORTE 3.0. Exigências nutricionais de zebrinos puros e cruzados. 2016

VALADARES FILHO, S. C., MARCONDES, M. I., CHIZZOTTI, M. L., PAULINO, P. V. R. BR-CORTE 2.0. Exigências nutricionais de zebrinos puros e cruzados. 2010

WILSON et. al. Effect of copper, manganese, and zinc supplementation on the performance, clinical signs, and mineral status of calves following exposure to bovine viral diarrhoea virus type 1b and subsequent Mannheimia haemolytica infection. Journal of Animal Science, 94, 1123-1140, 2016.