



Faculdade de Veterinária

Departamento de Tecnologia de Alimentos e Produção Animal

Licenciatura em Ciência e Tecnologia Animal

Proposta de uma planilha Excel para formulação de dietas para monogástricos (suínos, frangos de corte e poedeiras) para a Faculdade de Veterinária da Universidade Eduardo Mondlane.

Nome do Estudante: Absalão Lavimon Mate

SUPERVISORA: Profa. Doutora Filomena Dos Anjos

CO-SUPERVISOR: Prof. Dr. José Henrique Stringhini

Maputo, Maio de 2026

DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro, sob palavra de honra, que o presente trabalho de licenciatura foi realizado e elaborado por mim, com base nos meios que no mesmo se faz referência.

(Absalão Lavimon Mate)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, cuja presença me orienta nas escolhas que tomo, abre caminhos diante das dificuldades e me concede a confiança necessária para enfrentar os desafios. E aos meus progenitores Francisco Absalão Mate e Celestina António Chambale, pelo amor incondicional que sempre me ofereceram e por serem o alicerce de tudo aquilo que sou hoje.

AGRADECIMENTOS

À DEUS, todo-poderoso, por nunca me abandonar, por me ter concedido saúde, força e discernimento para enfrentar os obstáculos encontrados ao longo desta trajetória académica, e por ter permitido que mais esta etapa fosse concluída com sucesso;

Aos meus queridos pais, Francisco Absalão Mate e Celestina António Chambale, pelo amor incondicional, pela educação que sempre colocaram acima de tudo e pelo esforço silencioso que tornou possível eu estar onde estou hoje. Esta monografia é a prova viva de que os esforços que fizeram pela minha educação não foram em vão e valeram cada sacrifício, tudo o que sou começou em vós;

Um agradecimento muito especial à minha tia, Ezra Absalão Mate, pelo apoio incondicional, por me ter acolhido e por ter caminhado ao meu lado em cada passo destes últimos anos, esta vitória também é sua, que Deus lhe retribua em dobro;

À minha querida companheira, Sherone Júlia, pelo amor incondicional, pela paciência com que suportou as minhas ausências e por teres sido o meu porto seguro nos momentos mais difíceis. Cada incentivo que me deste ficou gravado nesta conquista que, sem qualquer dúvida, também é tua;

Aos meus amigos, na pessoa de Vicente Sílvia Macuácuá, pela amizade verdadeira, pelas palavras de incentivo nos momentos exactos e por terem estado presentes em cada fase desta caminhada;

Sou imensamente grato à paciência e à confiança depositadas pelos meus supervisores, a Prof. Doutora Filomena Dos Anjos e o Prof. Dr. José Henrique Stringhini, que dedicaram inúmeras horas a esclarecer as minhas dúvidas e a colocar-me na direcção certa, que Deus os abençoe contínua e abundantemente;

Endereço igualmente um agradecimento sincero ao Dr. Jorge Ramos Tseu e ao Dr. Arquimedes Bruno, pelos contributos valiosos, pela disponibilidade demonstrada e pelas discussões técnicas que ajudaram a aperfeiçoar pontos sensíveis desta investigação, a vossa marca ficou inscrita nestas páginas;

Às pessoas com quem convivi ao longo destes anos de curso, em particular à turma do curso de Ciência e Tecnologia Animal de 2022, representada pela chefe de turma Alifa Tsembane e por Suzy Yen, pelo companheirismo, pela troca de experiências e pelos momentos partilhados entre aulas, ensaios e descobertas, que certamente tiveram impacto na minha formação académica e na conclusão deste trabalho;

A todos quantos, de forma directa ou indirecta, contribuíram para a realização desta pesquisa, enriquecendo o meu processo de aprendizagem, o meu muito obrigado.

ABREVIATURAS

MS	- Matéria Seca
FB	- Fibra Bruta
PB	- Proteína Bruta
FDA	- Fibra em Detergente Ácido
FDN	- Fibra em Detergente Neutro
NDT	- Nutrientes Digestíveis Totais
EM	- Energia Metabolizável
Lis	- Lisina
Met	- Metionina
Cis	- Cistina
PL	- Programação Linear
VBA	- Visual Basic para Aplicações

LISTA DE FIGURAS

Figura I: Composição química dos alimentos.....	7
Figura II: Repartição da energia.....	8
Figura III: Modelos matemáticos das restrições na programação linear	13
Figura IV: Caixa de diálogo do Solver	15
Figura V: Caixa de diálogo VBA.....	16
Figura VI: Menu principal da planilha	29
Figura VII: Aba para seleccionar a espécie animal com a qual pretende trabalhar.....	29
Figura VIII: Interface de Acesso às Categorias de Aves.....	30
Figura IX: Aba das Exigências nutricionais de Poedeiras leves (18-35 semanas de idade)	30
Figura X: Aba de Selecção do Sexo nos Frangos de Corte	31
Figura XI: Aba das Exigências nutricionais de frangos de corte machos de desempenho superior (1-21 dias de idade)	31
Figura XII: Aba de Selecção do Sexo nos Frangos de Corte	32
Figura XIII: Aba para Selecção de alimentos energéticos para Suínos	32
Figura XIV: Aba de Selecção de alimentos energéticos para Aves	33
Figura XV: Aba para ver os seleccionados para suínos	34
Figura XVI: Secção de alimentos na aba de formulação	35
Figura XVII: Secção de formulação na aba de Incorporação	35
Figura XVIII: Secção de Relatório da planilha	36
Figura XIX: Mensagem de erro quando o solver não encontra solução	37

LISTA DE TABELAS

Tabela I: Materiais que foram utilizados durante a pesquisa.	20
Tabela II: Exigências nutricionais de energia metabolizável (kcal/kg), proteína bruta (%), aminoácidos digestíveis (lisina, metionina e metionina + cistina) e minerais (cálcio, fósforo e potássio) das categorias animais utilizados para o teste da planilha.	22
Tabela III: Alimentos utilizados durante o teste da planilha	22

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico I: Distribuição dos entrevistados por curso/área de formação.....	24
Gráfico II: Métodos de Formulação Utilizados em Aulas e Práticas	24
Gráfico III: Técnicas Manuais de Formulação de dietas Utilizadas na FAVET-UEM	25
Gráfico IV: Limitações e Dificuldades das Técnicas Manuais de formulação de dietas	26
Gráfico V: Limitações e Dificuldades com Softwares Comerciais.....	27
Gráfico VI: Utilidade Percebida de Cálculo Automático e Base de Dados de Ingredientes.....	27
Gráfico VII: Avaliação das Funcionalidades de Alertas e Grau de Atendimento de Nutrientes	28

ÍNDICE

DECLARAÇÃO DE HONRA	i
DEDICATÓRIA	ii
AGRADECIMENTOS	iii
ABREVIATURAS	iv
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE GRÁFICOS	vii
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJECTIVOS	3
2.1. Geral	3
2.2. Específicos	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. Principais conceitos	4
3.2. Formulação de dietas	6
3.2.1. Definição das exigências nutricionais dos monogástricos	6
3.2.2. Selecção dos alimentos para formulação de dietas	7
3.2.3. Modelagem e balanceamento dos ingredientes	10
3.3. Potencial do Excel como ferramenta para a formulação de dietas	14
3.3.1. Funcionalidades do Excel aplicadas à formulação de dietas	14
3.3.2. Vantagens da formulação de dietas com planilha Excel	17
3.4. Estudos Internacionais sobre o Uso de Planilhas Excel na Formulação de Dietas para monogástricos	17
4. MATERIAIS E MÉTODOS	20
4.1. Local	20

4.2.	Materiais.....	20
4.3.	Metodologia.....	20
4.3.1.	População e amostra	20
4.3.2.	Procedimentos de recolha de Dados	21
4.3.3.	Análise de dados	23
4.3.4.	Descrição da proposta	23
4.3.5.	Considerações Éticas	23
5.	RESULTADOS	24
5.1.	Avaliação diagnóstica da prática de formulação de dietas na Faculdade de Veterinária.....	24
5.1.1.	Caracterização da amostra.....	24
5.1.2.	Métodos de formulação de dietas para monogástricos mais conhecidos e aplicados na Faculdade de Veterinária	24
5.1.3.	Principais dificuldades e limitações identificadas referentes à prática de formulação de dietas para monogástricos	25
5.1.4.	Sugestões de funcionalidades para a planilha	27
5.2.	Apresentação descritiva da planilha	29
5.2.1.	Aves	30
5.2.2.	Suínos	31
5.2.3.	Aba de Alimentos (Ingredientes).....	33
5.2.4.	Aba de Formulação / Incorporação	34
5.3.	Avaliação da planilha.....	38
6.	DISCUSSÃO.....	40
7.	CONCLUSÕES.....	42
8.	RECOMENDAÇÕES	43
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
	Apêndices	47

RESUMO

A formulação de dietas constitui um dos principais pilares da produção animal, pois estabelece a combinação adequada de ingredientes e nutrientes que orienta a alimentação dos animais, a qual pode representar entre 60 e 80% dos custos totais de produção, o que torna imprescindível o desenvolvimento de ferramentas que possibilitem dietas nutricionalmente equilibradas e de menor custo. O presente trabalho teve como objectivo propor uma planilha Excel de formulação de dietas para monogástricos, nomeadamente suínos, frangos de corte e poedeiras, para a Faculdade de Veterinária da Universidade Eduardo Mondlane. Para o efeito, foi aplicado um questionário online a 70 estudantes e licenciados dos cursos de Ciência e Tecnologia Animal e Medicina Veterinária que frequentaram a disciplina de Nutrição Animal, com o objectivo de identificar os métodos de formulação de dietas utilizados, as principais dificuldades enfrentadas e as funcionalidades desejadas numa planilha Excel. Os resultados indicaram a predominância de métodos manuais, com destaque para o Quadrado de Pearson, bem como limitações relacionadas com o tempo necessário para a formulação, a dificuldade de trabalhar simultaneamente com vários nutrientes e o reduzido número de ingredientes considerados por formulação. Entre as funcionalidades mais valorizadas, destacou-se o cálculo automático das exigências nutricionais, apontado como extremamente útil por 62,9% dos participantes, e a inclusão de uma base de dados de ingredientes editável, considerada prática por 60% dos inquiridos. Com base nestes resultados, foi desenvolvida uma planilha Excel concebida para orientar o utilizador de forma sequencial no processo de formulação de dietas para aves e suínos, considerando a espécie, a idade e a fase produtiva. A ferramenta permite o acesso às exigências nutricionais, a selecção de ingredientes a partir de uma base de dados e a formulação automática das dietas, procurando satisfazer as exigências nutricionais e, simultaneamente, minimizar o custo. A avaliação da planilha foi realizada com nove estudantes, organizados em três grupos responsáveis pela formulação de dietas experimentais para frangos de corte, poedeiras e suínos. Os resultados evidenciaram uma percepção globalmente positiva, com elevados níveis de concordância quanto à clareza, navegabilidade e apresentação das exigências nutricionais. A planilha demonstrou ainda capacidade para sinalizar excessos e défices de nutrientes e ajustar a formulação em função de variações nos preços dos ingredientes. Conclui-se que a planilha Excel constitui uma proposta viável como ferramenta didáctica, podendo contribuir para colmatar a ausência de softwares especializados de formulação de dietas para monogástricos na Faculdade de Veterinária da Universidade Eduardo Mondlane.

Palavras-chave: Formulação de dietas; Monogástricos; Nutrição animal; Planilha Excel; Ensino.

ABSTRACT

Feed formulation is one of the main pillars of animal production, as it establishes the appropriate combination of ingredients and nutrients that guides animal feeding, which can account for 60 to 80% of total production costs, making it essential to develop tools that enable nutritionally balanced and cost-effective diets. This study aimed to propose an Excel spreadsheet for monogastric feed formulation, namely for swine, broilers and laying hens, for the Faculty of Veterinary Science at Eduardo Mondlane University. To this end, an online questionnaire was administered to 70 students and graduates of the Animal Science and Technology and Veterinary Medicine programmes who had attended the Animal Nutrition course, with the aim of identifying the feed formulation methods used, the main difficulties encountered and the functionalities desired in an Excel spreadsheet. The results indicated a predominance of manual methods, particularly the Pearson Square, as well as limitations related to the time required for formulation, the difficulty of simultaneously balancing multiple nutrients and the limited number of ingredients considered per formulation. Among the most valued functionalities, automatic calculation of nutritional requirements stood out, rated as extremely useful by 62.9% of participants, and the inclusion of an editable ingredient database, considered practical by 60% of respondents. Based on these results, an Excel spreadsheet was developed to guide the user sequentially through the feed formulation process for poultry and swine, taking into account species, age and productive stage. The tool provides access to nutritional requirements, ingredient selection from a database and automatic diet formulation, seeking to meet nutritional requirements while simultaneously minimising cost. The spreadsheet was evaluated by nine students organised into three groups, each responsible for formulating experimental diets for broilers, laying hens and swine. Results showed an overall positive perception, with high levels of agreement regarding clarity, navigability and the presentation of nutritional requirements. The spreadsheet also demonstrated the ability to flag nutrient excesses and deficits and to adjust formulations in response to changes in ingredient prices. It is concluded that the Excel spreadsheet constitutes a viable proposal as a didactic tool, contributing to addressing the absence of specialised feed formulation software for monogastrics at the Faculty of Veterinary Science of Eduardo Mondlane University.

Keywords: Feed formulation; Monogastrics; Animal nutrition; Excel spreadsheet; Teaching.

1. INTRODUÇÃO

A nutrição é considerada um dos pilares fundamentais para o sucesso da produção animal, pois influencia directamente o desempenho zootécnico, o bem-estar dos animais e a viabilidade económica dos sistemas produtivos (Rostagno *et al.*, 2024). Entre os elementos que sustentam a nutrição, destaca-se a formulação de dietas balanceadas, responsável por garantir o fornecimento adequado de energia, proteína, aminoácidos, minerais e vitaminas, favorecendo o crescimento saudável dos animais e a qualidade do produto final (Silva *et al.*, 2023). Historicamente, a formulação de dietas para monogástricos era realizada por métodos manuais, sendo o Quadrado de Pearson um dos mais difundidos pelo seu carácter didáctico e sua simplicidade (Cardinal *et al.*, 2019). Contudo, este método apresenta limitações, principalmente quando se exige o balanceamento de múltiplos nutrientes ou ingredientes.

Com os avanços tecnológicos, ferramentas computacionais vêm sendo cada vez mais utilizadas na formulação de dietas, permitindo maior precisão e rapidez nos cálculos. Contudo, softwares especializados, como o Super CRAC®, primeiro programa de formulação de dietas de custo mínimo lançado no Brasil em 1983, e o Optimal WinDiet®, muitas vezes apresentam custo elevado e exigem conhecimento técnico avançado, o que limita o seu acesso e uso em instituições de ensino com recursos reduzidos (Cardinal *et al.*, 2019; Pesti *et al.*, 2024; Santos, 2025; Silva *et al.*, 2023). Neste sentido, o uso de planilhas electrónicas, como o Microsoft Excel, surge como uma alternativa acessível e versátil, capaz de auxiliar tanto em cálculos complexos quanto em actividades didácticas (Cardinal *et al.*, 2019). Ferramentas como o *User-Friendly Feed Formulation* (UFFdAu.xlsm), da Universidade da Geórgia, o SUÍZOO, da Universidade Federal de Alagoas, e o PPFR, Programa Prático para Formulação de Ração, criado pelo professor Dr. Manoel Garcia Neto (Unesp), demonstram que é possível aliar precisão técnica e simplicidade, utilizando o Solver no Excel para formulações de custo mínimo (Cardinal *et al.*, 2019; Pesti *et al.*, 2024; Santos, 2024).

Na realidade moçambicana, particularmente na Faculdade de Veterinária (FAVET) da Universidade Eduardo Mondlane (UEM), a aprendizagem prática da formulação de dietas enfrenta desafios relacionados à falta de softwares especializados para monogástricos. Uma investigação aprofundada revelou, ademais, escassez de estudos e iniciativas voltadas para o desenvolvimento de instrumentos tecnológicos de apoio ao ensino da formulação de dietas em África e, especialmente, no contexto moçambicano, o que reforça a pertinência e a originalidade deste trabalho. A proposta apresenta relevância social e económica, pois o uso desta ferramenta poderá extrapolar o âmbito académico, beneficiando técnicos e produtores rurais ao disponibilizar um meio simples e de baixo custo para a formulação de dietas equilibradas e economicamente viáveis. A sua aplicação prática poderá contribuir

para o aumento da produtividade, a redução de custos e a optimização dos recursos nos sistemas de produção animal, reforçando o papel da UEM na criação de soluções inovadoras para o sector pecuário moçambicano. Diante deste cenário, este estudo propõe-se a apresentar uma planilha do Excel para formulação de dietas para monogástricos, voltada aos estudantes da FAVET-UEM, respondendo à seguinte questão de pesquisa: **Será que uma planilha Excel pode tornar mais eficiente o processo de formulação de dietas para monogástricos pelos estudantes da FAVET-UEM?**

2. OBJECTIVOS

2.1. Geral

- Propor uma planilha Excel para formulação de dietas para monogástricos, adaptada à realidade dos estudantes da Faculdade de Veterinária da Universidade Eduardo Mondlane.

2.2. Específicos

- Identificar os métodos utilizados pelos estudantes da FAVET-UEM na formulação de dietas para monogástricos;
- Levantar as principais limitações enfrentadas pelos estudantes durante o processo de formulação de dietas para monogástricos;
- Descrever o protótipo da planilha Excel para a formulação de dietas de monogástricos;
- Avaliar o funcionamento e a adequação da planilha proposta por meio de testes práticos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Principais conceitos

- **Nutrição**

A nutrição animal é o pilar fundamental da saúde e produtividade zootécnica, consistindo no mecanismo biológico por meio do qual os seres vivos recebem e utilizam os nutrientes essenciais para processos vitais como manutenção, crescimento e gestação. Silva *et al.* (2023) explicaram que a nutrição animal refere-se à utilização adequada de princípios nutritivos presentes nos alimentos visando satisfazer as exigências fisiológicas do organismo para assegurar a sobrevivência e o desenvolvimento. Do ponto de vista científico, esta disciplina estuda os processos biológicos e fisiológicos de ingestão, transporte, absorção, assimilação e excreção das substâncias ingeridas para manter a homeostase do animal (Assis, 2024). Trata-se, portanto, de uma ciência aplicada que busca otimizar a conversão de nutrientes em produtos animais, garantindo o bem-estar e a viabilidade económica das explorações rurais.

- **Alimentação**

Relativamente ao conceito de alimentação, este é concebido como uma actividade complexa que abrange desde a procura activa, reconhecimento e avaliação sensorial do alimento até ao acto final da sua ingestão e deglutição pelo animal. Silva *et al.* (2023) esclareceram que a alimentação consiste no estudo dos padrões nutritivos do material a ser ofertado, o que representa tecnicamente o fornecimento físico e a administração de rações ou dietas no comedouro. Trata-se, essencialmente, da aplicação prática do manejo alimentar, onde o objectivo principal é assegurar que o indivíduo ou o grupo de animais receba os alimentos capazes de sustentar a vida e garantir elevados índices de rendimento zootécnico (Assis, 2024).

- **Monogástricos**

Segundo Silva *et al.* (2023) monogástricos são animais com estômago simples, caracterizados por digestão enzimática inicial no estômago e fermentação microbiana posterior, principalmente no intestino grosso. McDonald *et al.* (2021) acrescentam que o intestino delgado é o principal local de absorção de nutrientes, incluindo aminoácidos, açúcares simples e ácidos gordos, e incluem nesta categoria onívoros, como porcos e aves, e carnívoros, como gatos e cães.

- **Alimento e nutrientes**

O alimento pode ser entendido como qualquer produto ou subproduto, natural ou artificial, que, devido às suas propriedades nutritivas, pode ser incluído em uma dieta, conforme descrito por Silva *et al.* (2023). Após a ingestão, esse alimento é submetido aos processos de digestão e absorção, que liberam os constituintes utilizados pelo organismo. Contudo, nem todos os componentes presentes no alimento são aproveitados, sendo denominado nutriente apenas a fração efectivamente digerida e assimilada, a qual participa do metabolismo celular e contribui para a manutenção da vida. Os nutrientes podem ser classificados em substâncias orgânicas (proteínas, lipídios, carboidratos e vitaminas) e substâncias inorgânicas, como sais minerais e água conforme ilustra a figura I (Silva *et al.*, 2023).

- **Aminoácidos Digestíveis**

O conceito de aminoácidos digestíveis refere-se à proporção ou quantidade de aminoácidos presentes num alimento que, após a ingestão, é efetivamente absorvida pelo trato gastrointestinal e não recuperada nas fezes ou na digesta (McDonald *et al.*, 2021).

- **Dieta e Ração**

No que se refere aos conceitos directamente aplicados ao manejo alimentar, Silva (2022) definiu dieta como a combinação de ingredientes que compõem o alimento fornecido aos animais, podendo variar de acordo com a espécie, a idade, o estado fisiológico e a finalidade produtiva. Assis (2024) complementou ao afirmar que a dieta corresponde ao conjunto de alimentos e às respectivas proporções prescritas para atender às exigências nutricionais de uma determinada categoria animal.

Diferentemente da dieta, o termo ração designa a quantidade total de alimento que um animal consome num intervalo rigoroso de 24 horas. Segundo Silva (2022), a ração representa a mistura equilibrada de ingredientes e aditivos destinada ao pronto fornecimento para suprir as necessidades de crescimento, engorda ou lactação.

- **Nível e limite de inclusão**

O nível de inclusão refere-se à quantidade ou proporção de um determinado ingrediente ou nutriente presente na dieta ou ração, geralmente expresso em percentagem do total da mistura ou em gramas por quilograma de alimento (McDonald *et al.*, 2021). Por outro lado, o limite de inclusão representa a quantidade máxima de um ingrediente que pode ser incorporada na dieta sem provocar efeitos adversos à saúde, digestibilidade ou desempenho do animal (Silva *et al.*, 2023).

A definição destes limites e níveis é influenciada por diversos fatores críticos, sendo os fatores antinutricionais (ANFs) e toxinas alguns dos mais determinantes (Gachuri, 2021; Rostagno *et al.*,

2024). Ingredientes como o caroço de algodão possuem gossypol, que restringe severamente a sua inclusão devido à toxicidade e interferência na fertilidade, enquanto o sorgo pode conter taninos que prejudicam a palatabilidade e reduzem a digestibilidade de proteínas e carboidratos (Gachuiri, 2021; Rostagno et al., 2024). De igual modo, a presença de inibidores de tripsina na soja crua ou de glucosinolatos na canola exige restrições na ingestão para evitar hipertrofia pancreática ou distúrbios na tireoide.

3.2. Formulação de dietas

Segundo Santos (2025) na nutrição animal, nenhum alimento isolado é capaz de fornecer todos os nutrientes necessários para o crescimento, manutenção e produção dos animais. Por essa razão, torna-se essencial combinar diferentes alimentos disponíveis, de modo a obter dietas que atendam de forma equilibrada às necessidades de cada espécie e categoria animal (Santos, 2025). Esse processo exige conhecimento técnico e uma análise econômica cuidadosa, uma vez que a alimentação representa, em média, entre 70% e 80% dos custos de produção, influenciando diretamente a produtividade e a rentabilidade dos sistemas pecuários (Hynd, 2019).

A formulação de dietas baseia-se no balanceamento preciso entre a oferta de nutrientes, provenientes dos alimentos, e a demanda do animal, representada pelas suas exigências nutricionais. Segundo Cardinal *et al.* (2019), o processo de formulação de dietas é estruturado em três etapas interativas:

- 1º) Caracterização do animal e definição das exigências;
- 2º) Seleção dos alimentos e avaliação nutricional; e
- 3º) Modelagem e balanceamento.

Na primeira etapa, determinam-se as exigências específicas do animal, que variam conforme a espécie, idade, fase produtiva e condições ambientais. Na segunda, selecionam-se os ingredientes com base em sua composição química, digestibilidade e custo, de modo a atender às necessidades identificadas. Finalmente, na fase de modelagem e balanceamento, são calculadas as proporções ideais de cada ingrediente, utilizando métodos de resolução que variam conforme a complexidade e o grau de precisão desejado.

3.2.1. Definição das exigências nutricionais dos monogástricos

As exigências nutricionais referem-se à quantidade mínima de um determinado nutriente que deve ser fornecida aos animais para satisfazer as suas necessidades de manutenção e produção, como afirmaram Hynd (2019) e Silva *et al.* (2023). O processo de formulação de dietas tem como principal objectivo converter essas necessidades nutricionais teóricas em necessidades alimentares, garantindo o equilíbrio entre desempenho produtivo, saúde e viabilidade econômica. De acordo com Cardinal *et*

al. (2019), essa etapa é fundamental para assegurar que os animais recebam os nutrientes adequados de forma prática e economicamente sustentável.

Cada espécie animal apresenta exigências nutricionais próprias, determinadas pelas suas características biológicas e pela fase produtiva em que se encontra, conforme descrito por Silva *et al.* (2023). Essas exigências referem-se à quantidade e à proporção de nutrientes necessários para assegurar o crescimento, a manutenção, a reprodução e a produção de forma eficiente e saudável.

No caso específico de suínos, frangos de corte e poedeiras, as exigências nutricionais são estabelecidas com base em estudos experimentais e equações de predição, consolidando-se em manuais e tabelas de referência que orientam a formulação de dietas balanceadas. Entre os principais referenciais, destaca-se o manual do National Research Council (NRC, 2012), amplamente utilizado em pesquisas e na produção animal. Além disso, Rostagno *et al.* (2024), por meio das *Tabelas Brasileiras de Exigências Nutricionais de Aves e Suínos*, apresentam informações atualizadas que auxiliam no cálculo das necessidades nutricionais para diferentes categorias animais.

3.2.2. Seleção dos alimentos para formulação de dietas

Segundo Silva *et al.* (2023) para que um alimento possa ser incorporado como ingrediente na formulação de dietas, é fundamental compreender suas características físicas e químicas, uma vez que esse conhecimento possibilita otimizar o aproveitamento dos nutrientes pelos animais. Plantas e animais contêm tipos similares de nutrientes que podem ser agrupados conforme sua constituição, propriedades e funções. De modo geral, os alimentos são constituídos por diferentes frações, entre as quais se destacam:

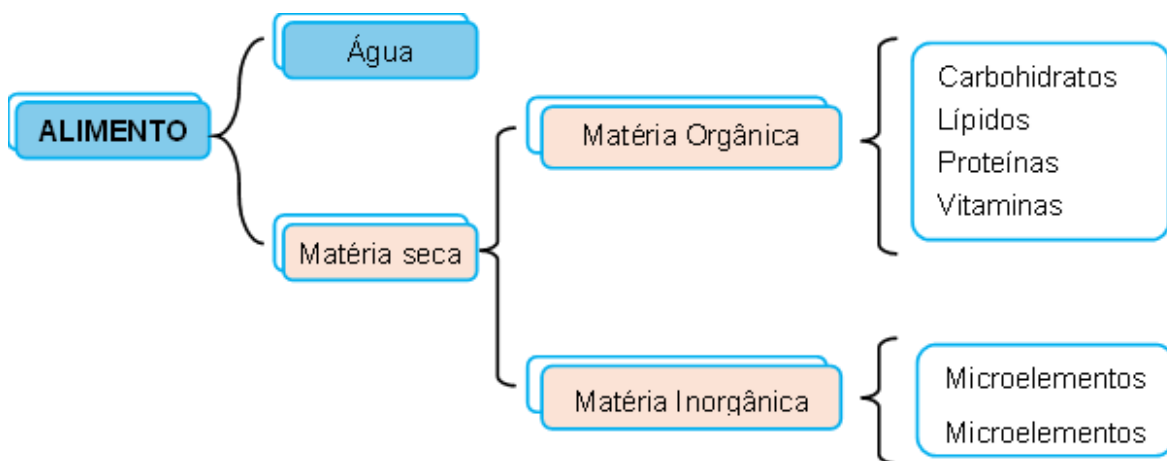


Figura I: Composição química dos alimentos

Fonte: Adaptado de Silva *et al.* (2023)

Carboidratos são poliidroxialdeídos ou cetonas e representam a principal fonte de energia nas dietas de aves e suínos.

Lípidos são biomoléculas orgânicas insolúveis em água.

Proteínas são macromoléculas formadas por aminoácidos, esses aminoácidos dividem-se em: essenciais, aqueles que não são produzidos em quantidades suficientes pelo organismo e precisam ser obtidos na dieta como Histidina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Fenilalanina, Treonina, Triptofano e Valina e não essenciais, que são aqueles que podem ser sintetizados pelo organismo.

Vitaminas são compostos orgânicos essenciais, necessários em pequenas quantidades para o crescimento e manutenção da vida animal, mas que não podem ser sintetizados pelo organismo. Classificam-se em hidrossolúveis (complexo B e C) e lipossolúveis (A, D, E e K).

Macroelementos são minerais essenciais para a vida, ou seja, precisam estar em quantidades satisfatórias no corpo para uma vida saudável. Ex: Sódio, Potássio (K), Magnésio (Mg), Cálcio (Ca), Fósforo (P) e Cloro (Cl).

Microelementos também são minerais importantes para a manutenção da vida, só que em quantidade menores. Entre eles podem ser citados: Selênio (Se), Cobre (Cu), Zinco (Zn), Flúor (F) e Manganês (Mn).

A energia é outro constituinte fundamental dos alimentos e representa um dos principais determinantes do desempenho animal. Embora não seja um nutriente em si, resulta da oxidação dos nutrientes durante o metabolismo, fornecendo a capacidade de realizar trabalho, refletida no ganho de peso, produção de ovos e melhor aproveitamento do alimento (Silva *et al.*, 2023). A repartição da energia é ilustrada na figura II.

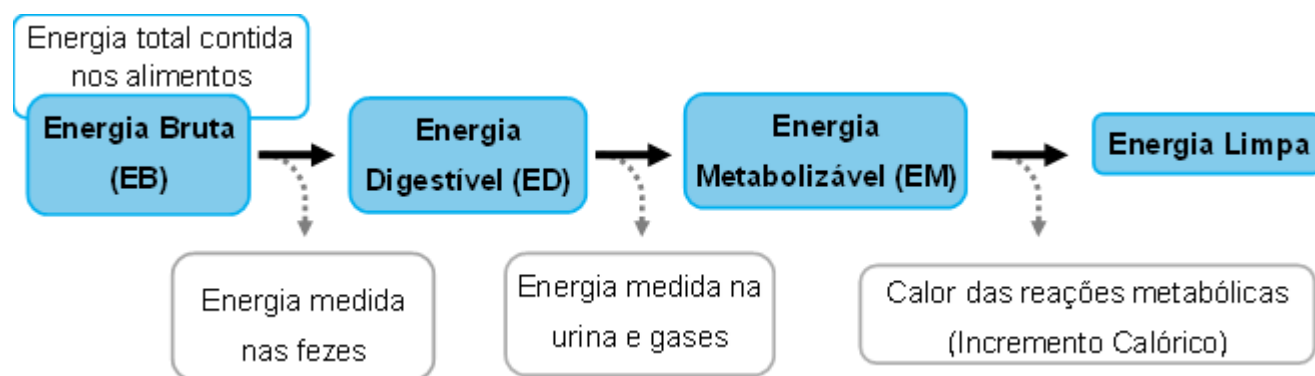


Figura II: Repartição da energia

Fonte: Adaptado de McDonald *et al.* (2021)

De acordo com McDonald *et al.* (2021) a energia limpa é dividida em duas partes: a Energia Líquida de Manutenção, destinada ao metabolismo basal para manter a temperatura corporal, o potencial de membranas e síntese e degradação de macromoléculas; e a Energia Líquida de Produção, utilizada no crescimento ou na produção de produtos animais, como carne, leite e gestação.

Além da composição química, os alimentos também são classificados de acordo com o teor de fibra bruta e o teor energético, sendo divididos em volumosos e concentrados, bem como em energéticos e proteicos, conforme referem Cardinal *et al.* (2019) e Souza (2021). Os alimentos volumosos caracterizam-se por apresentarem baixo teor energético, elevados teores de fibra ou de água, possuindo menos de 60% de nutrientes digestíveis totais (NDT) e ou mais de 18% de fibra bruta (FB), o que resulta num menor aporte energético à dieta. Por sua vez, os alimentos concentrados distinguem-se pelo elevado teor energético, apresentando mais de 60% de NDT e menos de 18% de fibra bruta, sendo utilizados principalmente para suprir as exigências energéticas e proteicas dos animais. Dentro do grupo dos concentrados, diferenciam-se os concentrados energéticos, que possuem menos de 20% de proteína bruta, e os concentrados proteicos, cujo teor de proteína bruta é superior a 20% (Cardinal *et al.*, 2019; Ibarra *et al.*, 2018; Souza, 2021). Para além dessas categorias, segundo a NASEM (2021) os alimentos utilizados na alimentação animal incluem ainda os minerais, constituídos por compostos minerais essenciais ao metabolismo e ao desenvolvimento dos animais, as vitaminas, formadas por vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis, e os aditivos, utilizados com o objectivo de melhorar o desempenho produtivo, a conservação dos alimentos e a saúde animal que englobam substâncias como antibióticos, hormónios, probióticos, antioxidantes, corantes, entre outros.

Na formulação de dietas, a escolha dos ingredientes deve basear-se nas suas características nutricionais, como teor de energia, proteína, fibra, minerais e vitaminas, pois estes determinam a função de cada alimento na dieta, seja como fonte energética, proteica ou fibrosa (Cardinal *et al.*, 2019). Para que o balanceamento nutricional seja preciso, é fundamental que os valores dos nutrientes dos ingredientes e as exigências nutricionais dos animais estejam expressos na mesma unidade, normalmente em percentagem, e na mesma base de referência, seja em matéria seca ou em matéria natural (Cardinal *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2023).

Para o processo de formulação de dieta, recomenda-se a combinação de ingredientes de naturezas complementares, como um alimento energético com outro proteico, estratégia que facilita a formulação de uma mistura nutricionalmente adequada (Cardinal *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2023). Além das características nutricionais, a Selecção de ingredientes deve considerar limitações como riscos de toxicidade, palatabilidade, dificuldades de manuseio e condições de conservação (Cardinal *et al.*, 2019; Pomar *et al.*, 2021).

3.2.3. Modelagem e balanceamento dos ingredientes

Existem diversos métodos para o balanceamento de dietas, variando em nível de complexidade. Este processo pode ser realizado manualmente (por meio de modelos matemáticos), ou com o auxílio de softwares específicos (Silva *et al.*, 2023). Os cálculos manuais são mais adequados para situações simples e práticas, podendo utilizar o método da tentativa e erro, o quadrado de Pearson ou equações algébricas com duas ou mais incógnitas, conforme o número de ingredientes envolvidos. Já os programas de computador, baseados em técnicas de programação linear, são empregados em formulações mais complexas, permitindo a otimização de uma função objectivo.

3.2.3.1. Métodos de Formulação de dietas

3.2.3.1.1. Tentativa e erro

O método de tentativa e erro caracteriza-se por ser um procedimento empírico de formulação de dietas, no qual não se recorre a um modelo matemático estruturado, baseando-se essencialmente na experiência prática do formulador. Segundo Silva *et al.* (2023) e Souza (2021) inicialmente, são estimadas mentalmente as proporções dos diferentes ingredientes da dieta, tendo como referência principal os teores de proteína e energia exigidos pelo animal. Posteriormente, calcula-se a composição nutricional da mistura obtida e compara-se com os valores recomendados nas tabelas de exigências nutricionais, procedendo-se a sucessivos ajustes até que se atinja uma formulação aceitável.

Segundo Silva *et al.* (2023) a principal vantagem deste método reside na sua simplicidade e flexibilidade, sendo particularmente útil em contextos em que há limitação de dados analíticos dos ingredientes ou ausência de ferramentas de cálculo mais avançadas. Além disso, valoriza o conhecimento empírico do formulador, permitindo adaptações rápidas em situações práticas do campo. No entanto, a sua principal limitação está na forte dependência da experiência técnica, tornando-se um processo moroso, pouco preciso e sujeito a erros quando utilizado por profissionais menos experientes. À medida que aumenta o número de ingredientes e nutrientes a considerar, o método torna-se progressivamente ineficiente e pouco fiável (Silva *et al.*, 2023).

3.2.3.1.2. Quadrado de Pearson

O método do Quadrado de Pearson é uma técnica simples, prática e amplamente utilizada na formulação de dietas, especialmente quando se pretende equilibrar um único nutriente, como a proteína bruta ou a energia (Cardinal *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2023). O seu objectivo, segundo os autores citados anteriormente, é determinar as proporções ideais entre dois alimentos ou misturas, de modo a atingir um valor nutricional desejado.

Segundo Gachuri (2021) entre as suas principais vantagens destacam-se a facilidade de aplicação, o que o torna particularmente adequado para fins didáticos e para formulações básicas em sistemas de produção de pequena escala. Contudo, a sua principal limitação reside no facto de permitir apenas o balanceamento de dois ingredientes e de um único nutriente de cada vez, não contemplando interações entre múltiplos nutrientes nem restrições adicionais, como níveis máximos de inclusão ou custos dos ingredientes. Por essa razão, o método é inadequado para dietas mais complexas ou para formulações economicamente optimizadas (Silva *et al.*, 2023).

3.2.3.1.3. Método Algébrico

O método algébrico consiste em estabelecer e resolver um sistema de equações, no qual as incógnitas representam os ingredientes que compõem a mistura (Cardinal *et al.* (2019) e Silva *et al.* (2023)). Esse método permite determinar as proporções exatas de cada ingrediente necessárias para atingir um determinado teor de um nutriente, como a proteína bruta (PB). Cada alimento é representado por uma variável, como x e y , e as equações expressam as relações entre os ingredientes e o valor nutricional desejado. Em cada equação, a contribuição de cada ingrediente para o nutriente desejado é calculada multiplicando-se a quantidade do ingrediente (a incógnita) pelo teor desse nutriente no alimento. Em seguida, somam-se essas contribuições para todos os ingredientes, igualando o resultado ao valor desejado do nutriente na mistura final. Quando o sistema é resolvido, obtêm-se as proporções ideais que garantem o equilíbrio da mistura (Cardinal *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2023).

A principal vantagem deste método é a sua maior precisão em comparação com os métodos empíricos, permitindo um controlo mais rigoroso das proporções dos ingredientes e do atendimento das exigências nutricionais. Além disso, o método algébrico pode ser aplicado a situações com mais de dois ingredientes e mais de um nutriente, desde que o número de equações seja compatível com o número de incógnitas, constituindo uma base conceptual importante para o desenvolvimento de modelos informatizados de formulação (Silva *et al.*, 2023). Contudo, a sua limitação reside na maior complexidade dos cálculos, que exige conhecimentos matemáticos básicos e maior tempo de resolução quando realizado manualmente, especialmente à medida que aumenta o número de ingredientes e restrições nutricionais.

3.2.1.4. Programação Linear

A Programação Linear (PL) consolidou-se como a principal técnica matemática utilizada na formulação de dietas nas últimas décadas, sendo incorporada em softwares especializados desde a década de 1980 (Akintan *et al.*, 2024; Patil *et al.*, 2017). De acordo com Silva *et al.* (2023), o principal objectivo da PL é permitir o balanceamento simultâneo de diversos nutrientes, ao mesmo tempo que se busca minimizar o custo total da dieta, prática conhecida como *Least-Cost Feed Formulation* (Formulação de

Menor Custo). Devido à elevada complexidade dos cálculos envolvidos, essa metodologia exige o uso de computadores, tornando inviável sua aplicação de forma manual.

Segundo Almeida (2016), todo problema de programação linear na formulação de dietas é composto por quatro partes fundamentais:

1º) Variáveis de Decisão

As variáveis de decisão representam as quantidades ou proporções de cada ingrediente disponíveis para compor a mistura final, cada ingrediente j é representado por uma variável x_j (ex: x_1 = milho, x_2 = farelo de soja). O objectivo do modelo é encontrar os valores exatos de x_j que resultam na solução óptima.

2º) Função Objectivo

A função objectivo é uma expressão matemática que define o que se pretende otimizar. Na formulação de dietas, o foco é quase sempre a minimização do custo total (Z). O modelo matemático é representado a seguir:

$$Z = \sum_{j=1}^n c_j * x_j$$

Onde: Z - Preço total da dieta (o valor a ser minimizado); c_j - representa o preço unitário de cada ingrediente j ; n - Número total de ingredientes; x_j - Proporções exatas de cada ingrediente j .

3º) Parâmetros

São os valores constantes (entradas incontroláveis) que alimentam o modelo.

- **Preços:** Os custos atuais de mercado para cada matéria-prima (c_j).
- **Composição Nutricional:** Uma matriz de coeficientes (a_{ij}) que indica a quantidade de cada nutriente i presente em cada ingrediente j (ex: o teor de proteína no milho ou o cálcio no calcário).
- **Requisitos Nutricionais:** Os valores mínimos e máximos (b_i) de nutrientes que a dieta deve conter para ser considerada equilibrada para a espécie e fase de produtiva.

4º) Restrições

As restrições são as limitações impostas pelo ambiente, pela biologia do animal ou pela logística, expressas como equações ou inequações lineares (figura III).

Restrições Nutricionais: Garantem que a soma dos nutrientes dos ingredientes selecionados satisfaz as necessidades da espécie.

Restrições de Quantidade (Inclusão): Limitam o uso de certos ingredientes devido a fatores antinutricionais, toxicidade ou palatabilidade.

Restrição de Somatória (Peso Total): Garante que a soma das frações de todos os ingredientes seja igual a 1 (para 1 kg de dieta) ou 100 (para 100 kg ou 100%).

Restrição de Não Negatividade: Essencial para impedir que o algoritmo sugira o uso de quantidades negativas de um alimento, o que seria fisicamente impossível

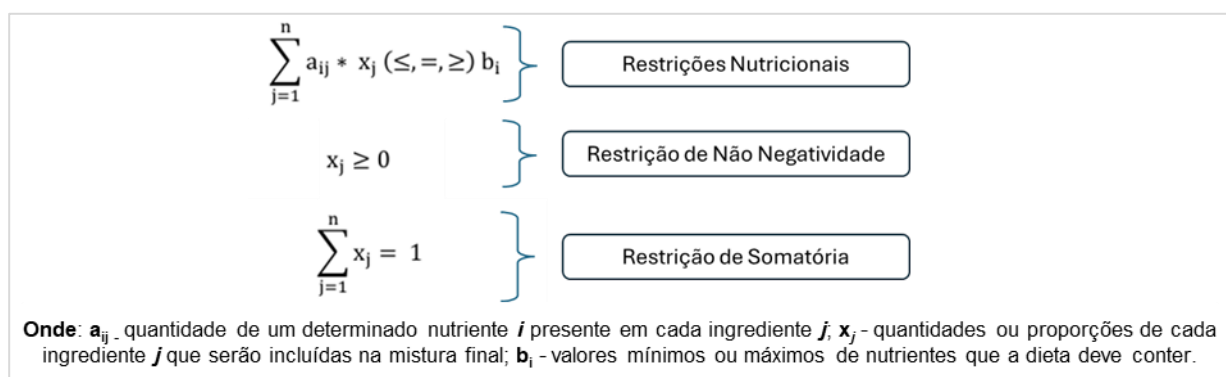


Figura III: Modelos matemáticos das restrições na programação linear

Fonte: Adaptado de Almeida (2016)

3.2.3.1.4. Limitações associadas ao uso de softwares especializados na formulação de dietas

Apesar das vantagens associadas ao uso de softwares especializados e de modelos de Programação Linear (PL) na formulação de dietas, a precisão das soluções obtidas depende fortemente da qualidade dos dados fornecidos pelo utilizador. Gachuri (2021) observou que a confiabilidade dos resultados está diretamente relacionada à exactidão das informações de entrada, de modo que dados incorretos ou incompletos podem gerar fórmulas nutricionalmente inadequadas. Silva *et al.* (2023) também destacam que, embora os programas atendam rigorosamente às restrições matemáticas impostas, as soluções obtidas nem sempre refletem as reais necessidades biológicas dos animais, podendo resultar em desequilíbrios nutricionais e comprometer o desempenho zootécnico, como assinala Santos (2024).

Os softwares tradicionais apresentam restrições estruturais, como a dependência quase exclusiva do custo como critério de otimização e a rigidez das restrições impostas pelos algoritmos, o que compromete a flexibilidade do processo de formulação (Akintan *et al.*, 2024; Moss *et al.*, 2024). Um obstáculo adicional é o elevado custo e a complexidade dos programas comerciais, que frequentemente requerem profissionais qualificados e treinamento específico para utilização correta, como enfatizam Akintan *et al.* (2024), Moss *et al.* (2024) e Pesti *et al.* (2024).

3.3. Potencial do Excel como ferramenta para a formulação de dietas

O Microsoft Excel apresenta um elevado potencial como ferramenta de apoio na formulação de dietas, sobretudo por possibilitar a aplicação de técnicas de Programação Linear de forma prática, intuitiva e acessível. De acordo com Silva *et al.* (2023), o Excel é capaz de determinar dietas de custo mínimo com grande precisão, tornando-se uma alternativa eficiente e de baixo custo em comparação com softwares pagos. Na mesma linha, Akintan *et al.* (2024) e Wojeicchowski *et al.* (2017) destacam que, além de ser amplamente difundido, o programa oferece flexibilidade e permite a integração de dados, fórmulas e rotinas automáticas¹, o que o torna útil tanto no ensino como na prática profissional.

3.3.1. Funcionalidades do Excel aplicadas à formulação de dietas

Entre as suas diversas funcionalidades, o Excel dispõe de recursos especialmente adequados à formulação de dietas, como o Solver, a estrutura de planilhas, a linguagem VBA e as funções matemáticas e lógicas.

A ferramenta Solver, em particular, é um dos principais recursos aplicáveis à Programação Linear, sendo amplamente utilizada na formulação de dietas de custo mínimo. Segundo Souza (2021), o Solver funciona como uma ferramenta de teste de hipóteses, capaz de localizar um valor ideal ou ótimo para uma determinada fórmula numa célula de destino, ajustando dinamicamente os valores de outras células com o objectivo de maximizar ou minimizar o resultado.

O funcionamento do Solver baseia-se no método Simplex, que consiste num algoritmo iterativo, ou seja, uma sequência de interações sucessivas em que os cálculos são repetidos até se alcançar a solução ótima (Pesti *et al.*, 2024; Santos, 2024; Souza, 2021). A sua aplicação na formulação de dietas segue uma sequência lógica. Em primeiro lugar, segundo Santos (2024), realiza-se a modelagem do problema, definindo o objectivo da formulação, que geralmente é minimizar o custo total da dieta. De seguida, são estabelecidos os parâmetros principais, entre os quais a função objectivo (representada pela célula que calcula o custo total), as variáveis de decisão (quantidades de cada alimento) e as restrições nutricionais (exigências mínimas e máximas de nutrientes, além dos limites de inclusão dos ingredientes). Na etapa seguinte, configura-se o Solver propriamente dito, indicando o tipo de otimização pretendida (Mínimo ou Máximo), a faixa de variáveis e todas as restrições (Figura IV). É fundamental, nesta fase, ativar a opção “Tornar variáveis irrestritas não negativas”, de modo a impedir que o programa atribua quantidades negativas aos alimentos.

¹ Conjuntos de comandos pré-programados que executam, de forma sistemática, determinadas operações sem necessidade de intervenção manual

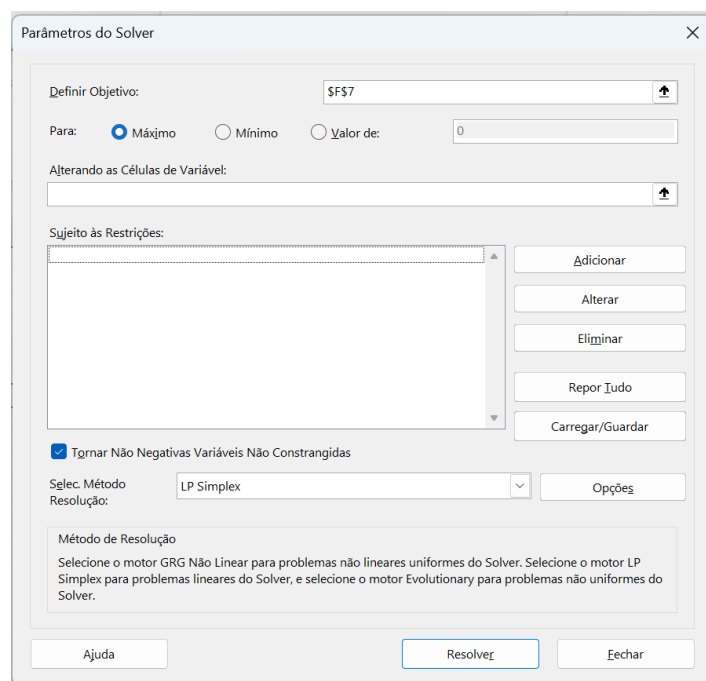


Figura IV: Caixa de diálogo do Solver

Fonte: Microsoft (sem data-b)²

Segundo a Microsoft (sem data-b) quando corretamente configurado, o Solver é capaz de encontrar uma solução viável ou ótima, desde que todas as restrições sejam respeitadas.

Além do Solver, o Excel oferece uma estrutura de planilha flexível, que facilita a organização das informações (Pesti *et al.*, 2024; Santos, 2024; Wojeicchowski *et al.*, 2017). Segundo Santos (2024) é possível criar diferentes abas ou subplanilhas destinadas a funções específicas, como o planejamento do conjunto de alimentos que serão utilizados para a formulação da dieta, a adequação de nutrientes e a incorporação de tabelas de composição de alimentos. Essa organização favorece a clareza e o controle dos dados, permitindo um trabalho sistemático e integrado.

Outro recurso relevante é a linguagem VBA (Visual Basic for Applications), que possibilita o desenvolvimento de programas e rotinas personalizadas para automatizar tarefas e cálculos (Figura V). O funcionamento do VBA baseia-se na escrita de códigos, organizados em módulos e procedimentos, que são executados quando o utilizador aciona um comando específico, como clicar num botão, alterar um valor numa célula ou abrir um ficheiro (Microsoft, sem data-c). Wojeicchowski *et al.* (2017) exemplificaram essa aplicação com o programa “*NutriFácil*”, criado no Excel, que permite montar tabelas nutricionais, calcular valores energéticos e realizar operações complexas de forma automática, otimizando o tempo e reduzindo erros. De forma complementar, o Gravador de Macros (um

² <https://support.microsoft.com/pt-pt/office/definir-e-resolver-um-problema-utilizando-o-solver-5d1a388f-079d-43ac-a7eb-f63e45925040>

recurso nativo do Excel) permite automatizar tarefas repetitivas sem necessidade de programar manualmente em VBA (Microsoft, sem data-a). Essa ferramenta grava as ações executadas pelo utilizador, como formatação, inserção de fórmulas ou cálculos, e cria automaticamente um código VBA correspondente, que pode ser executado sempre que necessário. Assim, torna-se possível padronizar e agilizar processos, reduzindo erros e aumentando a eficiência (Microsoft, sem data-a).

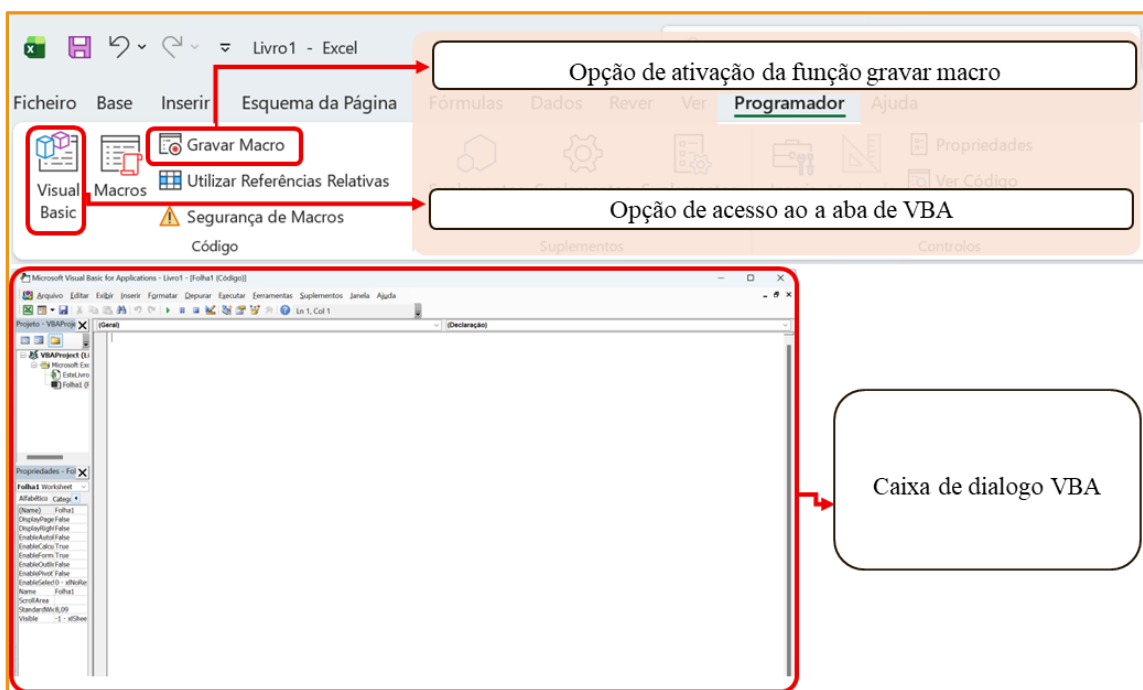


Figura V: Caixa de diálogo VBA

Fonte: Microsoft (sem data-c)³

As funções e fórmulas do Excel também desempenham um papel central na formulação de dietas. Funções como “PROCV”, que permite procurar e retornar automaticamente um valor correspondente dentro de uma tabela com base em um critério específico, são amplamente utilizadas para localizar informações em bancos de dados de alimentos (Santos, 2024). Santos (2024) ainda destaca que fórmulas como “=SOMARPRODUTO” possibilitam calcular simultaneamente o custo total e a contribuição nutricional de cada ingrediente.

Segundo Souza (2021), a interligação entre abas por meio de referências de células garante que qualquer alteração de dados se reflita automaticamente em todos os cálculos, proporcionando maior agilidade e fiabilidade ao processo. Além disso, a função “HIPERLINK” pode ser empregada nas planilhas para vincular células, arquivos, páginas da web e criar conexões directas entre diferentes partes da planilha ou com bases de dados externas. Segundo a Microsoft (sem data-d), essa função

³ <https://learn.microsoft.com/en-us/office/vba/library-reference/concepts/getting-started-with-vba-in-office>

facilita a navegação dentro do documento e melhora a organização das informações, especialmente quando se trabalha com várias abas ou referências cruzadas de alimentos e nutrientes.

3.3.2. Vantagens da formulação de dietas com planilha Excel

A adoção do Excel como ferramenta para formulação de dietas apresenta uma série de benefícios práticos e estratégicos. Para Santos (2024), Santos (2025) e Wojeicchowski *et al.* (2017), a principal vantagem das planilhas é a capacidade de identificar automaticamente a combinação de ingredientes de menor custo que atenda às necessidades nutricionais exigidas. Isso é particularmente importante, já que os custos com alimentação representam a maior despesa na produção animal (NRC, 2012). Gachuri (2021) e Souza (2021) observaram ainda que o Excel é extremamente rápido, sendo capaz de processar cálculos complexos em segundos, o que reduz o tempo de trabalho e melhora a produtividade.

Além do fator econômico, há também a vantagem da gestão da complexidade. Conforme explicou Souza (2021), o Solver permite lidar simultaneamente com dezenas de ingredientes e restrições nutricionais, algo impraticável em métodos manuais como o quadrado de Pearson. Essa capacidade de processamento amplia a aplicabilidade do Excel em projetos acadêmicos, na indústria e em atividades de pesquisa (Santos, 2025). Outro ponto de destaque é a flexibilidade: o modelo pode ser facilmente ajustado conforme variam os preços dos ingredientes ou as exigências nutricionais, permitindo análises de cenários e tomadas de decisão mais informadas (Pomar *et al.*, 2021).

Por fim, a acessibilidade do Excel é um dos seus maiores atrativos. Como destacaram Gachuri (2021), trata-se de uma ferramenta gratuita e amplamente disponível, o que democratiza o uso de métodos avançados de otimização sem a necessidade de softwares caros. Isso faz com que o Excel seja uma boa alternativa para estudantes, pequenos produtores e instituições que buscam eficiência e precisão com baixo investimento. Assim, conforme sintetizam Santos (2025), o Excel consolida-se como uma plataforma versátil e poderosa para o ensino e a aplicação prática de formulação e otimização de dietas.

3.4. Estudos Internacionais sobre o Uso de Planilhas Excel na Formulação de Dietas para monogástricos

Diversos estudos têm demonstrado a aplicabilidade de planilhas eletrônicas, especialmente no Microsoft Excel, como ferramentas eficazes para formulação de dietas e rações de baixo custo em sistemas de produção animal. Essas ferramentas, geralmente associadas à Programação Linear (PL) e ao uso do suplemento Solver, mostram-se acessíveis, adaptáveis e capazes de atender às exigências nutricionais de diferentes espécies, além de servirem como apoio didático em cursos superiores da área de nutrição animal.

O *workbook* UffdAu.xlsm (*User-Friendly Feed Formulation with Data from Australia*), desenvolvido por Pesti *et al.* (2024), é um exemplo de ferramenta didática criada para ensinar os princípios da formulação de dietas de custo mínimo para aves. Desenvolvido na Austrália em colaboração entre a University of New England, The University of Sydney, Aviagen Australia e AB Vista, o *workbook* utiliza o Solver do Excel para aplicar Programação Linear, integrando dados do *Australian Feed Ingredient Database*. A ferramenta se mostrou eficaz para ilustrar conceitos biológicos e econométricos da formulação de dietas, sendo compatível com sistemas Windows e iOS. Concluiu-se nesse estudo que, embora a técnica de Programação Linear para formulação de dietas seja antiga, a implementação via Excel continua sendo uma alternativa pedagógica amplamente utilizada (Pesti *et al.*, 2024).

No contexto da suinocultura, o estudo de Santos (2025), realizado na Universidade Federal da Paraíba-UFPB, Brasil, apresentou um software em Excel destinado ao balanceamento de rações de custo mínimo para suínos em crescimento e terminação. Orientado pelo Prof. Dr. Germano Augusto Jeronimo do Nascimento, o autor desenvolveu uma planilha que utiliza Programação Linear e o Solver para otimizar a formulação nutricional, garantindo rações equilibradas e economicamente viáveis. Os resultados demonstraram que a ferramenta permite a elaboração de dietas adaptadas a diferentes fases de desenvolvimento, com eficiência e baixo custo, destacando o Excel como uma plataforma acessível e funcional na zootecnia de precisão (Santos, 2025).

De forma complementar, o estudo intitulado “SUÍZOO: formulação de ração para suínos”, de Santos (2024), conduzido na Universidade Federal de Alagoas (UFAL) – Campus Arapiraca, Brasil, teve como objectivo o desenvolvimento de um sistema em Excel para formulação de ração de custo mínimo destinadas a suínos em diferentes fases produtivas, incluindo crescimento e terminação. Sob orientação da Profa. Dra. Adriana Aparecida Pereira, o autor Bruno dos Santos elaborou uma planilha que integra Programação Linear e o Suplemento Solver, permitindo otimizar a composição nutricional e reduzir custos. Os resultados demonstraram que o SUÍZOO viabiliza a formulação de dietas específicas para as fases pré-inicial, inicial, crescimento, terminação, reprodução e lactação, com alta eficiência e viabilidade econômica, consolidando o Excel como uma ferramenta prática e acessível na zootecnia moderna (Santos, 2024).

Em estudos voltados à produção de aves caipiras, Souza (2021), da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará- UNIFESSPA, Brasil, desenvolveu uma planilha de que aplica Programação Linear e Solver para formular rações de custo mínimo para poedeiras caipiras. Orientada pelo Prof. Dr. José Anchieta de Araujo, a pesquisa demonstrou que a ferramenta permite reduzir custos sem comprometer os requisitos nutricionais das aves, evidenciando a relevância do Excel para sistemas de produção alternativos e de pequena escala. O estudo demonstrou que a otimização de dietas via Solver é uma

abordagem prática e eficiente para produtores interessados em produção econômica e sustentável (Souza, 2021).

Por outro lado, Wojeicchowski *et al.* (2017) desenvolveram, no Brasil, um programa computacional em VBA-Excel que automatiza a elaboração de tabelas nutricionais de alimentos, utilizando a Tabela Brasileira de Composição Química de Alimentos como base de dados. Desenvolvido na Universidade Estadual de Ponta Grossa e na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, o programa solicita dados do usuário, realiza cálculos automáticos e gera a tabela nutricional final. A experiência mostrou que a automação via VBA reduz o tempo de trabalho, minimiza erros e amplia o potencial do Excel como ferramenta robusta para cálculos nutricionais em diferentes contextos, consolidando-o como recurso essencial na área de alimentos e nutrição (Wojeicchowski *et al.*, 2017).

Comforme observado acima os estudos revisados evidenciam que o uso de planilhas eletrônicas associadas ao Solver, à Programação Linear e à programação em VBA oferece uma alternativa acessível, eficaz e versátil para formulação de dietas e elaboração de tabelas nutricionais. Além disso, tais ferramentas servem tanto para fins educacionais quanto para aplicação prática na produção animal e no cálculo nutricional, fortalecendo a relevância do Excel como plataforma amplamente adotada internacionalmente.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Local

Esta pesquisa foi realizada na Cidade de Maputo, Moçambique, tendo como principal espaço de desenvolvimento a Faculdade de Veterinário da Universidade Eduardo Mondlane. Situada na Av. de Moçambique km, 1.5, à 214,20 metros ao norte da Praça Filipe Samuel Magaia. A escolha deste local justifica-se pela disponibilidade de recursos académicos e pelo acesso vantajado a estudantes e profissionais ligados a área de formulação de dietas para monogástricos.

4.2. Materiais

Para a realização deste estudo foram utilizados os materiais apresentados na tabela I.

Tabela I: Materiais que foram utilizados durante a pesquisa.

Material	Descrição / Especificação	Finalidade / Utilização
Rede de internet- Tmcel	30GB	Aplicação e resposta do questionário online; acesso a ferramentas digitais.
Laptop Dell	8 GB de RAM, 500 GB de ROM	Condução do questionário, armazenamento de dados e desenvolvimento da planilha.
Conta Google	Conta pessoal	Hospedagem do formulário e armazenamento das respostas no Google Drive.
Google Forms	Plataforma online de criação de questionários	Elaboração e aplicação do questionário online aos estudantes e licenciados.
Formulário do questionário Presencial	Instrumento de coleta de dados	Realização de análises qualitativas para verificação da facilidade de uso da planilha.
Microsoft Office 2024	Pacote (principalmente Excel)	Tabulação de respostas, análise de dados e construção da planilha automatizada.

4.3. Metodologia

4.3.1. População e amostra

A população do estudo foi constituída por estudantes da Faculdade de Veterinária dos cursos de Ciência e Tecnologia Animal (CTAn) e de Medicina Veterinária (MedVet) que tivessem frequentado e sido aprovados na disciplina de Nutrição Animal. Este grupo inclui, portanto, estudantes do 2.º ano,

segundo semestre ou superior no caso de CTAn, e do 3.º ano, segundo semestre ou superior no caso de MedVet, bem como licenciados em pelo menos um dos dois cursos referidos.

A técnica de amostragem utilizada foi não probabilística intencional, selecionando participantes diretamente relacionados com o objecto de estudo e que demonstraram disponibilidade para responder o questionário conforme salienta Gil (2017). Esta abordagem resultou na formação de duas amostras distintas, de acordo com as fases do estudo:

1. A primeira amostra, responsável por responder ao questionário online (Apêndice I) totalizou 70 indivíduos sendo 56 estudantes finalistas dos cursos de CTAn e MedVet e 14 licenciados.
2. A segunda amostra, constituída por 9 estudantes, participou de forma presencial para testar a funcionalidade e a usabilidade da planilha, respondendo ao questionário II (Apêndice II).

4.3.2. Procedimentos de recolha de Dados

A recolha de dados foi organizada em duas etapas complementares. Na primeira, aplicou-se um questionário online, elaborado no Google Forms, dirigido a estudantes e licenciados da Faculdade de Veterinária, com o intuito de identificar os métodos de formulação de dietas para monogástricos, as principais limitações enfrentadas e as funcionalidades desejáveis numa planilha automatizada (Apêndice I).

A segunda etapa consistiu no teste do funcionamento e da adequação da planilha, realizado na sala de computadores da FAVET-UEM, e iniciou-se com um demonstrativo do seu funcionamento, no qual se explicou aos estudantes a estrutura da ferramenta, os seus módulos, a forma de inserção dos alimentos e o modo como a planilha formula automaticamente as dietas.

Após a demonstração, nove estudantes foram organizados em três grupos, ficando cada um responsável pela formulação de uma dieta experimental destinada a frangos de corte, poedeiras ou suínos (Tabela II). A distribuição dos estudantes pelos grupos teve como critério a afinidade e o interesse previamente manifestados em relação a cada espécie animal. As formulações foram elaboradas com base nos alimentos apresentados na Tabela III, cujas respectivas composições químicas se encontram descritas no Anexo I.

Tabela II: Exigências nutricionais de energia metabolizável (kcal/kg), proteína bruta (%), aminoácidos digestíveis (lisina, metionina e metionina + cistina) e minerais (cálcio, fósforo e potássio) das categorias animais utilizados para o teste da planilha.

Categoria	Consumo (grama)	EM (Kcal/Kg)	PB	Lis	Met	Met+Cis	P	K	Ca
Frangos de corte Machos de desempenho superior ¹	66,43	3000	24,26	1,335	0,539	0,984	0,516	0,59	1,08
Poedeiras Semi- Pesadas ²	120	2800	15,8	0,69	0,38	0,6	0,42	0,6	4,3
Suínos Machos inteiros de Desempenho Médio ³	1360	3300	18,61	1,186	0,391	0,711	0,37	0,463	0,759

¹ Idade= 1-21 dias; ² Idade= 29 - 55 semanas/(96 - 91% de postura); ³ Idade= 56 – 105 dias

Fonte: Adaptado de Rostagno *et al.* (2024)

Tabela III: Alimentos utilizados durante o teste da planilha

N	Alimentos	Preços experimentais iniciais/kg	
1	Mexoeira, Grão	100 MZN	Alimentos disponíveis na planilha
2	Milho, Grão	100 MZN	
3	Milho, Óleo	100 MZN	
4	Soja, Farelo 45,6% PB	100 MZN	
5	Farinha de Ostras	100 MZN	
6	Fosfato de Potássio	100 MZN	
7	Sal Comum	100 MZN	
9	Lisina	100 MZN	Alimentos não disponíveis na planilha (utilizados exclusivamente para testes)
10	Metionina	100 MZN	
11	Metionina+cistina	100 MZN	

A avaliação concentrou-se em verificando se a planilha permitia formular dietas utilizando diferentes ingredientes. Concluída a formulação das dietas, aplicou-se um questionário composto por questões fechadas e abertas, destinado a recolher percepções dos participantes sobre a facilidade de uso da ferramenta, clareza dos relatórios gerados e eventuais dificuldades encontradas durante o processo (Apêndice II).

Adicionalmente, procedeu-se a uma elevação simulada do preço da soja, de 100 para 200 MZN, com a finalidade de analisar o comportamento da planilha face a variações no custo dos ingredientes e avaliar a sua capacidade de reajustar automaticamente as formulações mantendo o atendimento às exigências nutricionais estabelecidas.

4.3.3. Análise de dados

As respostas do questionário online foram tabuladas no Microsoft Excel 2024, permitindo calcular frequências relativas para identificar os métodos mais utilizados para formulação de dietas e as principais dificuldades.

Os dados recolhidos no questionário aplicado após o teste da planilha também foram organizados para análise, sendo tratados de acordo com o tipo de pergunta. As respostas fechadas foram analisadas de forma quantitativa, através da tabulação no Microsoft Excel permitindo o cálculo das frequências absolutas e relativas, permitindo avaliar a percepção dos estudantes quanto à viabilidade e facilidade de uso da planilha. As respostas abertas foram analisadas qualitativamente mediante a técnica de análise de conteúdo temática proposta por Bardin (2020), agrupando informações em categorias para identificar padrões, sugestões e opiniões que complementassem os dados quantitativos.

4.3.4. Descrição da proposta

A proposta é apresentada de forma descritiva e ilustrativa no ponto “5.2. Apresentação descritiva da planilha” por meio da ilustração de imagens, destacando os módulos que compõem a planilha, suas funcionalidades principais e lógica de utilização.

4.3.5. Considerações Éticas

O estudo foi conduzido em conformidade com os princípios éticos em pesquisa com seres humanos, assegurando autonomia, beneficência, não-maleficência e justiça. A participação dos estudantes ocorreu de forma voluntária, mediante assinatura de Termo de Consentimento Informado, podendo desistir a qualquer momento sem prejuízos (Apêndice III). Os objectivos, procedimentos e benefícios foram explicados de forma clara, garantindo decisão informada. O estudo não apresentou riscos relevantes, consistindo apenas na resposta a questionários e no teste da planilha, com duração curta e ambiente adequado. Todos os dados recolhidos foram tratados com confidencialidade, apresentados apenas de forma agregada e anónima, e armazenados em pastas digitais protegidas.

5. RESULTADOS

5.1. Avaliação diagnóstica da prática de formulação de dietas na Faculdade de Veterinária

5.1.1. Caracterização da amostra

A primeira fase do estudo envolveu 70 participantes, sendo 56 estudantes (80%) e 14 licenciados em Ciências Animais (20%). A distribuição por curso mostrou predominância de estudantes de Ciência e Tecnologia Animal (Gráfico I).

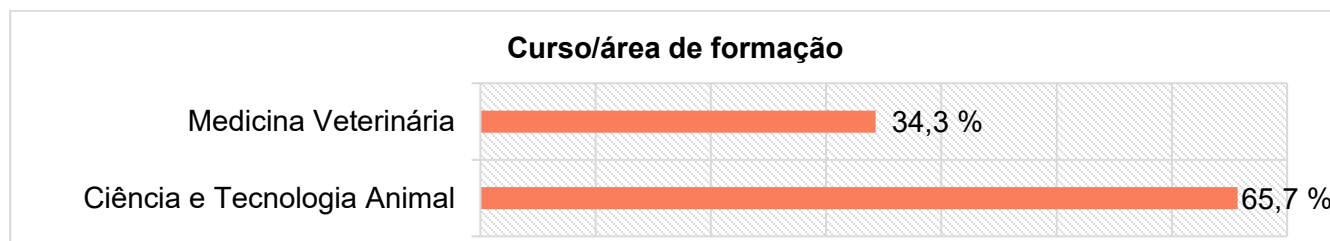


Gráfico I: Distribuição dos entrevistados por curso/área de formação

5.1.2. Métodos de formulação de dietas para monogástricos mais conhecidos e aplicados na Faculdade de Veterinária

No que concerne aos métodos de formulação utilizados nas aulas e práticas de formulação de dietas, verificou-se uma predominância clara do método de formulação manual tendo sido mencionado por 80% dos participantes, seguido pelas receitas pré-definidas (Gráfico II).

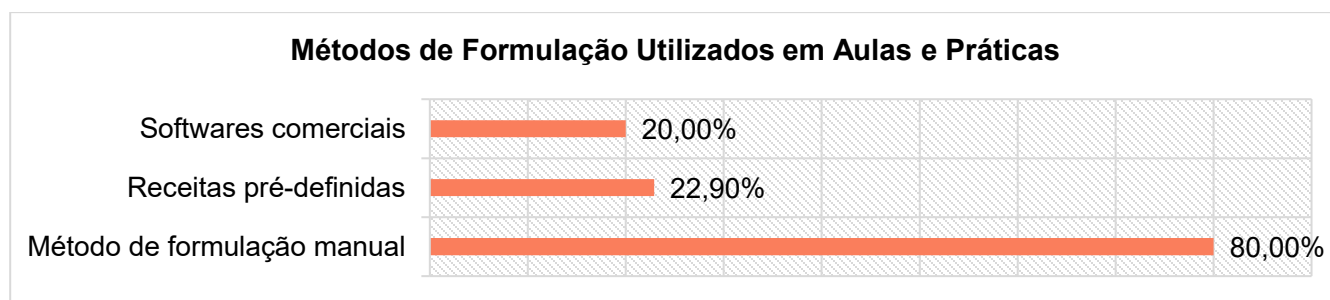


Gráfico II: Métodos de Formulação Utilizados em Aulas e Práticas

Entre as técnicas manuais específicas utilizadas, o Quadrado de Pearson destacou-se de forma absolutamente predominante como a ferramenta mais utilizada, mencionada por 68 participantes (97,1%). Outros métodos, significativamente menos utilizados, incluem o método de tentativa e erro, cálculo matemático directo, sistema de equações e receitas fixas (Gráfico III).

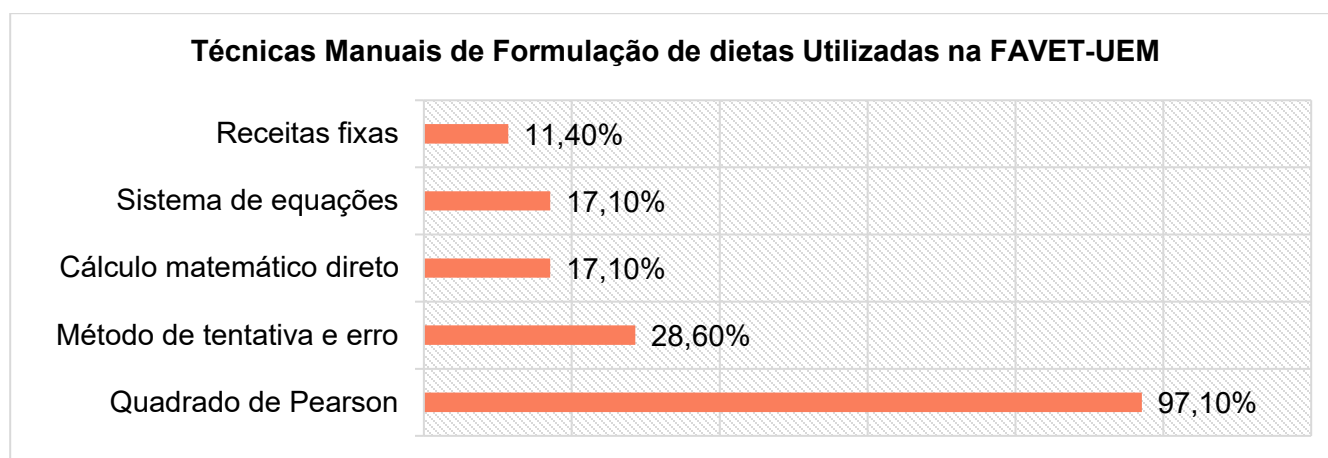


Gráfico III: Técnicas Manuais de Formulação de dietas Utilizadas na FAVET-UEM

O facto dessas técnicas manuais de formulação de dietas não exigirem computador foi a vantagem mais citada pelos participantes (62,9%) seguido pela facilidade de ensinar e aprender (54,3%), reflectindo o valor pedagógico reconhecido destes métodos para a compreensão inicial dos conceitos. A simplicidade foi referida por 30 participantes (42,9%), reforçando a percepção de que estas técnicas são adequadas para a introdução aos princípios básicos da formulação.

Por outro lado, numa questão com respostas múltiplas que obteve 52 respostas válidas dos participantes que tiveram experiência com softwares comerciais, foram reconhecidas vantagens substanciais que contrastam com as características dos métodos manuais. A rapidez na formulação foi mencionada por 44 destes participantes (84,6%), evidenciando uma das principais diferenças entre abordagens manuais e informatizadas. A precisão nos cálculos foi apontada por 34 participantes (65,4%), reflectindo a confiança na exactidão computacional e a eliminação de erros de cálculo manual. A facilidade de alterar ingredientes foi citada por 26 participantes (50%), demonstrando a flexibilidade e agilidade que os softwares proporcionam na exploração de diferentes cenários de formulação. Estas vantagens demonstram claramente o potencial das ferramentas informatizadas para aumentar significativamente a eficiência, precisão e capacidade exploratória do processo de formulação, características essenciais para a prática profissional moderna.

5.1.3. Principais dificuldades e limitações identificadas referentes à prática de formulação de dietas para monogástricos

Apesar das vantagens reconhecidas nos métodos manuais, os participantes identificaram limitações que comprometem a sua eficácia no ensino da formulação de dietas. A principal limitação apontada foi o facto de o processo ser demorado, mencionado por 54 participantes (77,1%) conforme ilustra o Gráfico IV.

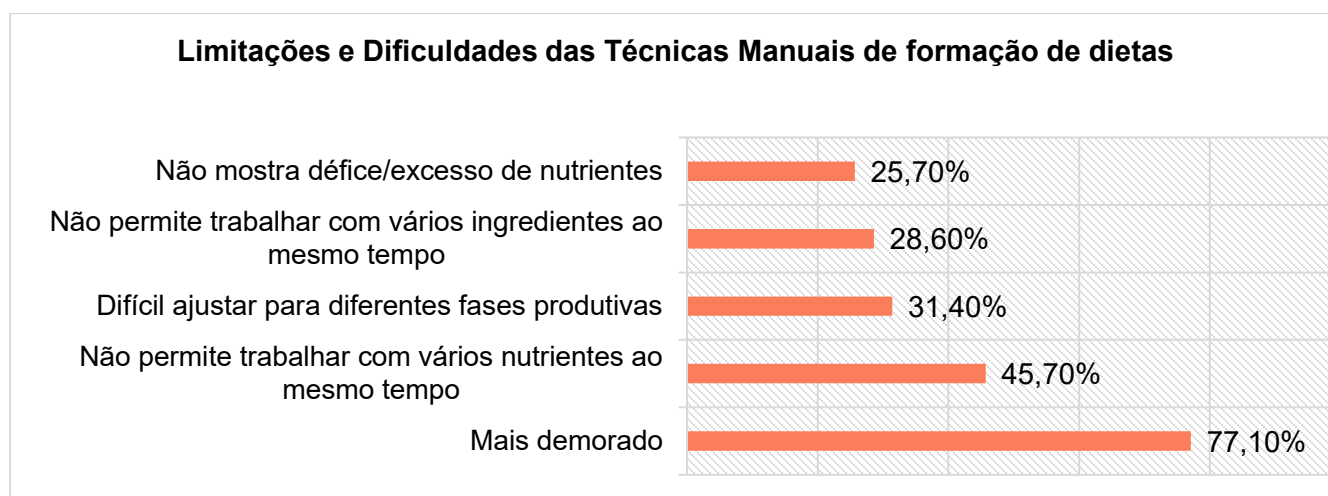


Gráfico IV: Limitações e Dificuldades das Técnicas Manuais de formulação de dietas

Os resultados mostram que as formulações manuais feitas pelos estudantes são muito simples, com poucos ingredientes e poucos nutrientes ajustados ao mesmo tempo. Em relação ao número de ingredientes utilizados, 70 participantes responderam à questão, sendo que 57,1% incluem apenas 2 a 3 ingredientes, 34,3% utilizam 4 a 5 ingredientes e apenas 8,6% conseguiram incluir entre 6 a 10 ingredientes. Quanto aos nutrientes ajustados simultaneamente, 68 participantes responderam à questão. Observando-se que 47,1% conseguem acertar apenas 2 nutrientes de cada vez, 23,5% ajustam apenas 1 nutriente, outros 23,5% ajustam 3 nutrientes e apenas 5,9% conseguem trabalhar com mais de 3 nutrientes simultaneamente. O tempo médio necessário para desenvolver estas formulações manuais revela outra limitação importante. Entre 66 participantes que responderam à questão, 60,6% necessitam de mais de 5 minutos para ajustar a quantidade de nutrientes, 21,2% precisam de 3 a 5 minutos e apenas 18,2% conseguem completar o trabalho em 1 a 2 minutos.

Para os participantes que tiveram experiência com softwares comerciais de formulação de dietas, foram identificadas várias barreiras que limitam a sua utilização. A principal dificuldade mencionada foi o idioma estrangeiro, destacado por 50% dos 48 participantes que responderam a esta questão. A dificuldade de aprender a usar estes programas foi a segunda limitação evidenciada conforme ilustra o gráfico V.

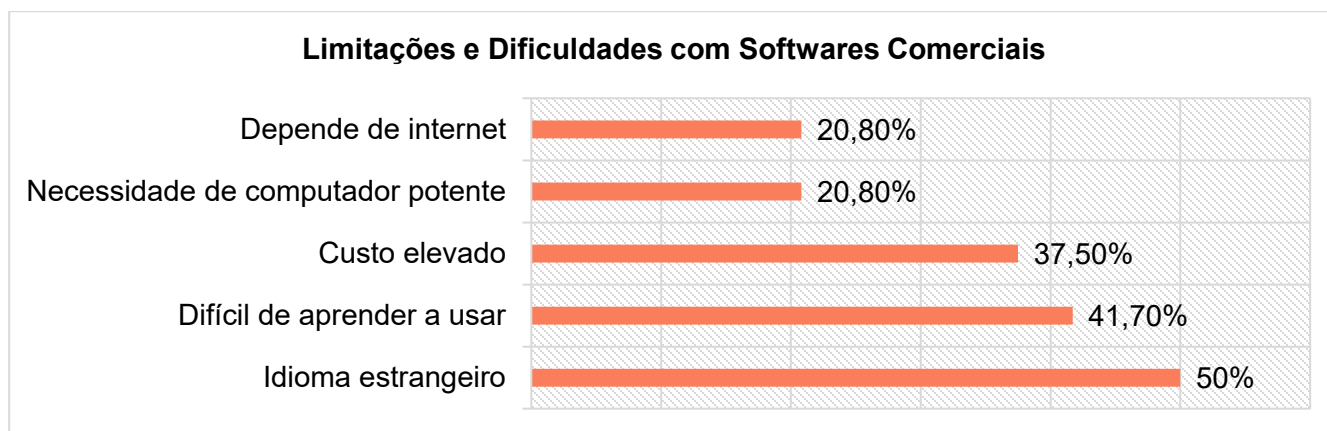


Gráfico V: Limitações e Dificuldades com Softwares Comerciais

5.1.4. Sugestões de funcionalidades para a planilha

Face às limitações identificadas nos métodos manuais e nos softwares comerciais, avaliou-se o interesse e as expectativas dos 70 participantes em relação a uma planilha Excel para apoiar o ensino da formulação de dietas na FAVET-UEM. A funcionalidade de identificação automática das exigências nutricionais por espécie e fase produtiva foi considerada útil ou muito útil por 62,9% dos participantes, com 40% atribuindo nota máxima. A base de dados de ingredientes locais editável recebeu avaliação positiva de 60%, sendo 40% nota máxima conforme ilustra o gráfico VI.

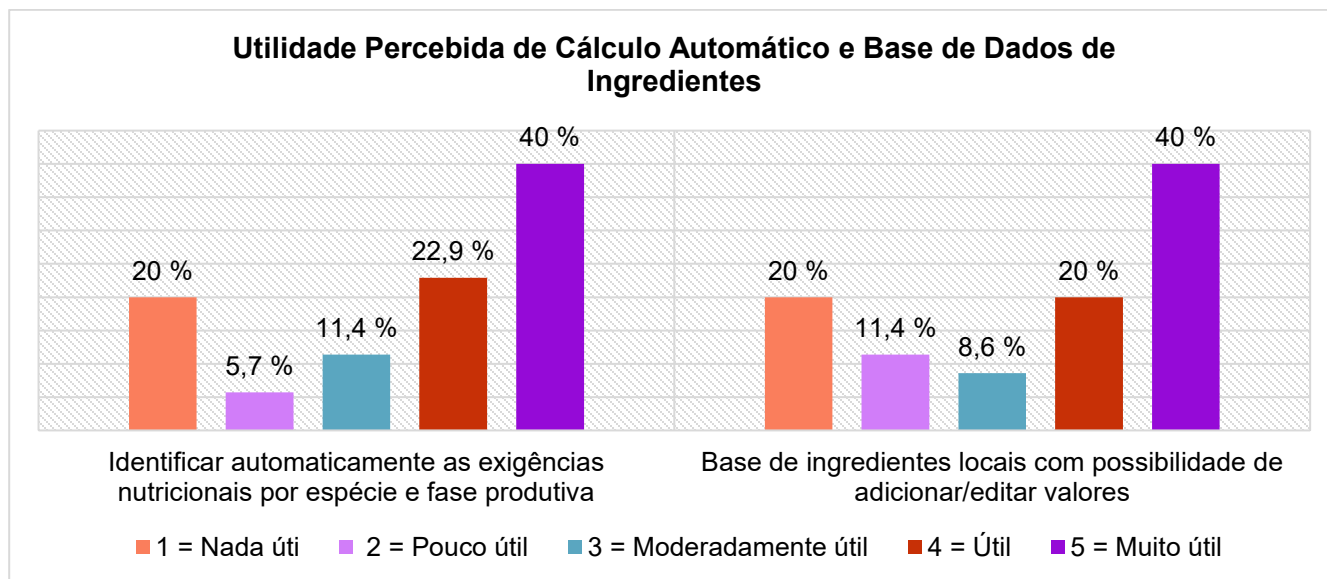


Gráfico VI: Utilidade Percebida de Cálculo Automático e Base de Dados de Ingredientes

A funcionalidade de mostrar alertas visuais para nutrientes fora do valor recomendado foi valorizada por 68,6% (útil + muito útil) dos participantes, com 48,6% atribuindo nota máxima (Gráfico 7). A

capacidade de mostrar o grau de atendimento de cada nutriente recebeu avaliação positiva de 74,3%, sendo 42,9% com nota máxima (Gráfico VII).

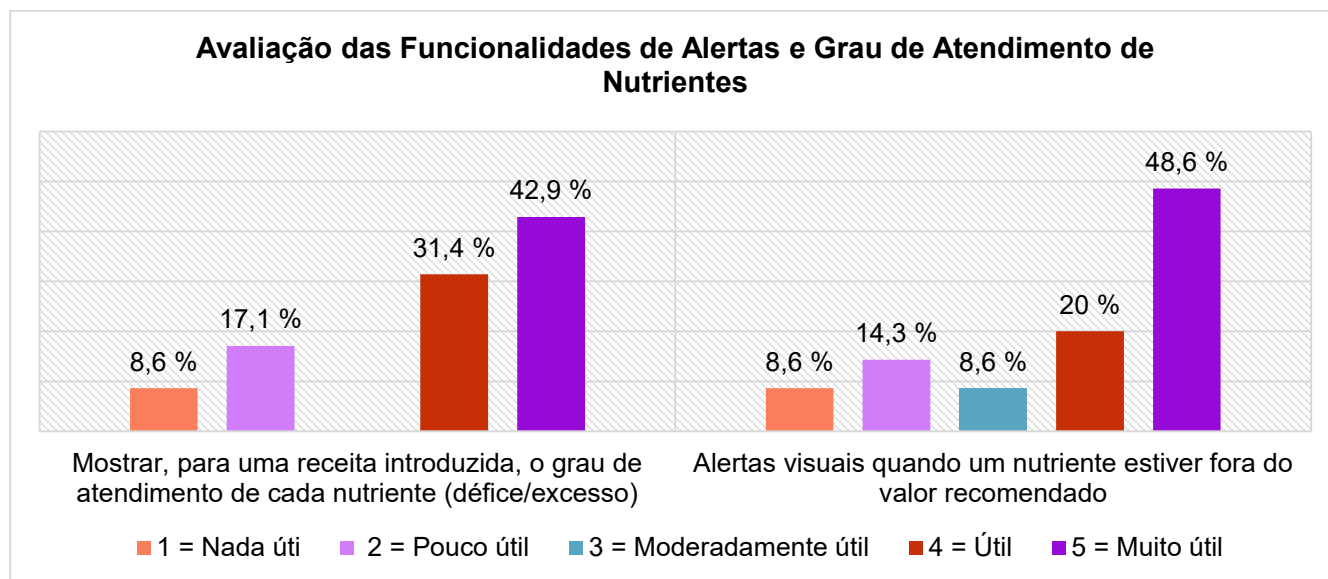


Gráfico VII: Avaliação das Funcionalidades de Alertas e Grau de Atendimento de Nutrientes

Quanto ao formato preferido, 62,9% dos participantes indicaram preferência por ambas as versões (versão de Excel para ambiente local (offline) e Google Sheets para uso em rede (online)), 34,3% preferiram exclusivamente a versão offline e apenas 2,9% preferiram a versão online, reforçando a importância de uma solução funcional offline, mas flexível para uso online quando conveniente. Todos os participantes (100%) demonstraram interesse em receber uma formação curta de 30 a 60 minutos para aprender a usar a planilha, evidenciando uma atitude proativa na adoção da ferramenta.

5.2. Apresentação descritiva da planilha

A planilha desenvolvida baseia-se no princípio da Programação Linear, ela foi estruturada para conduzir o utilizador de forma sequencial e intuitiva por meio de um conjunto de abas interligadas que permitem formular dietas para aves (Frangos de corte e poedeiras) e suínos, ajustando cada percurso conforme a espécie, a categoria produtiva, a idade e os objectivos nutricionais. A navegação inicia-se na aba principal (Figura VI), que funciona como menu inicial, a partir do qual o utilizador escolhe a espécie com que pretende trabalhar (Figura VII), passando depois para as abas seguintes por meio de botões que organizam o fluxo de forma lógica e sequencial. Importa salientar que os dados referentes às exigências nutricionais e à composição química dos ingredientes apresentados na planilha foram extraídos das Tabelas Brasileiras de Exigências Nutricionais de Aves e Suínos (2024), fundamentadas, entre outras fontes, nas recomendações do National Research Council (NRC), o que garante rigor técnico e alinhamento com padrões internacionais de nutrição animal.

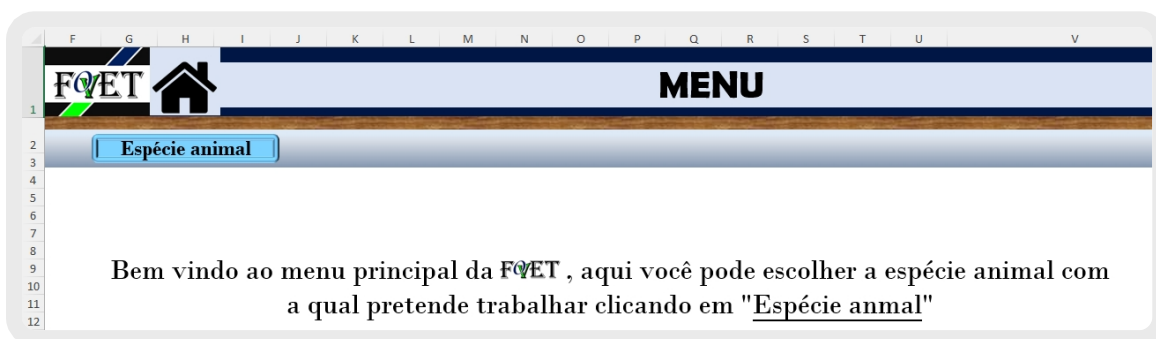


Figura VI: Menu principal da planilha

Fonte: Autor, 2025

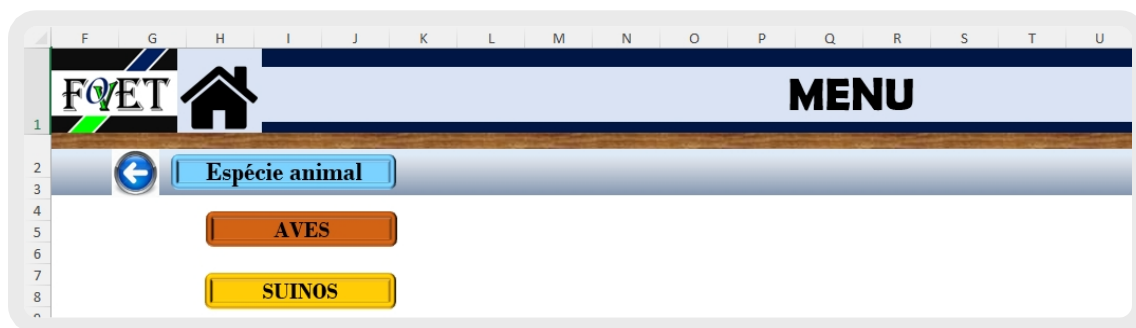


Figura VII: Aba para seleccionar a espécie animal com a qual pretende trabalhar

Fonte: Autor, 2025

Todas as mudanças de uma aba para outra são realizadas através de botões configurados com a função *hiperlink*. Assim, cada botão contém um *hiperlink* que leva o utilizador para a aba correspondente; por exemplo, o botão “Espécie animal” na Figura VI encaminha imediatamente o usuário para aba de Selecção de espécies (Figura VII).

5.2.1. Aves

Ao seleccionar Aves, o sistema apresenta duas opções, frangos de corte e poedeiras, conduzindo o utilizador ao percurso correspondente conforme ilustra a figura VIII.

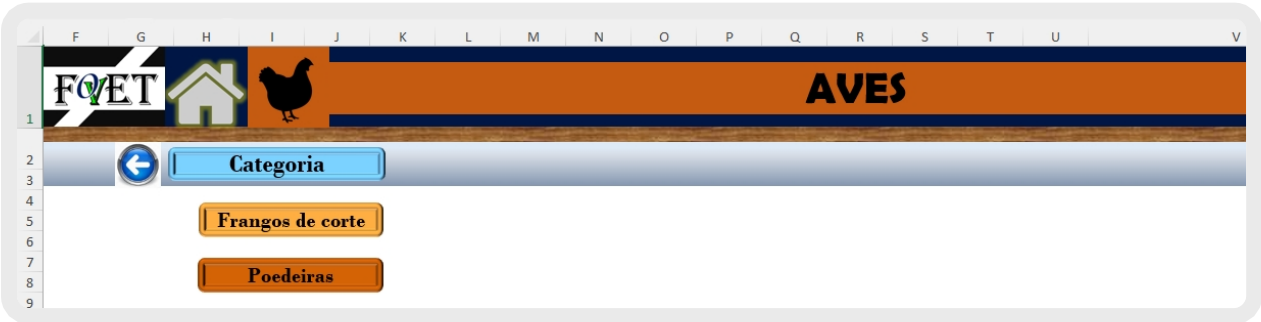


Figura VIII: Interface de Acesso às Categorias de Aves
Fonte: Autor, 2025

No percurso das poedeiras, o utilizador escolhe entre poedeiras leves e semi-pesadas. As poedeiras leves apresentam quatro fases produtivas entre 18 e 70 semanas, organizadas em 18 a 35, 36 a 45, 46 a 55 e 56 a 70 semanas. As poedeiras semi-pesadas seguem três fases entre 18 e 100 semanas, nomeadamente 18 a 28, 29 a 55 e 56 a 100 semanas. Após a Selecção da fase produtiva, o utilizador é direccionado para a aba das exigências nutricionais, onde surge a lista das exigências nutricionais da categoria escolhida, incluindo as exigências de Energia Metabolizável (Kcal/Kg), proteína bruta (%), Aminoácidos digestíveis% (Lisina, Metionina, Metionina + Cistina, Treonina, Triptofano, Arginina, Gly+Ser, Valina, Isoleucina, Leucina, Histidina, Fenilalanina e (Fenilalanina +Triptofano)) e Minerais% (K , Na, Cl, S, Mg, Ca, P). Nesta aba, o botão “Alimentos” (Figura IX) possui uma macro gravada que copia automaticamente as exigências nutricionais para a aba de formulação para aves, garantindo que todos os valores de referência são transferidos sem alterações.

Exigências Nutricionais de Poedeiras Leves (18 - 35 semanas)/(Primeiro ovo até a produção cair 2% abaixo do pico)														
Necessidades	EM (kcal/kg)	PB (g)	Lis.dig g/dia	Metionina	Met+Cis	Treonina	Triptofano	Arginina	Gly+Ser	Valina	Isoleucina	Leucina	Histidina	Fenilalanin
	3019.41807	Kcal/kg 22.12828627 %	1.217055745 %	0.48682 %	0.888 %	0.8033 %	0.21907003 %	1.31442 %	1.789 %	0.94 %	0.81543 %	1.302 %	0.4503 %	0.7667451

Figura IX: Aba das Exigências nutricionais de Poedeiras leves (18-35 semanas de idade)
Fonte: Autor, 2025

Este botão também leva o utilizador, de forma simultânea, para a aba de Selecção dos alimentos para aves (Figura XIV).

No percurso dos frangos de corte, o utilizador inicia pela escolha do sexo, podendo optar entre machos ou fêmeas (Figura X). Em seguida, selecciona o nível de desempenho, limitado às opções desempenho médio ou desempenho superior. Após essa etapa, surgem as fases de criação, que incluem de 0 a 21 dias, de 22 a 28 dias e de 29 a 42 dias. A selecção da fase segue a mesma sequência de abas observada no caso das poedeiras, começando pelas exigências nutricionais específicas para as especificações estabelecidas (Figura XI) e passando pela selecção de alimentos específicos para aves, finalizando na aba de formulação, onde a planilha formula a dieta com base nos parâmetros escolhidos.

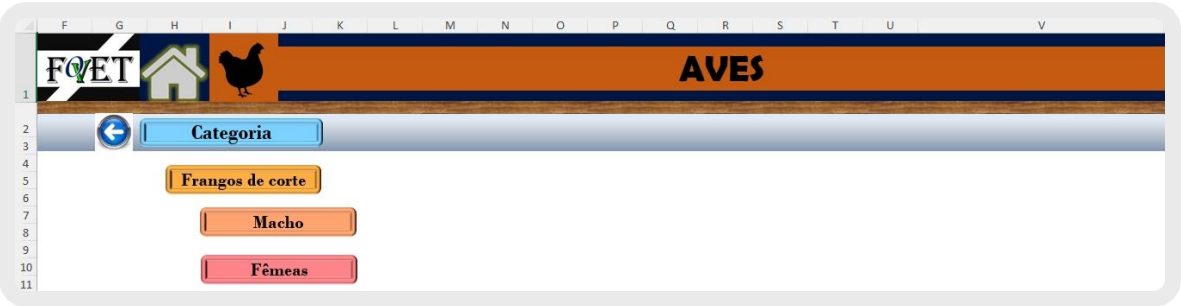


Figura X: Aba de Selecção do Sexo nos Frangos de Corte

Fonte: Autor, 2025

The screenshot shows a software interface for selecting bird categories. At the top, there's a header with 'FVET' and a chicken icon, followed by the word 'AVES'. Below this, a 'Categoria' button is highlighted. Underneath, 'Frangos de corte' is selected, and below that, 'Macho' and 'Fêmeas' are listed as options.

Figura XI: Aba das Exigências nutricionais de frangos de corte machos de desempenho superior (1-21 dias de idade)

Fonte: Autor, 2025

5.2.2. Suínos

Ao seleccionar Suínos, o utilizador começa pela definição do sexo, podendo escolher entre machos e fêmeas (Figura XII), e segue para o nível de desempenho, estando disponível apenas a categoria de desempenho médio.

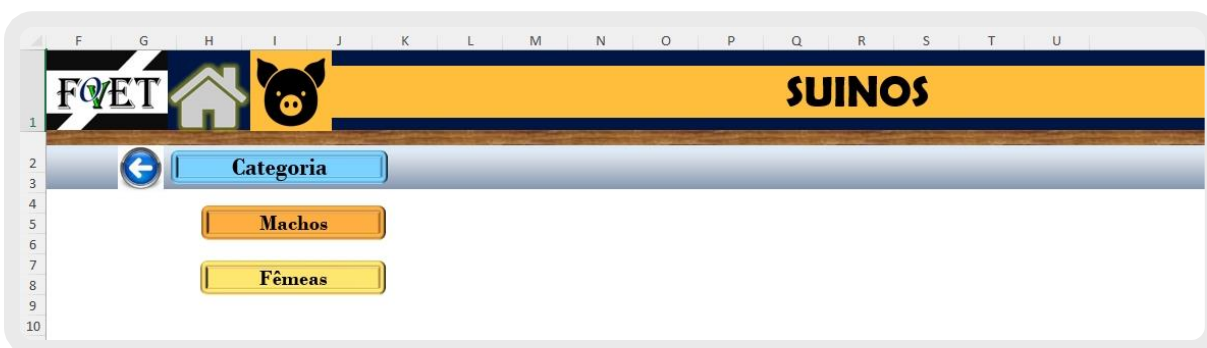


Figura XII: Aba de Selecção do Sexo nos Frangos de Corte

Fonte: Autor, 2025

Dentro do grupo dos machos, o sistema distingue entre machos inteiros e machos castrados. Os machos inteiros apresentam quatro categorias produtivas, incluindo creche entre 21 e 63 dias, crescimento entre 64 e 105 dias, terminação entre 106 e 140 dias e varrasco a partir dos 180 dias de idade. Os machos castrados possuem três fases produtivas, abrangendo creche de 21 a 63 dias, crescimento de 64 a 105 dias e terminação entre 106 e 140 dias. Em qualquer das opções, após a escolha da fase produtiva, o utilizador avança para as abas das exigências nutricionais específicas para as especificações estabelecidas, Selecção de alimentos para suínos (Figura XIII) e por fim para a aba de formulação dietas para suínos.

CODIGO	Ingrediente	min	max	Preço	MS (%)	EB (kcal/kg)	EM (kcal/ PB (%)	FB (%)	FDN (%)	FDA (%)	Lisina	Met
1	Amido	0%	100%	100 MZN/kg	88.6	3736	3528	0.4	0.2	0	0	0

CODIGO	Ingrediente	Limite. min	Limite. max	Preço	MS (%)	EB (kcal/kg)	EM (kcal/ PB (%)	FB (%)	FDN (%)	FDA (%)	Lisina	Met
1	Amido	0%	100%	100 MZN/kg	88.6	3736	3528	0.4	0.2			
2	Arroz, Farelo	0%	100%	100 MZN/kg	89.4	4428	2583	13.1	7.35	22.5	12.3	0.47
3	Arroz, Farelo Desengordurado	0%	100%	100 MZN/kg	89.8	3833	1843	15.9	10.5	24.7	14.3	0.52
4	Arroz, Quirera	0%	100%	100 MZN/kg	88.2	3842	3219	8	0.6	6.33	2.09	0.25
5	Aveia, Grão	0%	100%	100 MZN/kg	89	4117	2976	12.6	3.73	28.7	11.1	

Figura XIII: Aba para Selecção de alimentos energéticos para Suínos

Fonte: Autor, 2025

No grupo das fêmeas, depois de seleccionar o desempenho regular médio, o utilizador escolhe a categoria produtiva, que inclui creche de 21 a 63 dias, crescimento de 64 a 105 dias, terminação entre 106 e 140 dias, reposição de 141 a 210 dias e reprodutoras acima de 210 dias. As reprodutoras estão subdivididas em porcas vazias, porcas gestantes com primeira fase de 0 a 85 dias e segunda fase entre

86 e 115 dias, e porcas lactantes. Após escolher a categoria, o fluxo segue para a mesma sequência de abas (Exigências nutricionais, Alimentos para suínos e Aba de formulação de dieta para suínos).

5.2.3. Aba de Alimentos (Ingredientes)

As abas dos Alimentos, também referida como Abas de Ingredientes, constituem um componente essencial da planilha, projectadas para permitir o selecção/cadastro dos alimentos que serão utilizados na formulação da dieta. Conforme a espécie animal previamente seleccionada, o utilizador é direccionado para a aba correspondente, possibilitando trabalhar especificamente com os ingredientes destinados aos suínos ou às aves. A disposição destas abas esta estruturada de forma a facilitar a visualização e manipulação dos dados, estando dividida em seções que permitem ao utilizador interagir com os alimentos de maneira clara e funcional. Na parte superior destas abas encontra-se um campo destinado a Selecção dos tipos de alimentos que o utilizador deseja seleccionar (Energéticos, Proteicos ou Fontes minerais). Encontra-se também um campo destacado a vermelho destinado à inserção do código do alimento, permitindo que o utilizador digite diretamente o código referente ao ingrediente desejado (Figura XIV). Este código, previamente listado na base de dados dos alimentos listados, chama automaticamente a descrição completa do alimento através da função “PROCV”⁴ inserida na célula “C4”, agilizando o processo de Selecção.

Figura XIV: Aba de Selecção de alimentos energéticos para Aves

Fonte: Autor, 2025

De baixo do campo de onde se inserir o código, existe o botão “Cadastrar”, que, ao ser acionado, executa uma macro que copia a descrição e os dados do alimento inserido para a aba de Alimentos Seleccionados. É possível cadastrar até dez alimentos, bastando inserir os códigos correspondentes antes de clicar no botão Inserir. A aba também possui um botão “Ver alimentos” com hiperlink que permite navegar para a aba de Alimentos Seleccionados (Figura XV). Na aba de Alimentos

⁴ =PROCV(B4,INGREDIENTES,{2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32},FALSO)

Selecionados, o utilizador pode revisar todos os alimentos adicionados, eliminar aqueles que não sejam necessários ou tenham sido cadastrados por engano clicando os botões a vermelho e editar a composição química de cada alimento, incluindo matéria seca, energia, proteína, aminoácidos e minerais, assim como os limites mínimos e máximos de inclusão do alimento na dieta. Ao clicar no botão “Formular” nesta aba, é executada uma macro em que todos os alimentos selecionados e as alterações feitas são automaticamente transferidos para a aba de Formulação, também chamada de Aba de Incorporações, onde se realizará o cálculo final da dieta.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

FOVET



ALIMENTOS SELECIONADOS

suínos

LIMPAR

Ingrediente

min

max

MS (%)

EB (kcal/k EM (kcal/l PB (%)

FB (%)

FDN (%)

FDA (%)

Lisina

Metionin: Met+Cl:

Treonina

Triptofan: A

Soja, Farelo 44,5% PB

0

1

100

89.5

4147

2212

44.5

5.84

13.1

8.3

2.51

0.55

1.12

1.54

Milho, Grão (Média)

0

1

100

88.6

3929

3364

7.81

1.72

13.8

3.16

0.2

0.14

0.29

0.24

Milho, Óleo

0

1

100

99.3

9350

8773

0

0

0

0

0

0

0

0

Farinha de Osso Autoclavada

0

1

100

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

Ácido Fosfórico

0

1

100

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

Carbonato de Potássio

0

1

100

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

Sal Comum

0

1

100

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

Figura XV: Aba para ver os selecionados para suínos

Fonte: Autor, 2025

5.2.4. Aba de Formulação / Incorporação

As abas de Formulação, também chamada de Abas de Incorporação, são o núcleo onde ocorre, o cálculo final das dietas tanto para aves como para suínos (existe uma aba específica para suínos e outra específica para aves). Toda a estrutura destas abas foi concebida para permitir a integração entre os alimentos previamente selecionados e as exigências nutricionais definidas na aba de Exigências. A disposição geral apresenta, na parte superior, duas secções principais: a tabela dos alimentos selecionados e a tabela dos alimentos próprios do utilizador (Figura XVI). Os alimentos selecionados são automaticamente copiados da aba de Alimentos Selecionados quando o utilizador clica no botão Formular daquela aba (Figura XV). Estes alimentos surgem já acompanhados dos seus valores de matéria seca, energia, proteína bruta, aminoácidos, minerais, preço e os seus respectivos limites de inclusão, que podem ser ajustados conforme a necessidade.

Nesta aba existe ainda a secção dos alimentos próprios (Seus alimentos), onde o utilizador pode adicionar ingredientes que não constem da base de dados de alimentos. Esta área é totalmente editável, permitindo que o utilizador introduza novas matérias-primas, configure a composição química e inclua estes alimentos na formulação.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
					Incorporação Aves									
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														

Figura XVI: Secção de alimentos na aba de formulação

Fonte: Autor, 2025

Logo abaixo encontra-se a secção de formulação, onde se encontra a tabela das exigências nutricionais (Necessidades), apresentada automaticamente e correspondente as exigências nutricionais da categoria selecionada inicialmente (Figura XVII).

Formulação													
Necessidades			EM (kcal/kg)	PB (%)	Lisina	Metionina	Met+Cis	Treonina	Triptofano	Arginina	Gly+Ser	Valina	P
			3000	21	0	0	0						
Tabela de formulação	Ingrediente		Nível de inclusão (%)	Preço	MS (%)	EB (kcal/kg)	EM (kcal/kg)	PB (%)	FB (%)	FDN (%)	FDA (%)		
ALIMENTOS	0		0.000%	0	0	0	0	0	0	0	0		
	0		48.220%	0	0	0	0	0	0	0	0		
	0		14.462%	0	0	0	0	0	0	0	0		
	0		33.119%	0	0	0	0	0	0	0	0		
	0		4.200%	0	0	0	0	0	0	0	0		
	0		0.000%	0	0	0	0	0	0	0	0		
	0		0.000%	0	0	0	0	0	0	0	0		
	0		0.000%	0	0	0	0	0	0	0	0		
	0		0.000%	0	0	0	0	0	0	0	0		
	0		0.000%	0	0	0	0	0	0	0	0		
ALIMENTOS	0		0.000%	0	0	0	0	0	0	0	0		
	0		0.000%	0	0	0	0	0	0	0	0		
	0		0.000%	0	0	0	0	0	0	0	0		
	0		0.000%	0	0	0	0	0	0	0	0		
	0		0.000%	0	0	0	0	0	0	0	0		
	0		0.000%	0	0	0	0	0	0	0	0		
	0		0.000%	0	0	0	0	0	0	0	0		
	0		0.000%	0	0	0	0	0	0	0	0		
	0		0.000%	0	0	0	0	0	0	0	0		
	0		0.000%	0	0	0	0	0	0	0	0		
SOMA			100%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Formular													

Figura XVII: Secção de formulação na aba de Incorporação

Fonte: Autor, 2025

Mais abaixo, existe uma tabela designada tabela de formulação, na qual são apresentados os nomes dos ingredientes que entram na formulação, provenientes tanto dos alimentos seleccionados como dos próprios alimentos introduzidos pelo utilizador. Estes nomes chegam à tabela através de uma função de ligação de células, garantindo que qualquer actualização feita noutras secções da aba seja reflectida automaticamente. Na mesma tabela, ao lado dos nomes, surgem os níveis de inclusão de cada ingrediente, permitindo visualizar a participação de cada alimento na dieta final.

A continuação dessa mesma tabela apresenta, mais adiante, o preço dos alimentos e os valores de composição química resultantes, todos expressos com base na contribuição nutricional efectiva de cada ingrediente na dieta. Estes valores não representam os atributos originais dos alimentos, mas sim o efeito real que cada um exerce na formulação final. Cada elemento seja preço, matéria seca, energia, proteína, aminoácido ou minerais é obtido pela multiplicação entre o nível de inclusão do ingrediente e o respectivo teor ou valor unitário na sua composição. Desta forma, a tabela evidencia o impacto concreto de cada alimento no custo total e no fornecimento de nutrientes, reflectindo com precisão a situação final após a formulação.

Nesta aba está o botão “Formular”, responsável por activar a macro que executa o Solver. Esta macro identifica os ingredientes listados na tabela principal, compara a composição química disponível com as exigências nutricionais definidas e procura automaticamente a combinação de menor custo que acerta com exactidão as exigências de Energia Metabolizável, proteína bruta e lisina, assegurando simultaneamente o cumprimento dos requisitos de Metionina, Metionina+Cistina, Cálcio e Fósforo, respeitando sempre os limites de inclusão previamente estabelecidos para cada alimento.

Após a execução, os resultados são apresentados na secção inferior da aba, sob a forma de um relatório nutricional que mostra a quantidade disponível de cada nutriente, a quantidade necessária, a diferença entre ambas e o ponto de situação, onde quando a quantidade necessária de determinado nutriente é superior à quantidade disponível na formulação, a planilha assinala automaticamente a situação como “REVER”, indicando a necessidade de ajustes (Figura XVIII). Por outro lado, quando a quantidade disponível satisfaz ou supera a exigência nutricional definida, o ponto de situação é apresentado como “BOM”, facilitando a interpretação imediata dos resultados por parte do utilizador.

Relatório									
			Preço	MS (%)	EB (kcal/kg)	EM (kcal/kg)	PB (%)	FB (%)	FDN (%)
DISPONIVEL	100%		138,5781252	86,1512639	3905,994479	3000	14,387974	3,216943517	16,26671
NECESSARIO	100%		138,5781252	86,1512639	3000	3000	24,263974	3,216943517	16,26671
DIFERENCA	0%		0	0	905,9944791	0	-9,8760001	0	0
SITUACAO	BOM		BOM	BOM	BOM	BOM	REVER	BOM	BOM

Figura XVIII: Secção de Relatório da planilha

Fonte: Autor, 2025

Quando o programa não consegue encontrar uma solução para a formulação proposta, é apresentado o erro ilustrado na Figura XIX. Nessa situação, torna-se necessário rever os ingredientes utilizados na formulação, bem como os respectivos limites de inclusão definidos.

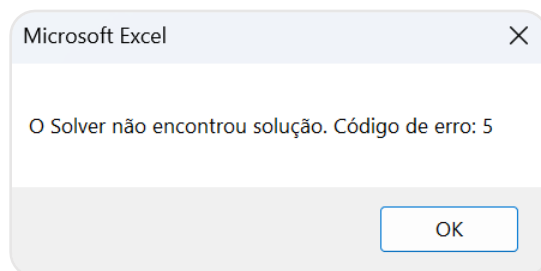


Figura XIX: Mensagem de erro quando o solver não encontra solução

Fonte: Autor, 2025

5.3. Avaliação da planilha

Os resultados obtidos a partir das respostas dos nove estudantes que participaram da avaliação da planilha revelam um conjunto de padrões consistentes sobre o comportamento da planilha durante a formulação de dietas. Em termos de área de formação, 50% dos respondentes eram estudantes de Ciência e Tecnologia Animal, e os restantes 50% pertenciam ao curso de Medicina Veterinária.

Os resultados mostram diferenças na experiência digital prévia. Uma proporção de 55,6% dos estudantes nunca tinha utilizado qualquer ferramenta digital de formulação, contrastando com os 44,4% que afirmaram já ter tido contacto com algum sistema, entre os quais o NRC foi referido por 75% enquanto os restantes 25% participantes indicaram a utilização de outras planilhas de formulação.

Ao analisar a clareza e a navegabilidade da ferramenta, constatou-se que a maioria dos inquiridos apresentou uma percepção favorável, com 88,8% de concordância. Registou-se, contudo, 11,1% de respostas indiferentes, indicando que ainda existe um reduzido grupo que não manifesta uma posição clara sobre este aspecto. Relativamente à adequação dos ingredientes disponíveis na base de dados da planilha, os resultados evidenciam igualmente uma avaliação maioritariamente positiva, com 77,8% de concordância, sendo que 55,6% concordaram parcialmente e 22,2% concordaram totalmente. Importa referir que 22,2% dos estudantes posicionaram-se de forma indiferente, sugerindo que, embora a maioria reconheça a adequação da base de dados à realidade local, há espaço para eventuais ajustes na contextualização dos ingredientes.

Constatou-se ainda que 88,8% dos estudantes concordaram com a afirmação de que a planilha apresentou de forma clara e compreensível as exigências nutricionais e os respectivos resultados, sendo que 44,4% concordaram parcialmente e igual percentagem concordou totalmente. Registou-se ainda 11,1% de respostas indiferentes, o que não compromete a leitura globalmente positiva deste indicador. No que respeita à capacidade da planilha em sinalizar correctamente situações de deficiência de nutrientes, os resultados revelam uma concordância ainda mais expressiva, com 33,3% dos respondentes a concordarem parcialmente e 66,7% a concordarem totalmente.

O tempo total de execução da formulação apresentou algumas variações entre os participantes, tendo-se verificado que 44,4% concluíram o processo entre três e cinco minutos, enquanto 55,6% necessitaram de seis a dez minutos, não havendo registo de estudantes que ultrapassem este intervalo. Para além do tempo despendido na execução da tarefa, a análise centrou-se na forma como os participantes interpretaram os efeitos das alterações económicas sobre a formulação, observando-se que, relativamente ao comportamento do nível de inclusão do farelo de soja após o ajuste do preço de 100 para 200 Meticais, a maioria dos inquiridos, correspondente a 77,8%, identificou uma redução desse nível de inclusão, enquanto 22,2% referiram que o mesmo se manteve inalterado.

Em termos de adequação acadêmica, os resultados evidenciaram uma avaliação totalmente positiva por parte dos inquiridos, uma vez que 44,4% concordaram parcialmente e 55,6% concordaram totalmente, perfazendo 100% de apreciações elevadas. A mesma tendência favorável foi observada quanto à recomendação da ferramenta a outros estudantes ou profissionais da área. Verificou-se que 88,9% dos respondentes afirmaram que recomendariam a planilha, enquanto 11,1% indicaram que talvez o fariam.

Quando questionados sobre a possibilidade de acrescentar funcionalidades extras à planilha para facilitar a prática de formulação de dietas, os participantes apresentaram diversas sugestões. Um dos inquiridos referiu que seria interessante incluir *"uma janela de ajuda e apoio para o usuário"*, acrescentando ainda a necessidade de *"formular para mais animais de produção e ajuste dos preços para a realidade"*, de modo a tornar a ferramenta mais próxima das condições práticas do contexto local. De forma semelhante, outro participante destacou que seria interessante *"aumentar o número das espécies, não se limitar apenas na formulação de dietas para monogástricos, mas sim para ruminantes (ex: caprinos, bovinos e ovinos) e espécies aquáticas (peixes)"*.

Registrou-se ainda uma sugestão relacionada com a organização da informação e dos conteúdos disponíveis, tendo sido referido que seria pertinente *"acrescentar outros ingredientes e fornecer devida leitura/interpretação dos relatórios apresentados no final da formulação"*, reforçando a importância de elementos de apoio que facilitem a interpretação dos resultados obtidos durante a formulação. Por fim, um dos respondentes salientou a qualidade geral da ferramenta, mas apontou uma funcionalidade adicional desejável, ao mencionar que *"a planilha é excelente, no entanto, eu acrescentaria a possibilidade de poder transformar em um documento com o resultado final que pudesse ser facilmente enviado caso haja necessidade"*.

6. DISCUSSÃO

Os resultados mostram que há forte predominância da utilização do Quadrado de Pearson na FAVET-UEM o que revela fortes limitações estruturais no ensino de Nutrição Animal, sobretudo no que diz respeito ao acesso a ferramentas modernas e à formação digital. Embora autores como Cardinal *et al.* (2019) e Silva *et al.* (2023) reconheçam que os métodos manuais têm valor para introduzir os conceitos básicos de formulação, o uso exclusivo dessas técnicas levanta dúvidas sobre a capacidade dos estudantes em enfrentar os desafios reais da formulação de dietas. Os resultados mostram que a maioria dos estudantes só consegue ajustar dois nutrientes e utilizar dois a três ingredientes por formulação, o que indica baixa eficiência operacional. Isto reforça o argumento de Akintan *et al.* (2024) e Hynd (2019) de que a formulação manual não atende às exigências modernas de precisão nutricional, as quais envolvem interação entre energia, proteína, aminoácidos digestíveis e minerais. Para além disso, uma parte significativa dos estudantes necessita de mais de cinco minutos para ajustar cálculos simples, situação que coincide com o retrato apresentado por Silva *et al.* (2023) sobre a morosidade e vulnerabilidade a erros matemáticos nos métodos manuais.

Por outro lado, a avaliação da planilha desenvolvida evidenciou elevada aceitação e facilidade de uso entre os estudantes, apontando para um grande potencial em suprir lacunas de eficiência e precisão. Estes achados corroboram com estudos como os de Pesti *et al.* (2024) e Santos (2024), que destacaram que Planilhas Excel com o suplemento solver podem constituir alternativas viáveis e acessíveis a software comercial, muitas vezes dispendiosos e de difícil acesso para instituições de ensino com recursos limitados, reforçando assim o valor pedagógico e prático desta Planilha.

A maioria dos estudantes identificaram redução do nível de inclusão do farelo de soja após alterações no preço do ingrediente, validando o correcto funcionamento da Programação Linear via Solver. Estes resultados corroboram os achados de Pesti *et al.* (2024) que destacaram que o uso do Solver em uma planilha Excel permite calcular de forma prática dietas de custo mínimo para aves. De forma semelhante, os trabalhos de Santos (2025), Santos (2024) e Souza (2021) evidenciaram que planilhas Excel associadas ao Solver permitem ajustar os níveis de ingredientes conforme variações de preços e restrições nutricionais, garantindo dietas equilibradas e economicamente viáveis. Estes achados ressaltam a capacidade do Solver em reduzir custos sem comprometer o equilíbrio nutricional, aproximando a formação académica das decisões económicas e práticas enfrentadas na produção animal.

Apesar da avaliação positiva da planilha Excel, os resultados indicam que o tempo necessário para formular uma dieta foi ligeiramente semelhante ao observado nas técnicas manuais, uma vez que, em ambos os casos, a maioria dos estudantes referiram necessitar de mais de cinco minutos para concluir

a formulação. Este resultado sugere que a introdução da ferramenta não se traduziu, de forma imediata, numa redução expressiva do tempo de execução. Segundo Cardinal *et al.* (2019) e Souza (2021), a eficiência no uso de ferramentas computacionais de formulação está fortemente associada ao grau de experiência do utilizador e à familiaridade com a lógica de funcionamento do sistema. Assim, no presente estudo, o tempo registado com a planilha pode refletir o primeiro contacto dos estudantes com a ferramenta, sendo mais adequado interpretar os resultados como um indicador de adaptação inicial do que como uma limitação do seu desempenho operacional.

No entanto, apesar de o tempo despendido não apresentar diferenças relevantes, a análise sob a perspectiva da eficiência demonstra uma vantagem evidente da planilha em relação às técnicas manuais. A utilização da ferramenta possibilita, numa única execução, o processamento de vinte ingredientes, com ajuste simultâneo da energia metabolizável, da proteína bruta, da lisina, da metionina, da cistina+metionina, bem como do cálcio e do fósforo. Em contrapartida, as técnicas manuais, que no mesmo intervalo de tempo, permitem em média apenas o acerto de dois nutrientes, recorrendo a um número reduzido de ingredientes, geralmente entre dois e três.

Importa, contudo, reconhecer uma limitação técnica central da planilha proposta, as exigências nutricionais incorporadas baseiam-se nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos de Rostagno *et al.* (2024), desenvolvidas com base em animais criados em condições ambientais, climáticas e genéticas distintas das predominantes em Moçambique. Factores como a temperatura média elevada, a disponibilidade e a composição química dos ingredientes locais, bem como as linhagens animais comercializadas no mercado nacional, podem diferir significativamente dos parâmetros sobre os quais essas tabelas foram construídas. Esta dependência de referenciais internacionais, embora justificada pela ausência de dados nacionais sistematizados, pode introduzir imprecisões nas formulações geradas, designadamente na estimativa das necessidades energéticas e proteicas em condições tropicais. A validação futura da planilha com dados de composição de ingredientes e de exigências nutricionais levantados em contexto moçambicano constituiria um avanço importante para aumentar a sua precisão e relevância prática local.

No que respeita às limitações metodológicas, a avaliação da planilha foi realizada com uma amostra de nove estudantes, o que, embora suficiente para uma análise exploratória inicial, não permite generalizações estatísticas robustas. Os resultados apresentados em percentagem devem ser interpretados com cautela, dado que cada valor percentual corresponde a um ou dois indivíduos. Estudos futuros com amostras mais amplas e diversificadas, incluindo docentes, técnicos do sector pecuário e estudantes de diferentes níveis, permitiriam uma avaliação mais abrangente da usabilidade, eficácia pedagógica e aplicabilidade prática da ferramenta.

7. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que:

- A formulação de dietas para monogástricos na Faculdade de Veterinária da UEM é predominantemente realizada por métodos manuais, com destaque para o Quadrado de Pearson, os quais, apesar do seu valor pedagógico introdutório, apresentam limitações significativas quanto ao ajuste simultâneo de múltiplos nutrientes, ao número de ingredientes utilizados e à eficiência temporal do processo;
- A planilha Excel proposta mostrou-se tecnicamente funcional e adequada para a formulação de dietas de suínos, frangos de corte e poedeiras, permitindo o balanceamento simultâneo de energia metabolizável, proteína bruta, aminoácidos essenciais (Lisina, Metionina e Cistina) e minerais (Cálcio e Fósforo), de acordo com exigências nutricionais predefinidas;
- Os testes práticos demonstraram que a planilha é viável e confiável, uma vez que respondeu corretamente às variações nos preços dos ingredientes, reajustando automaticamente as formulações sem comprometer o atendimento às exigências nutricionais, além de facilitar a identificação de défices e excessos nutricionais;
- A planilha Excel constitui uma alternativa acessível e adaptada à realidade da FAVET-UEM, com elevado potencial para fortalecer as competências técnicas dos estudantes e suprir a ausência de softwares especializados de formulação de dietas para monogástricos.

8. RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se que:

- A Faculdade de Veterinária da Universidade Eduardo Mondlane considere a adoção da planilha de modo a complementar os métodos manuais tradicionalmente utilizados e melhorar a aprendizagem da formulação de dietas para monogástricos;
- Se promova o desenvolvimento de um projecto nacional de levantamento e actualização contínua de dados sobre a composição química dos alimentos e as exigências nutricionais dos animais nas condições moçambicanas, envolvendo universidades, institutos de investigação e entidades do sector pecuário, de modo a reduzir a dependência exclusiva de tabelas internacionais e aumentar a precisão das formulações adaptadas à realidade local.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akintan, O., Gebremedhin, K. G., & Uyeh, D. D. (2024). Animal Feed Formulation—Connecting Technologies to Build a Resilient and Sustainable System. [Citado em: 02 de 11 de 2025.] *Animals* 2024, Vol. 14, Page 1497, 14(10), 1497. <https://doi.org/10.3390/ANI14101497>
- Almeida, T. W. de. (2016). *Rações formuladas por meio da programação linear e não linear para poedeiras comerciais*. [Citado em: 12 de 11 de 2025.] <https://doi.org/10.11606/D.74.2016.TDE-29092016-111501>
- Assis, G. J. de F. (2024). Nutrição Animal. Em *Série Didática* (Vol. 1, Número 1). EPAMIG. [Citado em: 02 de 11 de 2025.] <https://epamig.br/itap/wp-content/uploads/2020/07/Nutricao-Animal.pdf>
- Bardin, L. (2020). *Análise de conteúdo* (4.^a ed.). Edições 70.
- Cardinal, K., Costa, J. L. B., & Ribeiro, A. M. L. (2019). Princípios básicos na formulação de rações. *Pubvet*, 13(09). [Citado em: 02 de 10 de 2025.] <https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n9a410.1-7>
- FAO. (2023). *Global forum for animal feed and feed regulators opens: Implications for animal production costs*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. [Citado em: 02 de 10 de 2025.] <https://www.fao.org/newsroom/detail/fao-opens-global-forum-for-animal-feed-and-feed-regulators/en>
- Gachuri, C. (2021). *Feed formulation and mixing for small-scale feed producers*. [Citado em: 20 de 11 de 2025.] https://www.academia.edu/80589000/Feed_formulation_and_mixing_for_small_scale_feed_producers
- Gil, A. C. (2017). *Métodos e técnicas de pesquisa social* (6, Ed.). Atlas.
- Hynd, P. (2019). *Animal Nutrition: From Theory to Practice*. CSIRO Publishing ; CABI. [Citado em: 02 de 11 de 2025.] https://books.google.com/books/about/Animal_Nutrition.html?hl=pt-PT&id=kHW7DwAAQBAJ
- Ibarra, R., Rich, K. M., Adasme, M., Kamp, A., Singer, R. S., Atlagich, M., Estrada, C., Jacob, R., Zimin-Veselkoff, N., Escobar-Dodero, J., & Mardones, F. O. (2018). Animal production, animal health and food safety: Gaps and challenges in the chilean industry. *Food Microbiology*, 75, 114–118. [Citado em: 02 de 17 de 2025.] <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.10.004>

- McDonald, P., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C., Edwards, R., Sinclair, L., & Wilkinson, R. (2021). *Animal Nutrition*. Pearson Higher Ed. [Citado em: 25 de 12 de 2025.] <https://books.google.co.mz/books?id=PQOozgEACAAJ>
- Microsoft. (sem data-a). *Automatizar tarefas com o gravador de macros - Suporte da Microsoft*. [Citado em: 8 de 11 de 2025.] <https://support.microsoft.com/pt-br/office/automatizar-tarefas-com-o-gravador-de-macros-974ef220-f716-4e01-b015-3ea70e64937b>
- Microsoft. (sem data-b). *Definir e resolver um problema utilizando o Solver - Suporte da Microsoft*. [Citado em: 12 de 11 de 2025.] <https://support.microsoft.com/pt-pt/office/definir-e-resolver-um-problema-utilizando-o-solver-5d1a388f-079d-43ac-a7eb-f63e45925040>
- Microsoft. (sem data-c). *Getting started with VBA in Office | Microsoft Learn*. [Citado em: 02 de 01 de 2026.] <https://learn.microsoft.com/en-us/office/vba/library-reference/concepts/getting-started-with-vba-in-office>
- Microsoft. (sem data-d). *HIPERLINK (Função HIPERLINK)*. [Citado em: 08 de 11 de 2025.] https://support.microsoft.com/pt-br/office/hiperlink-fun%C3%A7%C3%A3o-hiperlink-333c7ce6-c5ae-4164-9c47-7de9b76f577f?utm_source=chatgpt.com
- Moss, A., Chung, A., Dao, H., Parkinson, G., & Crowley, T. (2024). Barriers to the Implementation of Max-Profit and Stochastic Feed Formulation Strategies: A Survey of the Australian Poultry Industry. *Animals* 2024, Vol. 14, Page 3333, 14(22), 3333. [Citado em: 02 de 11 de 2025.] <https://doi.org/10.3390/ANI14223333>
- NASEM. (2021). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. [Citado em: 22 de 12 de 2025.] <https://doi.org/10.17226/25806>
- NRC. (2012). *Nutrient Requirements of Swine* (11.^a ed.). The National Academies Press. [Citado em: 02 de 09 de 2025.] <https://doi.org/10.17226/13298>
- Patil, V., Gupta, R., D, R., & Kuntal, R. S. (2017). COMPARATIVE STUDY ON FEED FORMULATION SOFTWARE- A SHORT REVIEW. *International Journal of Research -GRANTHAALAYAH*, 5(4RAST), 105–115. [Citado em: 08 de 09 de 2025.] <https://doi.org/10.29121/granthaalayah.v5.i4RAST.2017.3311>
- Pesti, G. M., Choct, M., Chrystal, P. V, Bedford, M. R., & Moss, A. F. (2024). Teaching the principles of least-cost poultry feed formulation utilizing the Solver function within a computer software workbook. *Poultry Science*, 103(6), 103636. [Citado em: 17 de 11 de 2025.] <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103636>

- Pomar, C., Andretta, I., & Remus, A. (2021). Feeding Strategies to Reduce Nutrient Losses and Improve the Sustainability of Growing Pigs. *Frontiers in Veterinary Science*, 8. [Citado em: 07 de 11 de 2025.] <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.742220>
- Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Calderano, A. A., Hannas, M. I., Sakomura, N. K., Perazzo, F. G., Rocha, G. C., Saraiva, A., Abreu, M. L. T. de, Genova, J. L., Tavernari, F. de C., Rostagno, H. S., & Albino, L. F. T. (2024). *Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais* (5.^a ed.). Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Zootecnia.
- Sakomura, N. K., & Rostagno, H. S. (2016). *Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos*. FUNEP.
- Santos, A. A. (2025). *Utilização de software para o balanceamento de rações com custo mínimo para suínos em crescimento e terminação*. [Citado em: 27 de 11 de 2025.] <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/34668>
- Santos, B. (2024). *SUÍZOO: Formulação de Ração para Suínos*. [Citado em: 11 de 12 de 2025.] <https://ud10.arapiraca.ufal.br/repositorio/publicacoes/5705>
- Silva, E. I. C. (2022). *Formulação de Rações*. 1, 1–4.
- Silva, E. I. C., Ludke, M., Torres, T., & Nascimento, J. (2023). *Apostila Aplicada à Nutrição de Não Ruminantes* (2.^a ed.).
- Souza, J. da S. de. (2021). Formulação de dietas para aves poedeiras caipiras utilizando a técnica da programação linear, com modelagem matemática e aplicação prática do solver. 1 *CD-ROM*. [Citado em: 04 de 11 de 2025.] <http://repositorio.unifesspa.edu.br/handle/123456789/1676>
- Uyeh, D. D., Ha, Y., & Park, T. (2021). Animal feed formulation: Rapid and non-destructive measurement of components from waste by-products. *Animal Feed Science and Technology*, 274, 114848. [Citado em: 15 de 11 de 2025.] <https://doi.org/10.1016/J.ANIFEEDSCI.2021.114848>
- Wojeicchowski, J. P., Leone, R. de S., & Praxedes, M. A. (2017). Desenvolvimento de um programa computacional para elaboração de Tabela Nutricional. *Brazilian Journal of Food Research*, 8(2), 155–170. [Citado em: 05 de 11 de 2025.] <https://doi.org/10.3895/REBRAPA.V8N2.3957>

Apêndices

APÊNDICE I – QUESTIONÁRIO 1

Termo de Consentimento Informado

Este questionário procura identificar e compreender as principais necessidades, dificuldades e oportunidades relacionadas à formulação de dietas para suínos e aves e, a partir desses resultados, propor uma planilha Excel automatizada para a formulação de dietas de monogástricos, adaptada à realidade dos estudantes da Faculdade de Veterinária da Universidade Eduardo Mondlane.

Faz parte de um estudo que tem como tema: *"Proposta de uma planilha Excel como ferramenta de apoio ao ensino da formulação de dietas de monogástricos (suínos, frangos de corte e poedeiras) na Faculdade de Veterinária da UEM."*

A participação é voluntária, dura cerca de 5–10 minutos. As respostas são confidenciais e usadas apenas para fins acadêmicos. Pode desistir a qualquer momento, sem qualquer prejuízo.

Ao continuar, declara que compreende e aceita participar.

PARTE A - PERFIL DO PARTICIPANTE

1. Qual é a sua categoria?

☐ Estudante ☐ Licenciado em Ciências Animais

2. Curso/área de formação:

☐ Medicina Veterinária ☐ Ciência e Tecnologia Animal

3. Possui alguma experiência ou conhecimento prévio sobre a formulação de dietas para monogástricos? ☐ Sim ☐ Não

4. Caso tenha respondido “Sim” à questão anterior, indique para qual espécie animal possui experiência na formulação de dietas:

☐ Suínos ☐ Frangos de corte ☐ Galinhas poedeiras ☐ Outras

PARTE B — ENSINO E PRÁTICA DA FORMULAÇÃO

5. Quais métodos são mais utilizados, em aulas ou práticas, para a formulação de dietas para monogástricos? (Pode escolher mais de uma opção)

- ☐ Método de formulação manual (cálculos no papel ou calculadora)
- ☐ Softwares comerciais
- ☐ Planilhas Excel próprias

- ☐ Receitas prédefinidas
- ☐ Outro

6. Recursos disponíveis para aulas/práticas:

- a) Computadores para uso dos alunos. ☐ Sim ☐ Não
- b) Internet nas salas/laboratórios. ☐ Sim ☐ Não
- c) Softwares licenciados para formulação. ☐ Sim ☐ Não

PARTE C — EXPERIÊNCIA COM SOFTWARES COMERCIAIS (se não usa, passe para a Parte D)

7. Na sua experiência, quais as vantagens destes softwares? (Pode escolher mais de uma opção)

- ☐ Precisão nos cálculos ☐ Rapidez na formulação ☐ Facilidade de alterar ingredientes
- ☐ Outro (especifique): _____

8. Quais são as limitações ou dificuldades que já enfrentou com softwares comerciais? (pode escolher mais de uma)

- ☐ Custo elevado ☐ Idioma estrangeiro ☐ Necessidade de computador potente ☐ Difícil de aprender a usar
- ☐ Depende de internet ☐ Outro (especifique): _____

PARTE D — EXPERIÊNCIA COM TÉCNICAS MANUAIS DE FORMULAÇÃO

9. Quais técnicas de formulação manual de dietas já utilizou? (*pode escolher mais de uma*)

- ☐ Quadrado de Pearson ☐ Método de tentativa e erro ☐ Receitas fixas ☐ Cálculo matemático direto
- ☐ sistema de equações ☐ Outro

10. Na sua experiência, quais são as vantagens destas técnicas manuais? (*pode escolher mais de uma*)

- ☐ Simplicidade ☐ Não exige computador ☐ Fácil de ensinar/aprender ☐ Outro

11. Quais são as limitações ou dificuldades das técnicas manuais? (*pode escolher mais de uma*)

- ☐ Não permite trabalhar com vários nutrientes ao mesmo tempo
- ☐ Não permite trabalhar com vários ingredientes ao mesmo tempo
- ☐ Não mostra défice/excesso de nutrientes
- ☐ Mais demorado ☐ Difícil ajustar para diferentes fases produtivas ☐ Outro

12. Em média, quantos ingredientes costuma incluir numa fórmula quando utiliza este método manual?

- ☐ 2–3 ingredientes ☐ 4–5 ingredientes ☐ 6–10 ingredientes ☐ Mais de 10 ingredientes

13. Em média, quantos nutrientes costuma acertar de uma só vez quando utiliza este método manual?

- ☐ 1 Nutriente ☐ 2 Nutrientes ☐ 3 Nutrientes ☐ Mais de 3 Nutriente

14. Em média, quanto tempo é necessário para definir/ajustar essa quantidade de nutrientes?

- ☐ Menos de 1 minuto ☐ 1-2 minutos ☐ 3-5 minutos ☐ Mais de 5 minutos

PARTE E — OPINIÃO SOBRE UMA PLANILHA EXCEL AUTOMATIZADA

(1 = Nada útil; 2 = Pouco útil; 3 = Moderadamente útil; 4 = Útil; 5 = Muito útil)

15. Se existisse uma planilha Excel automatizada para apoiar o ensino e a prática de formulação, quão úteis seriam as funções abaixo?

Função	1	2	3	4	5
Calcular automaticamente as exigências nutricionais por espécie e fase produtiva	☐	☐	☐	☐	☐
Mostrar, para uma receita introduzida, o grau de atendimento de cada nutriente (défice/excesso)	☐	☐	☐	☐	☐
Base de ingredientes locais com possibilidade de adicionar/editar valores	☐	☐	☐	☐	☐
Alertas visuais quando um nutriente estiver fora do valor recomendado	☐	☐	☐	☐	☐
Funcionar offline (sem internet)	☐	☐	☐	☐	☐

PARTE F — IMPLEMENTAÇÃO

16. Qual formato preferiria?

☐ Excel offline (sem internet) ☐ Google Sheets (online) ☐ Ambos

17. Gostaria de participar na validação/teste de um protótipo da planilha? ☐ Sim ☐ Não

18. Teria interesse numa formação curta (1–2 horas) para aprender a usar a planilha?

☐ Sim ☐ Não

Fim!!!

Muito obrigado pela participação

Link de acesso: <https://forms.gle/gE3XwGbH6FnKbTJN6>

APÊNDICE II - QUESTIONÁRIO 2

Parte A – Identificação

1. A formulação de dieta que realizou utilizando a planilha foi destinada a qual espécie/categoria?

() Suínos

() Frangos de Corte

() Poedeiras

2. Curso: ☐ Ciência e Tecnologia Animal ☐ Medicina Veterinária

Parte B – Experiência prévia

3. Já utilizou alguma ferramenta digital para formular dietas? ☐ Sim ☐ Não

Se sim, qual(is)? _____

4. Nível de familiaridade com o Microsoft Excel: ☐ Iniciante ☐ Intermédio ☐ Avançado

Parte C – Avaliação da Viabilidade Prática e Confiabilidade Nutricional

(1 = *Discordo totalmente*; 2 = *Discordo parcialmente*; 3 = *Indiferente*; 4 = *Concordo parcialmente*; 5 = *Concordo totalmente*)

5. A planilha é de fácil navegação e visualmente clara. 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

6. Os ingredientes disponíveis na base da planilha refletem a realidade local. 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

7. O processo pode ser replicado facilmente em aulas ou campo. 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

8. A planilha apresentou automaticamente as exigências nutricionais e apresentou os resultados de forma clara e compreensível. 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

9. A planilha sinalizou corretamente excesso ou deficiência de nutrientes. 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

10. Em comparação com o método de formulação manual, esta planilha é mais eficiente para o trabalho (tempo e precisão). 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

11. Qual foi o tempo total (aproximado) que demorou a realizar a formulação da dieta, desde o momento em que iniciou o trabalho até a obtenção do resultado final na planilha?

Menos de 3 minutos _____ 3 – 5 minutos _____ 6 – 10 minutos _____ Mais de 10 minutos _____

12. O que aconteceu ao nível de inclusão de Farelo soja quando o preço foi ajustado de 100 Mts para 200 Mts? () Aumentou, () Reduziu () Manteve-se.

- Nível de inclusão inicial: _____
- Nível de inclusão após o ajuste do preço para 200 Mts: _____

Parte E – Usabilidade e Satisfação Geral

12. A ferramenta é adequada para fins acadêmicos. 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

13. Você recomendaria o uso desta planilha a outros estudantes/profissionais?

☐ Sim

☐ Não

☐ Talvez

14. Se tivesse a oportunidade de acrescentar qualquer funcionalidade extra nesta planilha para facilitar a prática de formulação de dietas, qual/quais seriam?

APÊNDICE III

Termo de Consentimento Informado

Este questionário procura identificar e compreender as principais necessidades, dificuldades e oportunidades relacionadas à formulação de dietas para suínos e aves e, a partir desses resultados, propor uma planilha Excel automatizada para a formulação de dietas de monogástricos, adaptada à realidade dos estudantes da Faculdade de Veterinária da Universidade Eduardo Mondlane.

Faz parte de um estudo que tem como tema: "*Proposta de uma planilha Excel como ferramenta de apoio ao ensino da formulação de dietas de monogástricos (suínos, frangos de corte e poedeiras) na Faculdade de Veterinária da UEM.*" conduzida pelo estudante Absalão Mate, sob orientação da Prof. Doutora Filomena dos Anjos e do Prof. José Stringnin.

A participação é voluntária, dura cerca de 5–10 minutos. As respostas são confidenciais e usadas apenas para fins académicos. Pode desistir a qualquer momento, sem qualquer prejuízo.

Declaração de Consentimento

Eu, _____, declaro que:

- Fui informado(a) sobre os objectivos, procedimentos, riscos e benefícios da pesquisa.
- A minha participação é voluntária.
- Compreendo que posso desistir a qualquer momento, sem qualquer prejuízo.
- Aceito participar desta pesquisa.

Assinatura do participante:

Data: ____/____/____

Anexo I – Composição química dos alimentos utilizados durante o teste da planilha.

N	Alimento	EM (A / S)	PB	Lis (A / S)	Met (A / S)	Met+Cis (A / S)	K	Na	Ca	P
		(kcal/kg)								
1	Mexoeira, Grão	3046 / 3189	11,6	0,31 / 0,28	0,25 / 0,24	0,51 / 0,49	0,34	0,01	0,04	0,29
2	Milho, Grão	3360 / 3364	7,81	0,21 / 0,20	0,15 / 0,14	0,29/0,29	0,3	0,01	0,01	0,26
3	Milho, Óleo	8280 / 8773	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Soja, Farelo 45,6% PB	3179	45,6	2,60 / 2,59	0,56/0,56	1,11 / 1,15	2,11	0,02	0,3	0,63
5	Farinha de Ostras	0	0	0	0	0	0	0	36,4	0
6	Fosfato de Potássio	0	0	0	0	0	28,7	0	0	22,8
7	Sal Comum	0	0	0	0	0	0	39,7	0	0
9	Lisina	--	--	99/99	--	--	--	--	--	--
10	Metionina	--	--	--	88/88	--	--	--	--	--
11	Metionina+cistina	--	--	--	--	88/88	--	--	--	--

A/S= valor referente a Aves / Suínos

Fonte: Adaptado de Rostagno *et al.* (2024)