



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**QUALIDADE DE FARELOS DE SOJA PARA FRANGOS DE CORTE
SUPLEMENTADOS COM ENZIMAS EXOGENAS**

Lorrayne Moraes de Paulo

GOIÂNIA

2021

Processo:
23070.060874/2021-21

Documento:
2767807



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

☒ Dissertação ☐ Tese

2. Nome completo do autor

LORRAYNE MORAES DE PAULO

3. Título do trabalho

Qualidade de farelos de soja para frangos de corte suplementados com enzimas exógenas

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento ☒ SIM ☐ NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a);
 - b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.
- O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **José Henrique Stringhini, Professor do Magistério Superior**, em 22/03/2022, às 09:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **LORRAYNE MORAES DE PAULO, Discente**, em 24/03/2022, às 12:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2767807** e o código CRC **CF307D01**.

LORRAYNE MORAES DE PAULO

**QUALIDADE DE FARELOS DE SOJA PARA FRANGOS DE CORTE
SUPLEMENTADOS COM ENZIMAS EXOGENAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Escola de Veterinária e Zootecnia (EVZ), da Universidade Federal de Goiás (UFG), como requisito para obtenção do título Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração:

Produção Animal

Linha de Pesquisa:

Nutrição e produção animal

Orientador:

Prof. Dr. José Henrique Stringhini – EVZ/UFG

Comitê de orientação:

Prof.^a. Dr.^a. Heloísa Helena De Carvalho Mello-
EVZ/UFG

Prof. Dr. Marcos Barcellos Café - EVZ/UFG

GOIÂNIA

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Paulo, Lorryne Moraes de

Qualidade de farelos de soja para frangos de corte suplementados com enzimas exógenas [manuscrito] / Lorryne Moraes de Paulo. - 2021.

XXXIX, 39 f.

Orientador: Prof. Dr. José Henrique Stringhini; co-orientadora Dra. Heloísa Helena De Carvalho Mello; co-orientador Dr. Marcos Barcellos Café.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia (EVZ), Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Goiânia, 2021.

Inclui siglas, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Amilase. 2. Atividade ureática. 3. Energia metabolizável. 4. Protease. 5. Xilanase. I. Stringhini, José Henrique, orient. II. Título.

CDU 635



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº 97 da sessão de Defesa de Dissertação de **Lorrayne Moraes de Paulo** que confere o título de **Mestra em Zootecnia** pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, na área de concentração em Produção Animal.

Aos sete dias do mês de dezembro de dois mil e vinte e um – (07/12/2021) a partir das **14h00min**, cuja participação ocorreu através de videoconferência pelo link: <https://meet.google.com/cpy-cjwg-eum>, onde realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada “**Avaliação da qualidade de diferentes farelos de soja para frangos de corte suplementados com enzimas exógenas**”. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador **Prof. José Henrique Stringhini** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: **Profa. Cibele Silva Minafra - IFGoiano - Campus Rio Verde/GO**, membro titular externo; **Dra. Carla Daniela Suguimoto Leite**, membro titular externo. Durante a arguição os membros da banca fizeram sugestão de alteração do título do **trabalho conforme explicitado abaixo**. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação tendo sido a candidata **Aprovada** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Presidente da Banca Examinadora **José Henrique Stringhini**, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA

Qualidade de farelos de soja para frangos de corte suplementados com enzimas exógenas



Documento assinado eletronicamente por **José Henrique Stringhini, Professor do Magistério Superior**, em 07/12/2021, às 17:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Carla Daniela Suguimoto Leite, Usuário Externo**, em 07/12/2021, às 17:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cibele Silva Minafra, Usuário Externo**, em 07/12/2021, às 17:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2496381** e o código CRC **239F9811**.

Referência: Processo nº 23070.060874/2021-21

SEI nº 2496381

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, pela saúde, por esta oportunidade de grande aprendizado, por ter colocado nesta caminhada pessoas incríveis que me ajudaram chegar até aqui.

Agradeço a minha família principalmente aos meus pais e minhas irmãs, por todo apoio, carinho e dedicação. Agradeço ao meu noivo pelo carinho, companheirismo e paciência sempre. Agradeço também a toda família do meu noivo por todo apoio. Foram momentos bons e difíceis que puderam ser superados graças ao carinho de todos vocês.

Agradeço ao meu orientador professor Dr. José Henrique Stringhini pela paciência, por todos ensinamentos e conhecimentos passados ao longo desta jornada.

Agradeço a todos professores da Escola de Veterinária e Zootecnia pelos conhecimentos e experiências compartilhadas, sempre levarei seus ensinamentos comigo.

Agradeço a professora Dr^a. Cibele Silva Minafra do Instituto Federal Goiano-Campus Rio Verde, pela disposição em ajudar sempre que possível.

Agradeço a todos colaboradores da Escola de Veterinária e Zootecnia sempre dispostos a auxiliarem quando necessário.

Agradeço a todos os colegas da pós-graduação pelo trabalho em equipe, pelos conhecimentos compartilhados, pelos momentos descontraídos que ajudaram a tornar mais leve esta caminhada.

Agradeço a todos que contribuíram direta ou indiretamente para conclusão deste trabalho. Muito obrigada!

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas
o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”

Madre Teresa de Calcutá

SUMÁRIO

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	15
1.1. Introdução.....	15
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	16
2.1. Soja.....	16
2.2. Processamento da soja.....	17
2.3. Fatores antinutricionais da soja.....	19
2.4. Análises utilizadas na avaliação da qualidade no processamento da soja e do farelo de soja.....	20
2.4.1. Atividade ureática (AU).....	20
2.4.2. Solubilidade da proteína em Hidróxido de potássio (SKOH).....	21
2.4.3. Dispersibilidade da proteína.....	23
2.5. Utilização de enzimas exógenas.....	24
3. MATERIAL E METODOS.....	25
3.1. Instalações e manejos.....	26
3.2. Ensaios de metabolismo (coleta total de excretas).....	26
3.3. Ração referência.....	29
3.4. Experimento I.....	30
3.5. Experimento II.....	30
3.6. Experimento III.....	31
3.7. Análises bromatológicas e de energia bruta do farelo de soja e das dietas experimentais.....	32
3.8. Análises de qualidade do farelo de soja.....	32
3.8.1. Atividade ureática.....	32
3.8.2. Solubilidade proteica em KOH.....	33
3.8.3. Dispersibilidade da proteína	33
3.9. Análise estatística.....	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1. Composição química e análise de qualidade dos farelos de soja.....	35
4.2. Experimento I.....	37

4.3. Experimento II.....	39
4.4. Experimento III.....	41
4.5. Correlações entre a EMA e EMAn de frangos e as análises de qualidade e composição química dos farelos de soja.....	43
5. CONCLUSÃO.....	46
6. REFERÊNCIAS.....	47

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Fluxograma de obtenção do Farelo de soja.....	18
--	----

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Padrão de atividade ureática do farelo de soja.....	20
TABELA 2 - Padrão de Solubilidade da Proteína em KOH no Farelo de Soja.....	22
TABELA 3 - Temperatura e umidade relativa dos experimentos realizados.....	26
TABELA 4 - Composição centesimal e níveis nutricionais da ração referência.....	29
TABELA 5 - Avaliação dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM) e análises de atividade ureática (AU), solubilidade em KOH e dispersibilidade da proteína (DP) dos farelos de soja utilizados nos três ensaios de metabolismo.....	36
TABELA 6 - Energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), coeficientes de metabolizabilidade de matéria seca (CMMS) e nitrogênio (CMN) de frangos de corte alimentados com diferentes farelos de soja no experimento 1.....	37
TABELA 7 - Energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), coeficiente de metabolizabilidade de matéria seca (CMMS), nitrogênio (CMN) de frangos de corte alimentados com diferentes farelos de soja suplementados com protease no experimento 2.....	40
TABELA 8 - Energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) e coeficientes de metabolizabilidade de matéria seca (CMMS) e nitrogênio (CMN) de frangos de corte alimentados com 40% de farelo de soja suplementados com protease, xilanase, amilase e suas combinações no experimento 3....	42
TABELA 9 - Coeficiente de correlação de Pearson (r) entre o teor de nutrientes e análise de qualidade do farelo de soja e os teores de energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) de frangos de corte.....	44

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AU - Atividade ureática

CMMS - Coeficiente de metabolizabilidade aparente da matéria seca

CMN - Coeficiente de metabolizabilidade aparente de nitrogênio

CV: Coeficiente de variação

DIC - Delineamento inteiramente casualizado

DP - Dispersibilidade da proteína

EE - Extrato etéreo

EMA - Energia metabolizável aparente

EMAn - Energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio

EPM - Erro padrão da média

FB - Fibra bruta

FS - Farelo de soja

MF - Média dos farelos

MM - matéria mineral

MP - Média da enzima protease

MS - Matéria seca

PB - Proteína bruta

PNA - Polissacarídeos não amiláceos

SKOH - Solubilidade em hidróxido de potássio

RESUMO

Qualidade de diferentes farelos de soja para frangos de corte suplementados com enzimas exógenas

Objetivou-se avaliar os coeficientes de metabolizabilidade aparente da matéria seca (CMMS) e do nitrogênio (CMN), a energia metabolizável aparente (EMA) e a energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) de farelos de soja (FS) de diferentes marcas comerciais com e sem suplementação de enzimas exógenas. Foram realizados três ensaios de metabolismo de 14 a 21 dias de idade pelo método de coleta total de excretas com pintos de corte machos da linhagem Cobb 500®. No primeiro ensaio, o delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos, cinco repetições com oito aves cada, totalizando 160 aves. As dietas experimentais foram: Ração referência (RR); RR + 40% de cada um dos respectivos farelos de soja testados (A, B, C, D). No segundo ensaio, o delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 4x2 sendo oito tratamentos, cinco repetições com oito aves cada, totalizando 320 aves. Os tratamentos consistiram de: Ração referência (RR); RR + 40% de cada farelo (A, B, C); com ou sem a suplementação de protease. No terceiro ensaio o delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) com nove tratamentos, cinco repetições de oito aves cada, total de 360 aves. Os tratamentos consistiram na utilização de 40% de um farelo de soja comercial em combinação com protease, xilanase e amilase, de forma isolada ou em combinação. Ao avaliar a qualidade dos diferentes farelos de soja comerciais utilizados na região de Goiânia, foram observadas diferenças significativas nas análises de avaliação da qualidade de processamento. O farelo de soja A apresentou melhor dispersibilidade da proteína (DP) em relação aos demais farelos de soja. Os resultados da atividade ureática (AU) mostram que os menores valores de AU foram observados nos farelos de soja B e D. No ensaio 1 houve efeito significativo dos diferentes FS sobre a EMAn em que os farelos de soja A e B apresentaram maiores teores de EMAn. No ensaio 2 a utilização da protease exógena auxiliou no aumento dos níveis de EMA, EMAn, CMMS e CMN. No ensaio 3, ocorreu efeito significativo para EMAn, e as combinações de protease + amilase, xilanase + amilase, protease + xilanase + amilase incrementaram a EMAn. Foram realizadas as correlações de EMA e EMAn, as análises bromatológicas e de qualidade do processamento do farelo de soja. Houve correlações positivas para matéria mineral (MM) e EMA, EMAn, DP e EMAn. Correlações negativas foram observadas para MS e EMA e EMAn. Conclui-se que farelos de soja comerciais podem apresentar diferenças nos teores de AU ou DP e pode haver diferenças também sobre a EMAn dependendo da origem. O uso de protease pode melhorar os teores de EMA e EMAn e os CMMS e CMN, assim como as combinações de diferentes enzimas como protease, xilanase e amilase podem melhorar os níveis de EMAn. Podem ser observados por meio das correlações que fatores como a MS, MM e a DP podem influenciar os valores de EMA e EMAn.

Palavras-chave: amilase, atividade ureática, energia metabolizável, protease, xilanase

ABSTRACT

Soybean meal quality for broilers supplemented with exogenous enzymes

This study aimed to evaluate the apparent metabolizability coefficients of dry matter (MCDM), nitrogen (MCN), apparent metabolizable energy (AME) and the apparent metabolizable energy corrected for nitrogen balance (AMEn) of soybean meals (SM) supplemented with exogenous enzymes. Three metabolism assays were carried out from 14 to 21 days, using the total excreta collection method, with Cobb 500® male broiler chicks. In the first trial, the design used was completely randomized (DIC), with five treatments, five replications containing eight birds per experimental unit, totaling 160 birds. The experimental diets consisted of: Reference diet (DR); DR + 40% of the respective tested soybean meal (A, B, C, D). In the second trial, the design used was completely randomized (DIC), in a 4x2 factorial scheme with eight treatments, five replications containing eight birds per experimental unit, totaling 320 birds. Treatments consisted of: Reference diet (RD); RD + 40% of each bran (A, B, C); with or without protease supplementation. In the third trial, the design used was completely randomized (DIC), with nine treatments, five replications containing eight birds per experimental unit, totaling 360 birds. The treatments consisted of using 40% of a commercial soybean meal in combination with protease, xylanase and amylase, alone or in combination. When evaluating the quality of the different commercial soybean meal used in the region of Goiânia, significant differences were observed in the analysis of processing quality assessment, where soybean meal A showed better protein dispersibility (PD) compared to other soybean meal. The results of ureatic activity show that the lowest levels of ureatic activity (UA) were observed in soybean meal B and D. In test 1, a significant effect of the different FS on AMEn was observed, where soybean meal A and B had higher levels. of AMEn. In trial 2, the use of exogenous protease helped to increase the levels of AME, AMEn, MCDM and MCN. In trial 3 a significant effect on AMEn was observed, where the combinations of protease + amylase, xylanase + amylase, protease + xylanase + amylase showed an increase in AMEn. Correlations between AME and AMEn of broiler chickens and bromatological and quality analyzes of soybean meal processing were performed. There were positive correlations between mineral matter (MM) and AME, AMEn, PD and AMEn. Negative correlations were observed between MS and EMA and AMEn. It is concluded that commercialized soybean bran may present differences in the UA or PD contents, and that there may also be differences regarding AMEn depending on the origin. The use of enzymes such as protease can improve both the AME and AMEn contents and the MCDM and MCN. As well as the use of combinations of different enzymes such as protease, xylanase and amylase can improve AMEn levels. It can be observed through correlations that factors such as DM, MM and DP can influence the EMA and AMEn values.

Keywords: amylase, metabolizable energy, protease, ureatic activity, xylanase.

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1 INTRODUÇÃO

O farelo de soja é um dos alimentos mais importantes na alimentação de aves e suínos, sendo a principal fonte de proteína utilizada em rações de países como Brasil, Estados Unidos e Argentina. Pode ser e, principalmente, de aminoácidos de alta digestibilidade, mas deve também ser considerada como uma fonte de energia, essenciais para manter o metabolismo animal e a alta produtividade¹.

A soja *in natura* possui fatores antinutricionais termolábeis e termoestáveis. Os termolábeis são sensíveis ao calor e podem ser inativados por meio de sistemas de processamento térmico, dentre eles os inibidores de protease e lectinas. Estes fatores antinutricionais reduzem a absorção de nutrientes, provocam distúrbios metabólicos, prejudicando a saúde e o desempenho das aves². Por este motivo, é essencial que, para sua utilização na alimentação animal, o farelo de soja passe pelo processamento térmico adequado para inativação destes fatores antinutricionais³.

Em sua composição a soja possui uma porção significativa de carboidratos constituídos principalmente por oligossacarídeos como rafinose, estaquiose e verbascose e por polissacarídeos não amiláceos solúveis e insolúveis arabinosilanos, pectinas, β -glucanos e celulose⁴.

Os polissacarídeos não amiláceos (PNA) presentes no farelo de soja são principalmente de carboidratos solúveis de difícil digestão pelas aves, que não possuem enzimas endógenas capazes de atuar nestes substratos. Os PNA aumentam a viscosidade da digesta, dificultando a atuação enzimática no trato gastrointestinal, reduzindo a absorção de nutrientes⁵.

Os PNA são considerados fatores antinutricionais termo resistentes, pois não podem ser inativados por fontes de calor⁶. A principal alternativa utilizada na alimentação animal para incrementar seu aproveitamento se dá com a adição de enzimas exógenas na ração. A aplicação de enzimas é amplamente utilizada nas formulações para reduzir o efeito dos fatores antinutricionais e melhorar a digestibilidade das rações⁷.

A composição química da soja e do farelo de soja são amplamente estudados e apresentados em tabelas de recomendações nutricionais reconhecidas que padronizam a sua composição química para utilização na nutrição animal. No entanto, sabe-se que muitos fatores podem influenciar a composição e a qualidade da soja e do farelo, desde

fatores climáticos, geográficos, escolha da cultivar, manejo do solo, época de plantio e colheita, até o armazenamento e o processamento^{8,9}. Desta forma, é possível encontrar nas fábricas de rações, soja integral processada e farelo de soja com características e valores nutricionais diferentes dos que são preconizados nas tabelas.

Neste contexto, objetivou-se com o presente estudo, avaliar o efeito da qualidade do farelo de soja de diferentes marcas comerciais e a adição das enzimas exógenas protease, amilase e xilanase sobre os coeficientes de metabolizabilidade aparente da matéria seca (CMMS) e do nitrogênio (CMN), a energia metabolizável aparente (EMA) e a energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) e a correlação de Pearson entre as análises bromatológicas e de qualidade do farelo de soja com teores de EMA, EMAn de frangos de corte.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merr.) é uma leguminosa cultivada em diversos países do mundo e que possui sua origem na região asiática, mais precisamente no Centro antigo da China. A referência mais antiga da cultura da soja data de 2.838 A.C no herbário PEN TS' AO KANG UM, escrito pelo Imperador Shen Nung. No entanto, esta planta só foi domesticada em XI A.C e começou a ser difundida no mundo por pesquisadores europeus entre os séculos XVI e XIX. Na América, a primeira referência à cultura da soja foi em 1.804 nos Estados Unidos e no Brasil foi introduzida em 1.882 na Bahia¹⁰.

Em virtude dos avanços na tecnologia de processamento para transformação da soja em outras matérias primas, a soja se tornou uma das *commodities* mais importantes comercializadas no mundo. Sua utilização vai desde a alimentação humana, a indústria alimentícia, indústria de cosméticos, alimentação animal, fabricação de biodiesel, entre outros.

A expansão do cultivo de soja no Brasil está associada aos avanços científicos e à disponibilidade de novas tecnologias, destacando-se os ganhos em melhoramento genético, manejo químico dos solos tropicais, técnicas avançadas de nutrição vegetal, evolução dos métodos de cultivo, desenvolvimento de defensivos agrícolas mais eficientes no combate de pragas, doenças e plantas invasoras, além da oferta de sementes com melhor qualidade fisiológica e fitossanitária¹¹.

Segundo Barrozo & Rosa¹², a expansão interna da soja no território nacional se intensificou principalmente na década de 1970, avançando para o Centro-Oeste e Norte do país. Este crescimento do cultivo da soja ocorreu principalmente por incentivos governamentais, que consideraram o consumo interno proveniente principalmente da indústria de proteína animal que utiliza o farelo de soja como principal ingrediente proteico nas rações. Paralelamente, observou-se o incremento significativo dos preços da soja no mercado internacional e o país passou a ser fornecedor deste grão na entressafra da produção norte americana.

A soja é um grão bastante versátil tanto para a alimentação humana quanto animal, principalmente, em virtude do excelente conteúdo de proteína, cerca de 40 %, e o elevado teor de lipídeos, de aproximadamente 20% de óleo. Contém cerca de 34% de carboidratos (açúcares como glicose, frutose e sacarose, fibras e os oligossacarídeos como rafinose, verbascose e estaquiose), alto teor mineral, especialmente de K, Na, Ca, Mg, S e P, e teor de vitaminas, incluindo tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantotênico, biotina, ácido fólico, inositol e colina^{13,14}.

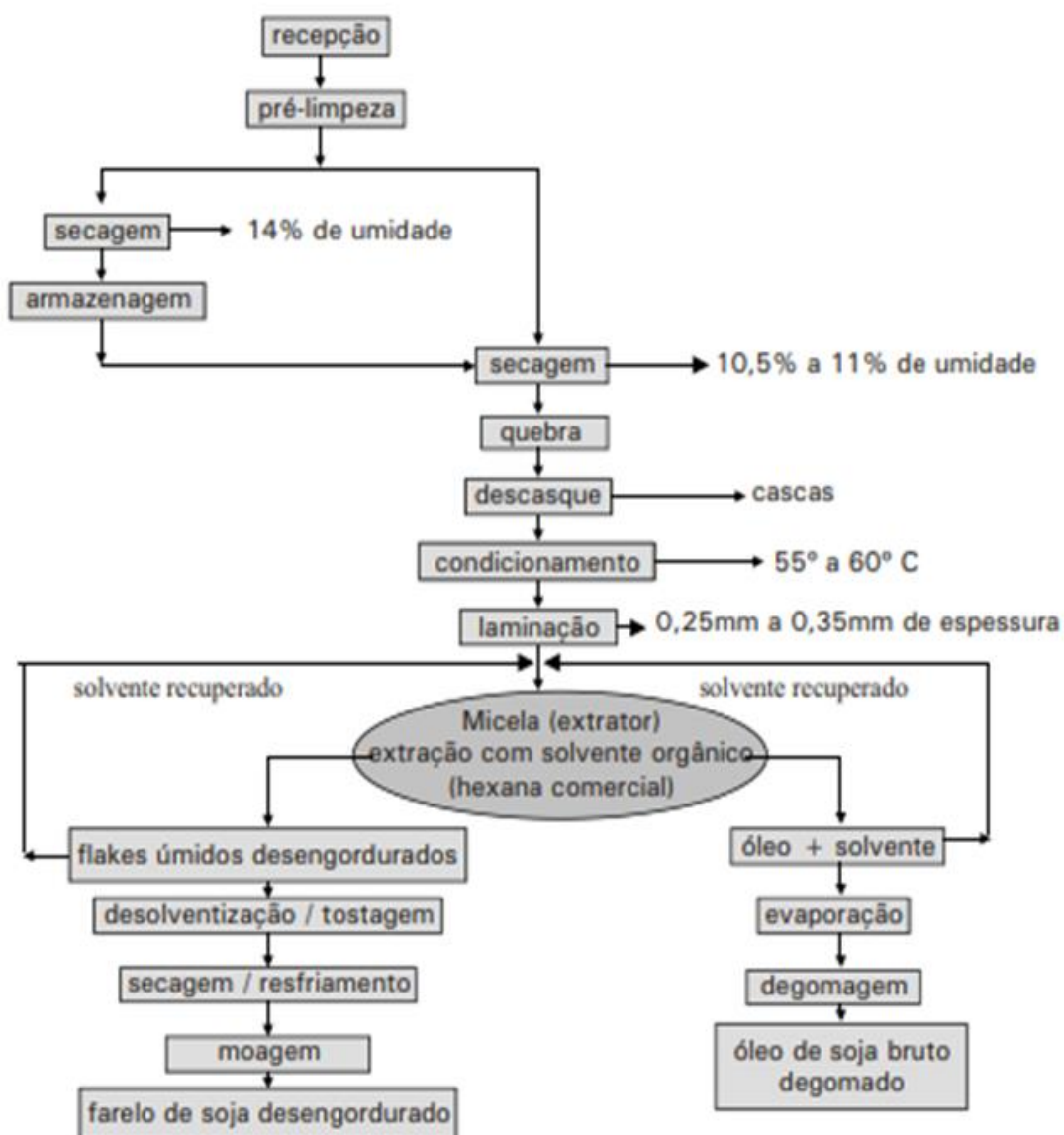
Atualmente, a soja pode representar até 40% das dietas para aves, tanto na forma de farelo de soja como de óleo de soja, como fonte de qualidade de proteica altamente digestível e energia metabolizável¹⁵.

2.2 Processamento da Soja

A soja que chega à indústria passa pelo controle de qualidade para que, em seguida, possa ser processada. O processamento da soja inclui pré-limpeza para retirada de impurezas, galhos, folhas, pedras, secagem para redução da umidade em 12% e melhorar as condições de armazenamento. Em seguida, é armazenada e posteriormente levada aos rolos quebradores e descascadores, e a casca será separada e tostada para depois ser reincorporada ao farelo de soja dependendo do nível de proteína a ser comercializado. Após a retirada das cascas, a soja segue para o condicionador local em que receberá aquecimento de aproximadamente 55 a 60°C e jato de vapor para tornar o grão maleável para laminação¹⁶.

Os grãos quebrados e condicionados vão para os laminadores que irão amassá-los e torná-los uma massa de flocos permeáveis para aumentar a área de contato. Desta forma, irá aumentar a penetração dos solventes e otimizar a extração do óleo. A extração é dividida em duas etapas: a dissolução que retira o óleo na parte mais superficial

e a difusão que remove o óleo de dentro das partículas, resultante da dosagem correta do solvente orgânico no extrator. Após a extração do óleo, a massa residual segue para o equipamento conhecido como dessolventizador/tostador (DT) para dessolventização que consiste na retirada do hexano e tostagem para inativação de fatores antinutricionais, em seguida o material será moído e obtém-se assim o farelo de soja desengordurado¹⁶.



Fonte: Mandarinino & Roessing¹⁶.

FIGURA 1 – Fluxograma de obtenção do Farelo de soja.

O processamento de um ingrediente tem como intuito alterar a sua estrutura natural, por ação de agentes químicos ou físicos, para obter melhoria da disponibilidade dos nutrientes para os animais e visa produzir alimentos que possam ser utilizados na produção de rações que sejam palatáveis, seguros e que atendam às necessidades

nutricionais dos animais¹⁷. Durante o processamento com solvente da soja, os lipídios são removidos e o farelo é aquecido para eliminar o solvente e desativar fatores antinutricionais, como inibidores de tripsina e lectina. O subprocessamento falha ao tentar destruir os fatores antinutricionais, que podem ter um impacto prejudicial na digestibilidade e no desempenho animal. Por sua vez, o superprocessamento reduz a disponibilidade de lisina por meio da reação de Maillard e, possivelmente, para em menor extensão, de outros aminoácidos^{18, 19, 20}.

2.3 Fatores antinutricionais da soja

Apesar da sua qualidade nutricional, a soja apresenta diversos compostos que podem atuar como protetor natural da planta. No entanto, estes compostos podem limitar a utilização da soja na sua forma *in natura* por animais monogástricos, compostos estes que são denominados fatores antinutricionais²¹.

O termo “fator antinutricional” tem sido utilizado para descrever os compostos presentes em diversos alimentos de origem vegetal que, ao serem consumidos, podem reduzir o valor nutritivo, pois interferem na digestibilidade dos nutrientes. Quando ingeridos em altas concentrações, esses fatores antinutricionais podem acarretar efeitos adversos, como diminuir sensivelmente a disponibilidade biológica dos aminoácidos essenciais e minerais, além de causar irritações e lesões da mucosa gastrintestinal, interferindo na seletividade e eficiência dos processos biológicos^{22,23}. Podem também, desencadear efeitos fisiológicos não desejados para os animais, pois resulta na inibição de crescimento, hipoglicemia, flatulência ou danos a tecidos como pâncreas ou fígado²⁴.

Alguns fatores antinutricionais presentes nos grãos de soja são termolábeis, como inibidores de protease e lectinas. No entanto, fatores antinutricionais termoestáveis também estão presentes, como polissacarídeos não amiláceos (PNA) e oligossacarídeos, que não são reduzidos pelo tratamento térmico.

O impacto exercido pelos PNAs solúveis presentes nos ingredientes de origem vegetal que compõem formulação de ração para aves é variável, pois depende de diversos fatores como: condições de cultivo, cultivar, espécie vegetal, além da quantidade de casca, processamento e forma física deste ingrediente. Esses componentes solúveis são um dos principais fatores responsáveis pelos efeitos antinutricionais da soja e redução da digestibilidade dos nutrientes e aproveitamento da energia²⁵.

2.4 Análises utilizadas na avaliação da qualidade do processamento da soja e do farelo de soja

2.4.1 Índice de Atividade Ureática (AU)

Na avaliação processamento realizados sobre a soja ou sobre o farelo de soja, a atividade ureática demonstra possuir uma ótima eficiência para mostrar os efeitos do subprocessamento, mesmo demonstrando a eficiência dos métodos utilizados na inativação dos fatores de forma indireta²⁶.

Os inibidores da tripsina são os mais importantes fatores antinutricionais presentes na soja, pois afetam a e sua digestão e a utilização da proteína²⁷. A atividade destes inibidores pode ser estimada no farelo de soja, utilizando principalmente, a atividade ureática, que é uma medida indireta da presença desses fatores. A eliminação destes efeitos antinutricionais indesejáveis para alimentação animal é realizada por meio da utilização de calor, durante o tostagem.

A reação consiste na hidrólise da molécula de ureia pela urease presente no farelo de soja que libera a amônia e modifica o pH do meio, o que pode ser detectado por solução indicadora colorimétrica^{26,28}.

A análise de atividade ureática é bom indicativo de processamento térmico adequado ou inadequado do farelo de soja, podendo-se estabelecer um padrão de qualidade embasado em faixas de atividades de urease conforme apresentado na tabela 1, apresentadas por Runho²⁹.

TABELA 1. Padrão de atividade ureática do farelo de soja.

Classificação	Atividade Ureática
Excelente	0.01 - 0.05
Boa	0.06 - 0.20
Regular	0.21 - 0.30
Deficiente	>0.30

Fonte: Adaptado de Runho²⁹.

Esta análise consiste na determinação da redução da atividade da enzima urease, presente no grão ou no farelo de soja. A enzima urease assim como os inibidores de protease e outros fatores antinutricionais são termolábeis, ou seja, podem ser inativados pelo calor utilizado durante a tostagem. Portanto, com a inativação da enzima

urease, presume-se que os fatores antinutricionais também tenham sido inativados, visto que apresentam temperaturas de inativação semelhantes. Altos valores de AU indicam subprocessamento do farelo de soja, no entanto, é de uso limitado para detectar superprocessamento da soja ou do farelo³⁰.

A soja crua possui atividade ureática de aproximadamente de 2,0 a 2,5 enquanto o farelo de soja deve possuir atividade máxima de 0,30, sendo que quanto mais próximo do zero melhor é a atividade ureática³¹.

O processamento térmico é utilizado principalmente para desativar os fatores antinutricionais e, à medida que a temperatura de processamento se eleva, a tendência é que menores valores de índice de urease sejam obtidos. Avaliando a existência de relação entre os farelos de soja de diferentes composições químicas e os indicadores de processamento, categorizando quanto aos índices de atividade ureática e solubilidade proteica em KOH. Jardim³² constatou que em relação aos valores de atividade ureática, à medida que os valores de solubilidade proteica reduziram, os valores de urease também reduziram. Como é fundamental o processamento térmico para desativar os fatores antinutricionais, à medida que a temperatura de processamento se eleva, a tendência é termos menores valores de índice de urease, pois os inibidores de protease podem ser desativados, e menores valores de porcentagem de solubilidade em KOH, pois a proteína do farelo de soja pode ser desnaturada ou até destruída em altas temperaturas.

O processamento para a inativação dos fatores termolábeis, podem acarretar valores de AU mais baixos. Porém, o excesso do processamento térmico pode comprometer a disponibilidade de lisina e aminoácidos sulfurados. Entretanto, a análise de atividade ureática avalia apenas a qualidade da inativação dos fatores antinutricionais, não podendo inferir se o processamento utilizado pode ou não prejudicar ou não a qualidade da proteína³¹.

2.4.2 Solubilidade da Proteína em Hidróxido de Potássio (KOH)

O índice de solubilidade da proteína determinado em KOH estima a digestibilidade da proteína do farelo de soja e é amplamente usado para estimar o sub ou superprocessamento. Esta análise consiste na avaliação da qualidade do farelo de soja processado, pois existe correlação direta da qualidade do processamento com a quantidade de proteína solúvel^{33,34}.

Esta proteína solúvel é aquela disponível para absorção pelo animal. Sendo assim, quanto maior a quantidade de proteína solúvel, melhor a disponibilidade da proteína e dos aminoácidos para o animal.

O grão de soja pode apresentar até 100% de sua proteína bruta, solúvel em KOH. Contudo, pode ser observado que à medida em que se submete o grão de soja ao processamento térmico, tem-se a destruição dos fatores antinutricionais presentes e verifica-se queda na solubilidade da proteína e, consequente redução na disponibilidade da proteína e dos aminoácidos.

Para classificação do farelo de soja em relação a quantidade de proteína solúvel (tabela 2) apresentada por Runho²⁸, pode-se considerar que o farelo que apresenta proteína solúvel acima de 80%, passou por processamento térmico adequado, sendo mantida a qualidade de sua proteína, com pouca desnaturação. A proteína solúvel abaixo de 80%, é um indicativo de superprocessamento o que afeta diretamente a disponibilidade da proteína presentes no farelo³¹.

TABELA 2. Padrão de Solubilidade da Proteína em KOH no Farelo de Soja.

Classificação	Solubilidade em KOH
Excelente	> 85%
Boa	> 80%
Razoável	> 75%
Deficiente	< 75%

Fonte: Adaptado de Runho²⁹.

Por outro lado, valores elevados de solubilidade proteica em KOH quando acima de 85% podem indicar o inadequado processamento do farelo de soja³⁵. Segundo Jardim³², valores de solubilidade em KOH acima de 90% poderiam ser em decorrência do subprocessamento, sendo confirmada atividade ureática encontrada de 0,46, valor este considerado deficiente, indicando que ainda deve haver a presença de fatores antinutricionais. Este mesmo autor relata que a solubilidade proteica em KOH quando, em valores muito baixos, pode estar diretamente relacionada à redução dos níveis bromatológicos do ingrediente e, consequentemente, da sua qualidade nutricional para aves.

Segundo Parsons et al.³⁶, valores de solubilidade inferiores a 74%, refletem a diminuição incremental na disponibilidade de lisina para os animais. Esta redução da disponibilidade de lisina ocorre, pois o superaquecimento do farelo de soja reduz seu

valor nutricional provocado pelo aparecimento da reação de Maillard. Durante esta reação aminoácidos de alta reatividade como a lisina apresentam o grupo amino épsilon livre, que possui alta reatividade sendo mais susceptível à reação (carbonila-amino) o que pode reduzir o valor nutricional do alimento³⁷. Quando consumidos os produtos gerados pela reação de Maillard podem interferir em processos nutricionais importantes, como diminuir a biodisponibilidade de minerais e o valor biológico de proteínas, pelo comprometimento, na reação, de resíduos de aminoácidos essenciais, com consequentes alterações da estrutura proteica ou, ainda, inibição de enzimas digestivas³⁸.

2.4.3 Índice de dispersibilidade da proteína

A determinação da dispersibilidade da proteína é considerada o melhor método de avaliação da soja para subaquecimento e superaquecimento. O método do índice de dispersibilidade de proteínas mede a quantidade de proteína de soja dispersa em água após misturar uma amostra com água em alta velocidade³⁴.

Porém, existem fatores que podem influenciar nos resultados desta análise. Dentre estes fatores pode ser destacada a origem do farelo de soja. De acordo com Karr-Lilienthal et al.³⁹, a composição da soja e do farelo de soja varia dependendo do país de origem e o local de processamento. Park et al.⁴⁰, avaliando farelos de soja dos Estados Unidos, Brasil e Índia na alimentação de frangos de corte e galinhas poedeiras, observaram diferentes teores de dispersibilidade da proteína. Outro ponto que pode influenciar nos resultados é o tempo de armazenamento, segundo Serrano et al.⁹, o tempo de armazenamento influencia de forma direta nos resultados da análise de dispersibilidade da proteína, sendo que períodos superiores há 60 dias, tem-se redução linear dos teores de dispersibilidade, sendo ainda mais agravados quanto armazenados por períodos maiores.

Batal et al.⁴¹ correlacionaram o crescimento de pintos de corte com vários métodos de avaliação da qualidade do farelo de soja. E indicaram que o índice de dispersibilidade proteica é uma medida mais sensível da qualidade do farelo de soja, apresentando resultados melhores do que os ensaios de urease ou de solubilidade proteica. No trabalho, os autores encontraram resultados de DP que ficaram entre 45% ou inferior demonstrando o adequado processamento. Porém este valor é um pouco mais alto do que a faixa de 15 a 30% recomendada pela *National Soybean Processors Association*⁴².

A combinação dos testes dispersibilidade da proteína com o teste de atividade ureática pode ser útil para o melhor monitoramento da qualidade do farelo de soja. De acordo com Batal et al.⁴¹ e Căpriță et al.⁴³, o farelo de soja contendo baixo teor de atividade ureática, valores de 0,3 ou menos, e alta dispersibilidade da proteína, de aproximadamente 40 a 45%, pode indicar que o farelo de soja seja de alta qualidade porque foi adequadamente processada por calor, mas não superprocessado.

2.5 Utilização de enzimas exógenas

As enzimas exógenas são classificadas como aditivos zootécnicos digestivos⁴⁴. São catalisadores biológicos muito eficientes e seu emprego na alimentação animal tem como intuito possibilitar a melhoria da digestibilidade dos nutrientes, favorecendo o aproveitamento de elementos como fósforo, cálcio, aminoácidos e energia⁴⁵. Sua utilização é feita no sentido de incrementar a eficiência produtiva, buscando a economia no custo final da alimentação e trazendo benefícios ao meio ambiente tendo em vista a redução da excreção de nutrientes^{46,47}.

As reações necessárias para digerir os alimentos, são realizadas pelo envio de sinais nervosos e simplesmente não ocorrem em velocidades adequadas. Contudo, as enzimas contornam o problema da velocidade da reação ao proporcionarem um ambiente específico adequado para que uma reação específica possa ocorrer de forma mais rápida. A propriedade característica das reações catalisadas por enzimas é que a reação ocorre em uma região da enzima denominado sítio ativo. A molécula se conecta ao sítio ativo e sobre a qual a enzima age é denominada substrato. O contorno da superfície do sítio ativo é delimitado por resíduos de aminoácidos com grupos nas cadeias laterais que ligam o substrato e que catalisam a sua transformação química⁴⁸.

Enzimas têm sido utilizadas há anos em ração de aves de corte, principalmente para melhorar a utilização de energia de alimentos com altos níveis de polissacarídeos não-amiláceos, como trigo, cevada, aveia e centeio⁴⁹. Em dietas à base de milho e farelo de soja, a suplementação enzimática pode melhorar a disponibilidade de energia e reduzir fatores antinutricionais^{50, 51}.

As carboidrases exógenas como a amilase e xilanase auxiliam na quebra da estrutura da parede celular vegetal e seu conteúdo, como amido, gorduras e proteínas, tornando os nutrientes mais expostos, facilitando o acesso de outras enzimas endógenas como proteases⁵².

Andrade et al.⁵³ concluíram que o uso de complexos enzimáticos composto de xilanase e amilase e uma mistura enzimática composta por 100 FXU kg⁻¹ de xilanase e 300 FXU kg⁻¹ de amilase em dieta à base de milho e soja melhora o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes em frangos de corte.

Outra enzima exógena muito aplicada na alimentação de frangos de corte é a protease que possui como principal objetivo complementar o sistema de protease endógena das aves, aumentando a hidrólise de determinadas proteínas, que de outra forma não respondem às enzimas endógenas⁵⁴. Podem, com isso, auxiliar na melhoria da utilização de energia e digestibilidade de nutrientes para frangos de corte⁵⁵.

Utilizando as enzimas exógenas xilanase, amilase e protease de forma isolada ou em conjunto em dietas a base de milho e farelo de soja, Amerah et al.⁵⁶ mostraram efeitos positivos da combinação de enzimas no desempenho de frangos de corte em comparação com as atividades de uma única enzima, sugerindo sinergismo entre xilanase + amilase + protease.

Desta forma, o uso de enzimas específicas para hidrólise das proteínas e dos carboidratos do farelo de soja poderiam auxiliar na melhoria do desempenho de frangos de corte. Esta inclusão permite que se realize a formulação de dietas mais adequadas do ponto de vista ecológico, devida a liberação de nitrogênio proporcionada pela ação enzimática, que viabiliza a redução dos teores proteicos da ração devido ao uso da protease exógena⁴⁹.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para realização do presente estudo, foram conduzidos três ensaios de metabolismo, para avaliação dos efeitos da qualidade de diferentes farelos de soja comerciais sobre os coeficientes de metabolizabilidade.

Os três ensaios metabólicos foram desenvolvidos com base no método da coleta total de excretas no período de 14 a 21 dias de idade.

Os experimentos foram conduzidos no aviário experimental da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás em Goiânia – GO. O projeto foi submetido ao Comitê de Ética para Uso de animais – CEUA da UFG, sendo aprovado sob protocolo N°. 070/20.

3.1 Instalações e Manejo

Os experimentos foram conduzidos nas instalações do Laboratório de Biodigestibilidade e no Aviário Experimental do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, Goiânia – GO.

Antes da chegada das aves ao galpão, foi realizada a limpeza e a desinfecção das gaiolas, cortinas, equipamentos, baldes, comedouros, bebedouros e, posteriormente, o vazio sanitário do galpão por um período de 10 dias.

Em seguida, foi realizada a montagem do experimento em baterias coletivas de aço galvanizado de dimensões 0,8 x 0,9m de comprimento x 0,4 de altura, totalizando 0,72m², compostas por cinco andares, providas de bandejas coletoras de excretas revestidas com lona plástica e equipadas com comedouros e bebedouros do tipo calha. As aves foram distribuídas de acordo com o peso médio do lote a fim de obter uniformização das repetições.

O manejo foi realizado diariamente e consistiu no fornecimento manual de ração duas vezes ao dia, às 08:00 e às 16:00 horas, com o intuito de evitar o desperdício, além da limpeza de bebedouros e a troca da água dos bebedouros. A temperatura, umidade, ventilação e luminosidade foram monitoradas diariamente e controladas com o auxílio de ventiladores, lâmpadas infravermelhas e manejo de cortinas em todo o período experimental, respeitando as necessidades do animal de acordo com cada fase de criação. As médias das temperaturas e umidades relativas dos três ensaios estão apresentadas na tabela 3.

TABELA 3. Temperatura e umidade relativa dos experimentos realizados.

Experimentos realizados	Temperatura (°C)		Umidade (%)	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
1º Experimento	20,0	26,0	70	90
2º Experimento	29,9	32,8	36	71
3º Experimento	22,5	30,4	33	88

3.2 Ensaios de Metabolismo (Coleta Total de Excretas)

Para avaliação do ingrediente farelo de soja, foi utilizada a metodologia adaptada de Matterson et al.⁵⁷, com a inclusão de 40% dos farelos de soja comerciais

testados e 60% de uma ração referência a base de milho e farelo de soja. Esta mesma metodologia foi utilizada nos três ensaios de metabolismo realizados.

Os pintos utilizados foram criados em boxes, com aquecimento elétrico, no período de 1 a 14 dias. Após este período, as aves foram distribuídas em gaiolas de metabolismo construídas em arame galvanizado, providas de bandejas coletoras de excretas revestidas com lona plástica, comedouros e bebedouros lineares.

Foi adotado o método da coleta total de excretas para determinação dos coeficientes de metabolizabilidade dos nutrientes e de energia no período de 14 a 21 dias, conforme a metodologia proposta por Sakomura & Rostagno⁵⁸.

Para isso, as aves foram mantidas em gaiolas de metabolismo por sete dias, dos quais, três dias foram de adaptação às dietas experimentais e quatro dias para a coleta total das excretas. As coletas foram realizadas duas vezes ao dia, às 8:00 e às 16:00 horas.

As excretas coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos previamente identificados e armazenados sob congelamento (-5°C), assim como as rações de cada tratamento. As rações e as sobras foram pesadas e registradas por gaiola, no início e no final do período experimental, para obter o consumo de ração no período de avaliação para posterior realização dos cálculos dos coeficientes de metabolizabilidade.

Ao final do período de coleta, as amostras foram descongeladas, homogeneizadas, pesadas e secas em estufa de 55°C por aproximadamente 72 horas e posteriormente trituradas, uma alíquota de cada amostra foi levada ao laboratório para análises de determinação de nitrogênio e de energia bruta. As análises bromatológicas das rações e das excretas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária e Zootecnia da UFG de acordo com a metodologia descrita por Silva & Queiroz⁵⁹.

Foram calculados os coeficientes de metabolizabilidade de matéria seca (CMMS), nitrogênio (CMN) que foram determinadas seguindo a metodologia de Sakomura & Rostagno⁵⁸. Os coeficientes de metabolizabilidade foram calculados da seguinte forma:

$$CM = \frac{\text{Nutriente ingerido} - \text{Nutriente excretado}}{\text{Nutriente ingerido}} \times 100$$

A energia metabolizável aparente (EMA) e a energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn), por meio das equações apresentadas abaixo, propostas por Matterson et al.⁵⁷.

$$EMA_{RT \text{ e } RR} = \frac{EB \text{ ingerida} - EB \text{ excretada}}{Ms \text{ ingerida}}$$

$$EMA_{ALIM.} = \frac{EMrr + (EMrt - EMrr)}{g \backslash g \text{ subst.}}$$

$$EMA_{nRR \text{ e } RT} = \frac{(EB \text{ ingerida} - EB \text{ excretada}) - 8,22 \times BN}{Ms \text{ ingerida}}$$

$$EMA_{nALIM.} = \frac{EMnRR + (EMnRT - EMnRR)}{g \backslash g \text{ subst.}}$$

$$BN = N_{ing.} - (N_{exc.} \text{ End.})$$

Em que:

$EMA_{RR \text{ e } RT}$ = energia metabolizável aparente da ração referência e ração–teste;

$EMA_{ALIM.}$ = energia metabolizável aparente do alimento;

$EMA_{nRR \text{ e } RT}$ = energia metabolizável aparente corrigida da ração referência e ração teste;

$EMA_{nALIM.}$ = energia metabolizável aparente corrigida do alimento;

$EB_{ing.}$ = energia bruta ingerida;

$EB_{exc.}$ = energia bruta excretada;

BN = balanço de nitrogênio;

N_{ing} = nitrogênio ingerido;

$N_{exc.}$ = nitrogênio excretado; e

$MS_{ing.}$ = matéria seca ingerida.

3.3 Ração Referência

A composição percentual e nutricional da ração formulada está apresentada na Tabela 4. Foi formulada uma ração referência para a fase inicial de desenvolvimento dos frangos, a base de milho e farelo de soja, seguindo as recomendações de Rostagno et al.⁶⁰ para a composição dos ingredientes e exigências nutricionais utilizada para os três ensaios metabólicos. O farelo de soja utilizado na confecção da ração referência, não era de nenhuma das marcas comerciais testadas nos ensaios de metabolismo.

TABELA 4. Composição centesimal e níveis nutricionais da ração referência

Ingredientes	Quantidade (g/kg)
Milho	518,37
Farelo de Soja (45% de PB)	358,63
Glutenose	45,00
Óleo de Soja	37,28
Fosfato Bicálcico	17,30
Calcário	9,05
Sal	4,53
L-Lisina HCL	4,21
DL-Metionina	3,01
L-Treonina	0,80
Cloreto de colina	0,82
Premix Vitamínico	0,50
Premix Mineral	0,50
Total	1000,00
Composição Calculada	
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3100
Proteína Bruta (%)	24,30
Cálcio (%)	0,907
Fósforo Disponível (%)	0,432
Sódio (%)	0,221
Lisina Digestível (%)	1,306
Metionina + Cistina Digestível (%)	0,966
Treonina Digestível (%)	0,862

*Suplemento vitamínico (PX Vitamínico Frango SSA), níveis de garantia Inicial: vit. A 220000000 UI/Kg; vit. D3 88000000 UI/Kg; vit. E 80000 UI/Kg; vit. K3 6000 mg/kg; vit. B1 5000 mg/Kg; vit. B2 15 g/Kg; vit. B6 8000 mg/Kg; vit. B12 40000 mcg/Kg; vit. B5 32 g/Kg; vit. B3 100 g/Kg; ácido fólico 3200mg/Kg; biotina 300 mg/Kg; selênio 1000 mg/Kg.

**Suplemento Mineral (PX Micro mineral Frango SSA), níveis de garantia: manganês 150g/kg; zinco 140 g/kg; ferro 100 g/kg; cobre 20 g/kg; iodo 2000 mg/kg.

3.4 Experimento I

No primeiro experimento foram utilizados quatro farelos de soja de diferentes marcas comerciais, adquiridos no comércio local, para a avaliação de sua composição bromatológica e principalmente para a avaliação de sua qualidade de processamento e seus efeitos sobre a metabolizabilidade da EMA, EMAn e dos coeficientes de metabolizabilidade de matéria seca e nitrogênio.

Para isso foi utilizada a metodologia adaptada de Matterson et al.⁵⁷, com substituição da dieta referência a base de milho e farelo de soja, por 40% de diferentes farelos de soja comerciais (A, B, C e D). Os ingredientes foram adquiridos no comércio de Goiânia, apresentavam-se ensacados em volumes que variavam de 40 a 50 kg dependendo da origem.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos, cinco repetições contendo oito aves por unidade experimental, total de 160 aves, machos da linhagem comercial Cobb5 00®, de 14 a 21 dias de idade.

Os tratamentos consistiram em uma ração referência (RR), RR + 40% do farelo de soja A, RR + 40% do farelo de soja B, RR + 40% do farelo de soja C e RR + 40% do farelo de soja D.

3.5 Experimento II

No segundo experimento foram utilizados três farelos de soja de diferentes marcas comerciais, adquiridos no comércio local e se apresentavam ensacados em embalagens que variavam de 40 a 50 kg, sendo as mesmas marcas comerciais utilizadas no primeiro experimento.

Um total de 320 pintos machos da linhagem Cobb 500®, de 14 a 21 dias de idade, foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 2 sendo oito tratamentos com cinco repetições e 8 aves por repetição. Os tratamentos consistiram em uma dieta referência e três farelos de soja de diferentes marcas comerciais × com e sem adição da enzima protease.

Foi realizada a adição “on top” da enzima exógena protease nos tratamentos utilizados no experimento. A protease utilizada neste experimento foi (RONOZYME ProAct® - DSM), que é produzida a partir da fermentação de *Bacillus licheniformes* contendo genes transcritos de *Nocardiopsis prasina*. Sua atividade é medida em unidades

PROT, sendo que uma unidade definida como a quantidade para liberar 1 μmol de p-nitroanilina a partir de 1 μM de substrato (Suc-Ala-Ala-Pro-Phe-p-Nitroanilina) por minuto em pH 9,0 e 37°C. Essa protease comercial foi adicionada 200 mg/kg nas dietas para proporcionar 15.000 PROT/kg de dieta.

3.6 Experimento III

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), sendo nove tratamentos, cinco repetições contendo oito aves por unidade experimental, totalizando 360 aves, todos machos, da linhagem Cobb 500®, de 14 a 21 dias de idade.

Os tratamentos experimentais consistiram na utilização de uma ração referência (RR), RR + 40% do farelo de soja, RR + 40% do farelo de soja + protease, RR + 40% do farelo de soja + xilanase, RR + 40% do farelo de soja + amilase, RR + 40% do farelo de soja + protease + xilanase, RR + 40% do farelo de soja + protease + amilase, RR + 40% do farelo de soja + xilanase + amilase, RR + 40% do farelo de soja + protease + xilanase + amilase.

A enzima protease utilizada neste experimento foi a mesma protease utilizada no experimento dois (RONOZYME ProAct® - DSM).

A β -xilanase utilizada neste experimento foi (RONOZYME® WX - DSM) uma endo-xilanase estável ao calor granulada de *Thermomyces lanuginosus* produzida por fermentação submersa de um microrganismo *Aspergillus oryzae* geneticamente modificado contendo 1.000 FXU/g. Um FXU é a quantidade de endo-1, 4- β -xilanase, que libera 7,8 μmol de açúcares redutores (equivalentes de xilose) por minutos a partir de arabinoxilanos a pH 6,0 e 50°C. Esta enzima foi adicionada na ração na proporção de 50mg/kg nas dietas para proporcionar 1.000 FXU/kg de dieta, de maneira on top, sem considerar a contribuição da matriz nutricional na formulação da dieta.

A amilase (RONOZYME® HiStarch - DSM) utilizada é uma enzima termotolerante contendo α -Amilase produzida pela fermentação do microrganismo modificado geneticamente *Bacillus licheniformis*, com atividade mínima de 600 KNU/g. Uma KNU é a quantidade de enzima que libera em uma reação de duas etapas, 6 μmol p-nitro fenol por minuto a partir de 1,86 μmol de etiledeno-G7-p-nitrofenil maltoheptaosídeo em pH 7,0 e temperatura de 37°C. A enzima foi adicionada na ração na

proporção de 133mg/kg para poder proporcionar 80 KNU/kg na dieta, sendo adicionada maneira on top, sem considerar sua contribuição nutricional na formulação da dieta.

3.7 Análises bromatológicas e de energia bruta do farelo de soja e das dietas experimentais

As amostras dos farelos de soja testados, foram encaminhadas para o laboratório nutrição animal (LANA), para realização das análises dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB) e matéria mineral (MM), seguindo as técnicas descritas em INCT-Ciência Animal⁶¹.

As amostras das rações (referências e testes) e as amostras de excretas obtidas nos três experimentos realizados, coletadas por meio de coleta total de excretas, também foram encaminhadas para o laboratório, para serem realizadas as análises dos teores de matéria seca (MS), e nitrogênio (N), seguindo as técnicas descritas em INCT-Ciência Animal⁶¹.

Também foram determinados os valores de energia bruta (EB), dos farelos de soja utilizados das rações (referências e testes) e das excretas, com a utilização de uma bomba calorimétrica (IKA®, modelo C200), as análises de energia foram realizadas no Centro Multiusuário de Análises do Instituto Federal Goiano- Campus Rio Verde.

3.8 Análises de qualidade de processamento do farelo de soja

As análises de atividade ureática, solubilidade em hidróxido de potássio e a dispersibilidade da proteína foram realizadas nos farelos de soja utilizados nos três ensaios de metabolismo.

3.8.1 Atividade ureática

A atividade ureática foi determinada seguindo as recomendações do Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal⁶².

Foram transferidas duas porções de 0,2 g das amostras de cada farelo de soja para dois tubos de ensaio e foram adicionados 10 mL da solução tampão fosfato pH 7,0 ao tubo A (branco) e 10 mL da solução de ureia ao tubo B.

Em seguida, ambos os tubos permaneceram em banho-maria a 30°C por 30 minutos. Após esse período, os tubos foram retirados do banho e o líquido sobrenadante transferido para béqueres de 10mL.

Estas soluções foram submetidas as determinações de pH⁵⁹. A atividade ureática foi determinada por meio da relação abaixo:

$$\text{Atividade Ureática} = \text{pH amostra B} - \text{pH da amostra A (branco)}$$

3.8.2 Solubilidade proteica em KOH

A análise de solubilidade proteica em KOH tem por objetivo identificar a biodisponibilidade das proteínas além de verificar o superprocessamento do farelo de soja⁶².

Foram pesadas 2g da amostra previamente moída, transferido para um Erlenmeyer de 250mL, em seguida adicionou-se com o auxílio de balão volumétrico de 100mL, a solução de KOH 0,036N.

A solução foi agitada por aproximadamente 20 minutos. Em seguida realizou-se a centrifugação do sobrenadante por 10 minutos a 1500 rpm. Posteriormente foi transferido o sobrenadante para um béquer de 50 mL evitando a passagem de partículas da amostra. Depois foi pipetado 25 mL do sobrenadante e transferido para um tubo de digestão.

Posteriormente foi realizado o método de o método de avaliação do nitrogênio total (proteína bruta) pelo método de Kjeldahl, seguindo as técnicas descritas em INCT-Ciência Animal⁶¹.

$$\text{Solubilidade Protéica em KOH (\%)} = \frac{\% \text{ Proteína do sobrenadante}}{\% \text{ Proteína Bruta}} \times 100$$

3.8.3 Dispersibilidade da proteína (%)

A análise de dispersibilidade da proteína (DP) é utilizada na indústria para identificação da absorção das proteínas e o grau de superprocessamento.

Foi pesado 20g da amostra, colocado 50mL de água destilada no copo do misturador do Liquidificador, onde foi deixado descansar por 5 minutos.

Posteriormente, foi preenchido o copo do misturador com o auxílio de um balão volumétrico de 250mL, após foi colocado para agitar por aproximadamente 10 minutos a 8,500 rpm.

Após ser agitado, o líquido decantado foi coletado e colocado em um tubo de ensaio de 15mL e levado para a centrifuga durante 15 minutos. Depois de ser centrifugado, foi pipetado 15 mL da amostra e transferido para um tubo de ensaio para a determinação da proteína solúvel (PS). Utilizando o método de avaliação do nitrogênio total (proteína bruta) pelo método de Kjeldahl, seguindo as técnicas descritas em INCT-Ciência Animal⁶¹.

A proteína solúvel foi determinada por meio da relação abaixo:

$$PS = \frac{(V \times N \times f \times 0,014 \times Vd \times F \times 100)}{(p \times Va)}$$

Em que:

V = Volume de HCl gasto na titulação;

N = Normalidade do HCl;

f = Fator do HCl;

Vd = Volume de diluição (300mL);

F = Fator de proteína (6,25);

p = Peso da amostra;

Va = Volume da alíquota (15 ml).

A dispersibilidade da proteína foi determinada através da relação abaixo:

$$DP = \frac{(PS \times 100)}{PB}$$

Em que:

Ps = Proteína solúvel

PB = Proteína bruta

3.9 Análise estatística

As variáveis analisadas foram submetidas à análise de variância e quando constatada diferença entre os tratamentos, aplicado o teste de Scott-Knott (5%).

Anteriormente, foram realizadas as análises de normalidade e homoscedasticidade, utilizando os testes de Shapiro-Wilk e Levene respectivamente. Para retirada de dados dispersantes foi utilizado o teste de BoxPlot, e após isso foi realizada a análise de variância e o teste de Scott-Knott. Os dados foram avaliados, utilizando como ferramenta estatística o software “R” versão 3.4.1.

Foi estimada a correlação entre a energia metabolizável aparente e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio no primeiro experimento e as análises bromatológicas (matéria seca, matéria mineral, fibra bruta, proteína bruta e extrato etéreo) e de qualidade de processamento do farelo de soja (atividade ureática, solubilidade em KOH e dispersibilidade da proteína).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Composição química e análises de qualidade do processamento dos farelos de soja

Não houve diferença significativa ($p>0,05$) para os teores de matéria seca, proteína bruta, fibra bruta, extrato etéreo e matéria mineral dos farelos de soja avaliados, conforme apresentado na tabela 5.

De acordo com Runho²⁹ e Lima et al.²⁶, os teores de atividade ureática podem ser classificados como excelente, boa, regular e deficiente. Os valores de atividade ureática (0,05; 0,03; 0,03) respectivamente encontrados nos farelos A, B e D podem ser classificados como excelentes enquanto a atividade ureática (0,07) do farelo de soja C pode ser considerada boa, podendo ser comercializado devido a estes teores de AU serem considerados baixos, demonstrando que há poucos fatores antinutricionais no presente farelo.

Não houve diferença significativa ($p>0,05$) para os valores de solubilidade em KOH em relação aos farelos de soja comerciais testados. Os valores encontrados neste estudo estão em conformidade com as informações apresentadas por Runho²⁹, em que a solubilidade do farelo D (87,84%) pode ser classificada como excelente e a solubilidade dos farelos A, B e C (83,31%; 83,87%; 79,93%) respectivamente podem ser consideradas boas.

TABELA 5. Avaliação dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM) e análises de atividade ureática (AU), solubilidade em KOH e dispersibilidade da proteína (DP) dos farelos de soja utilizados nos três ensaios de metabolismo.

Variáveis	Farelos de Soja Comerciais				p-valor	EPM ¹	CV ² (%)
	A	B	C	D			
Composição Bromatológica							
MS	91,97	91,68	92,35	92,11	0,0773	0,1031	0,19
PB	46,53	45,15	45,17	46,61	0,7497	0,5996	5,57
FB	6,53	6,50	6,56	5,08	0,1617	0,2861	9,69
EE	0,68	0,60	0,61	0,74	0,9836	0,1123	6,53
MM	6,83	6,90	7,09	6,53	0,3371	0,1043	3,90
Análises de qualidade do processamento do farelo de soja							
AU	0,05a	0,03b	0,07a	0,03b	0,0044	0,0067	8,86
Sol.KOH	83,31	83,87	79,93	87,84	0,3585	2,7121	4,58
DP	37,86a	33,41b	26,87b	33,67b	0,0030	0,8075	3,47

¹Erro médio padrão; ²Coefficiente de variação. Letras minúsculas representam diferença significativa a ($p < 0,05$) pelo teste de Scott-Knott.

Segundo Batal et al.⁴¹, a dispersibilidade da proteína mede a solubilidade da proteína em água em uma mistura a alta velocidade. De acordo com estes autores, essa análise produz resultados mais consistentes do processamento utilizado sobre o farelo de soja. Esses resultados sugerem que a dispersibilidade é um melhor indicador de superprocessamento do farelo de soja comparativamente a solubilidade em KOH.

Os valores de dispersibilidade da proteína encontrados no presente estudo indicam que nenhum dos farelos de soja utilizados nos experimentos foram subprocessados. Entretanto, pode ser observado efeito significativo ($p=0,0030$) do índice de dispersibilidade da proteína dos farelos de soja avaliados, em que o farelo de soja A apresentou maior teor de dispersibilidade que os farelos de soja B, C e D.

Entre as análises de qualidade do farelo de soja a solubilidade em KOH é utilizada como índice para determinar o superprocessamento do farelo de soja, no entanto está mesma análise não é um índice sensível para monitoramento do subprocessamento do farelo de soja. Combinar o teste DP com a AU pode ser útil para melhor acompanhamento da qualidade do farelo de soja que será utilizado na formulação das dietas para aves²⁰. Neste estudo, pode ser observado que houve efeitos significativos nestas duas análises.

4.2 Experimento I

Mesmo com as diferenças observadas nas análises de atividade ureática e dispersibilidade proteica, não foi observada diferença significativa ($p>0,05$) entre os farelos de soja utilizados sobre a energia metabolizável aparente e os coeficientes de metabolizabilidade de matéria seca e nitrogênio, conforme apresentado na tabela 6.

Neste estudo, os valores de EMA foram superiores aos valores de EMAn, indicando balanço de nitrogênio positivo, retenção de nitrogênio e deposição proteica pelas aves. De acordo Scottá et al.⁶³, a energia metabolizável pode ser influenciada pela metodologia utilizada, espécie da ave, idade, sexo, consumo de ração, retenção de nitrogênio, granulometria da ração, processamento do alimento, nível de inclusão do alimento testado.

TABELA 6. Energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), coeficientes de metabolizabilidade de matéria seca (CMMS) e nitrogênio (CMN) de frangos de corte alimentados com diferentes farelos de soja no experimento 1

Tratamentos	EMA MS (kcal/kg)	EMAn MS (Kcal)	CMMS MS (%)	CMN MS (%)
Farelo de soja A	3276,98	2553,67a	61,12	52,31
Farelo de soja B	3245,77	2453,02a	64,67	58,23
Farelo de soja C	3061,88	2057,22b	65,40	57,57
Farelo de soja D	3118,66	2175,30b	64,26	54,71
p-valor	0,24	0,008	0,53	0,69
EMP ¹	4,60	6,40	1,05	1,84
CV ²	5,06	8,01	6,71	13,92

¹Erro médio padrão; ²Coeficiente de variação.

As letras minúsculas representam diferença significativa a ($p<0,05$) pelo teste de Scott-Knott.

Neste trabalho, pode-se observar que a qualidade de processamento do farelo de soja é capaz de influenciar a metabolizabilidade de energia em frangos de corte (tabela 6). Foi observado efeito significativo ($p=0,008$) dos farelos de soja de diferentes marcas comerciais sobre os teores de energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio. Estas diferenças podem estar relacionadas ao processamento do farelo, pois foram observadas diferenças nas análises de atividade ureática e dispersibilidade da

proteína, que podem se refletir nos valores de energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio obtidos neste ensaio de metabolismo.

Zonta et al.⁶⁴ concluíram que os valores de energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) na matéria seca, para cinco diferentes de farelo de soja, variaram entre 2426 e 2727 kcal/kg em experimento com aves de 24 a 26 dias de idade. Os farelos de soja foram substituídos em 30% da ração referência. Neste estudo os valores de EMAn dos quatros farelos de soja comerciais avaliados variaram entre 2175,30 e 2553,67 kcal/kg, sendo realizada a substituição de 40% da ração referência.

Segundo Bertechini et al.⁶⁵, os valores EMAn para o farelo de soja deve ser de 2272,38 de 1 a 7 dias, 2422,14 de 8 a 14 dias, 2545,86 de 15 - 21 dias, e 2658,83 Kcal/kg de 22 - 42 dias para fornecer níveis de energia ideais para dietas de frangos de corte. Estes resultados encontrados por estes autores se assemelham aos encontrados neste estudo para os farelos de soja A e B que foram de 2553,67 e 2453,02, visto que os valores de EMAn encontrados de aves de 15 a 21 dias de vida.

Em seu estudo, Mateo & Conejos⁶⁶ avaliaram farelos de soja de diferentes origens e observaram diferenças no desempenho das aves, incluindo alterações no ganho de peso corporal e conversão alimentar. Os autores concluíram que estas diferenças nos resultados podem ser explicadas pelas variações observadas nas análises químicas entre os farelos de soja em virtude dos diferentes processos e aplicação da tecnologia de processamento que podem produzir ingredientes com perfil de qualidade distintos.

Além do processamento, diversos fatores podem influenciar a qualidade e a composição química do farelo de soja, como origem, o genótipo do grão de soja, área de plantio, tipo de solo, práticas agrícolas e condições ambientais durante a estação de crescimento e armazenamento da soja^{39, 67}, assim como o período de armazenamento do próprio farelo⁹.

Estes efeitos podem ter influenciado diretamente a qualidade dos farelos utilizados visto que mesmo que não foram constatadas diferenças na composição química, houve diferença significativa sobre as análises de qualidade do farelo de soja e estas alterações foram refletidas na metabolizabilidade da energia.

Outro fator que possivelmente pode ter influenciado na energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio é a concentração do total de conteúdo de polissacarídeos não-amiláceos do farelo de soja utilizados neste experimento, interferindo na utilização energética, especialmente por aves jovens.

Segundo Stefanello et al.⁵⁵, a melhoria na EMAn para os frangos alimentados com dietas baseadas em farelos de soja de diferentes fontes é provável que sejam atribuídas a diferenças na composição de carboidratos. Pois o valor nutritivo do farelo de soja está relacionado com a presença de oligossacarídeos como rafinose e a estaquiose, que por sua vez reduz a ação das enzimas exógenas o que impacta negativamente na utilização da energia e na digestibilidade dos demais nutrientes presentes no alimento^{68, 69}.

Estes oligossacarídeos também irão reduzir a utilização da energia por meio da perda de líquido do lúmen intestinal ocasionada pela propriedade hidrofóbica destes carboidratos, podendo aumentar a colonização do trato gastrointestinal por patógenos, elevando a produção de excretas⁶⁹.

4.3 Experimento II

Os resultados obtidos no segundo experimento são apresentados na tabela 7. Não foi observada diferença significativa ($p > 0,05$) sobre a interação entre os farelos de soja de diferentes marcas comerciais e a protease sobre a EMA, EMAn, CMMS e CMN. Também não foi observado diferença significativa ($p > 0,05$) sobre o efeito simples dos farelos de soja de diferentes marcas comerciais sobre nenhuma das variáveis estudadas.

Pode ser observado que a utilização da protease no segundo experimento melhorou o aproveitamento energético das aves aumentando significativamente ($p < 0,05$) os teores de energia metabolizável aparente e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio. Verificou-se também o aumento nos valores dos coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca e dos coeficientes de metabolizabilidade de nitrogênio, quando comparados aos tratamentos sem adição de protease.

Houve aumento dos coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca das aves suplementados com a enzima protease, o aumento deste coeficiente pode indicar maior absorção dos nutrientes presentes no farelo de soja utilizado, independente da origem deste farelo. Santos⁷⁰, relatou que o aumento do CMMS proporcionado pela utilização de enzimas exógenas pode ser explicado pela melhora na digestibilidade de nutrientes, como proteína bruta e minerais, e no aproveitamento da energia.

TABELA 7. Energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), coeficiente de metabolizabilidade de matéria seca (CMMS), nitrogênio (CMN) de frangos de corte alimentados com diferentes farelos de soja suplementados com protease no experimento 2

	Protease		MF ²	p-valor			EPM ³	CV ⁴
	Com	Sem		Farelos	Protease	F x P		
EMA MS (kcal/kg)								
FS - A	2911,65	2745,42	2828,53	0,18	0,006	0,73	6,84	7,86
FS - B	3144,53	2817,33	2980,93					
FS - C	2931,54	2673,73	2802,63					
MP ¹	2995,91A	2745,49B						
EMAn MS (Kcal)								
FS - A	2225,58	2132,85	2179,21	0,45	0,0003	0,14	4,36	8,16
FS - B	2366,97	2053,16	2210,06					
FS - C	2314,85	1905,81	2110,33					
MP ¹	2302,46A	2030,60B						
CMMS MS (%)								
FS - A	59,35	57,13	58,24	0,97	0,01	0,08	1,26	10,42
FS - B	65,04	51,54	58,29					
FS - C	59,98	57,61	58,79					
MP ¹	61,46A	55,43B						
CMN MS (%)								
FS - A	56,16	45,69	50,93	0,55	0,0004	0,35	1,49	13,27
FS - B	57,95	43,94	50,94					
FS - C	50,73	45,42	48,08					
MP ¹	54,95A	45,02B						

¹MP: Média de com ou sem protease; ²MF: Média dos farelos; ³EMP: Erro padrão da média; ⁴CV: Coeficiente de variação. Letras minúsculas representam diferença significativa entre os farelos de soja de diferentes marcas comerciais a (p<0,05) pelo teste de Scott-Knott. Letras maiúsculas representam diferença significativa entre com ou sem protease a (p<0,05) pelo teste de Scott-Knott.

A proteína é considerada o ingrediente que mais onera a produção de ração para frangos de corte e, diante disso, a adição de proteases exógenas melhoram o valor nutricional por meio da quebra de proteínas resistentes ao processo digestivo⁷¹. As enzimas exógenas reduzem a síntese das enzimas endógenas e, em resposta tem, o organismo tem à disposição maior quantidade de aminoácidos para a síntese proteica⁷².

Espera-se que estes aminoácidos derivados da degradação de proteínas e a energia fiquem disponíveis para absorção intestinal, dependendo, da afinidade entre a enzima e o substrato. As melhorias na metabolizabilidade ou na digestibilidade derivadas de quaisquer proteases exógenas também dependem dos ingredientes usados na formulação da ração⁵⁵.

Dentre os fatores antinutricionais podem ser destacados os inibidores de proteases e lectinas²⁸. As lectinas são glicoproteínas que se ligam a carboidratos como os oligossacarídeos, possuindo alta afinidade com a superfície das células do epitélio do intestino delgado, principalmente nas células do duodeno e jejuno, causando danos à parede intestinal com diminuição da metabolizabilidade e digestibilidade dos nutrientes⁷³.

A protease utilizada neste experimento pode ter auxiliado na redução dos níveis de inibidores de protease e lectinas, melhorando a metabolizabilidade da proteína, permitindo um melhor aproveitamento do nitrogênio, como também uma melhoria na EMA e EMAn devido a redução dos efeitos das lectinas, que não se aglutinaram com os carboidratos tornando-se livres para serem absorvidos, proporcionando o aumento observado independente da origem do farelo.

Resultados que corroboram aos encontrados neste estudo foram observados por Stefanello et al.⁵⁵, que concluíram que farelos de soja tanto da região norte ou sul do Brasil quando suplementados com 15.000 unidades de protease/kg apresentaram efeito benéfico na utilização de energia e digestibilidade de nutrientes para frangos de corte.

A utilização da enzima protease neste estudo também contribuiu para melhorar a metabolizabilidade de nitrogênio, pois quando as aves utilizam melhor as fontes de nitrogênio, há possibilidade de reduzir o teor de proteína da dieta, e consequentemente reduzir o teor de nitrogênio nas excretas.

Resultados semelhantes foram relatados por Oxenboll et al.⁷⁴, em que a adição de protease exógena com atividade de 15,000 PROT/kg em dietas de frangos de corte proporcionou maior digestibilidade dos alimentos, devido ao aumento das quebras das frações proteicas, tornando mais eficiente a utilização do nitrogênio, reduzindo os níveis de aminoácidos essenciais ou proteína bruta da dieta, tornando as rações mais eficientes e diminuindo a excreção de nitrogênio para o ambiente.

4.4 Experimento III

No terceiro ensaio realizado, verificou-se que a adição das enzimas exógenas de forma isolada, ou em combinação, não influenciaram ($p>0,05$) os valores de EMA e os coeficientes de metabolizabilidade de matéria seca e de nitrogênio (Tabela 8).

Resultados semelhantes aos observados neste estudo foram encontrados por Dourado et al.⁷⁵, que concluíram que a utilização das enzimas exógenas xilanase, amilase e protease não apresentaram nenhum aumento na energia metabolizável do farelo de soja.

Houve efeito significativo da utilização das enzimas exógenas protease, xilanase e amilase ($p=0,00025$) sobre os teores de EMAn, em que os maiores teores de energia foram observados nos tratamentos com as combinações das enzimas protease + amilase, xilanase + amilase + protease, xilanase + amilase. Pode ser observado que a amilase apresentou maior efeito em relação as demais enzimas, pois os maiores níveis de EMAn foram observados nos tratamentos resultantes das combinações com a amilase.

Avaliando o efeito de um suplemento enzimático composto por xilanase, protease e amilase em dietas a base de milho e farelo de soja para frangos de corte Douglas & Parsons⁷⁶ concluíram que a adição dessas enzimas foi eficaz na melhoria da energia de farelos de soja.

TABELA 8. Energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) e coeficientes de metabolizabilidade de matéria seca (CMMS) e nitrogênio (CMN) de frangos de corte alimentados com 40% de farelo de soja suplementados com protease, xilanase, amilase e suas combinações no experimento 3

Tratamentos	EMA MS (kcal/kg)	EMAn MS (Kcal)	CMMS MS (%)	CMN MS (%)
RR + 40% FS	3358,94	2348,10b	61,25	62,36
RR + 40% FS + Protease	3431,99	2493,79b	63,88	62,24
RR + 40% FS + Xilanase	3282,41	2363,35b	61,91	63,13
RR + 40% FS + Amilase	3331,14	2528,62b	60,26	60,09
RR + 40% FS + Protease + Xilanase	3276,37	2396,87b	63,22	61,08
RR + 40% FS + Protease + Amilase	3403,54	2788,74a	62,91	58,36
RR + 40% FS + Xilanase + Amilase	3389,08	2916,37a	61,33	55,14
RR + 40% FS + Protease + Xilanase + Amilase	3320,06	2790,07a	63,19	58,13
p-valor	0,52	0,00025	0,53	0,08
EMP ¹	20,90	44,70	0,46	0,73
CV ²	3,98	8,09	4,75	7,06

¹EMP: Erro médio padrão; ²CV: Coeficiente de variação. Letras minúsculas representam diferença significativa a ($p<0,05$) pelo teste de Scott-Knott.

Estudos demonstraram que a utilização de amilase com uma atividade de 600 KNU/g, em combinação com outras enzimas exógenas como a xilanase com atividade de 1,000 FXU/g podem proporcionar melhorias da EMAn de frangos de corte alimentados com dietas a base de milho e farelo de soja⁷⁷, contudo são escassos os resultados dos efeitos da utilização destas enzimas sobre o farelo de soja.

4.5 Correlações entre a EMA e EMAn de frangos e as análises de qualidade e composição química dos farelos de soja

Segundo Frikha et al.⁷⁸, o uso de correlações pode permitir melhor avaliação do valor nutritivo dos ingredientes comumente utilizados na formulação de dietas para aves.

Os teores de matéria seca do farelo de soja foram negativamente correlacionados com os teores de matéria mineral ($r = -0,9751$; $P < 0,01$), energia metabolizável aparente ($r = -0,6069$; $P < 0,027$) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio ($r = -0,7280$; $P < 0,01$), sendo fortemente correlacionadas, contudo a dispersibilidade da proteína ($r = -0,5396$; $P < 0,031$), foi correlacionada negativamente, porém com uma força mediana. Foram correlacionados positivamente com força mediana os teores de matéria seca com os teores de atividade ureática do farelo de soja ($r = 0,6334$; $P < 0,01$). No entanto, não foram observadas correlações significativas dos teores de MS do farelo de soja com os teores de PB, EE, FB e SKOH.

Na tabela 9 são apresentadas as correlações entre a composição química e as análises de qualidade dos farelos com a EMA e EMAn de frangos de corte. Segundo Jardim³², pode-se relacionar os índices de proteína bruta encontrados em farelo de soja para diferentes categorias de solubilidade em KOH. Pois o maior valor de proteína bruta encontrada foi observado quando avaliados farelos de soja com SKOH também mais altas. Neste estudo pode ser visto que as concentrações de PB no farelo de soja foram correlacionadas positivamente com os níveis de DP ($r = 0,5687$; $P < 0,0215$) e fortemente correlacionado com a SKOH ($r = 0,8065$; $P < 0,01$). Oposto aos resultados observados por estas correlações Frikha et al.⁷⁷, não encontraram correlações significativas entre as análises de DP ou SKOH com os teores de proteína bruta do farelo de soja.

Esta mesma concentração de proteína bruta do farelo foi negativamente correlacionada, apresentando uma força média com os teores de atividade ureática ($r = -0,5532$; $P < 0,0262$) apresentado pelo farelo de soja avaliado. García-Rebollar et al.⁸ ao avaliarem os teores de proteína bruta de farelos de soja oriundos do Brasil, encontraram uma correlação negativa entre PB, teores de atividade ureática e com a solubilidade em KOH. Neste estudo pode ser observado está mesma correlação negativa somente para os teores de atividade ureática, pois houve uma correlação positiva entre DP e a SKOH quando correlacionadas com os teores de PB.

TABELA 9. Coeficiente de correlação de Pearson (r) entre o teor de nutrientes e análise de qualidade do farelo de soja (n = 16) e os teores de energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) de frangos de corte

	MS¹	PB²	EE³	FB⁴	MM⁵	AU⁶	DP⁷	SKOH⁸	EMA	EMAn
MS	1									
PB	-0,4825 ^{NS}	1								
EE	0,2117 ^{NS}	0,3561 ^{NS}	1							
FB	-0,2122 ^{NS}	-0,4198 ^{NS}	-0,6305 ^{**}	1						
MM	-0,9751 ^{**}	0,4655 ^{NS}	-0,1909 ^{NS}	0,2279 ^{NS}	1					
AU	0,6334 ^{**}	-0,5532 [*]	-0,0166 ^{NS}	0,3485 ^{NS}	-0,6329 ^{**}	1				
DP	-0,539 [*]	0,5687 [*]	0,3319 ^{NS}	-0,1742 ^{NS}	0,4700 ^{NS}	-0,4970 ^{NS}	1			
SKOH	-0,2781 ^{NS}	0,8065 ^{**}	0,4407 ^{NS}	-0,6814 ^{**}	0,2892 ^{NS}	-0,6317 ^{**}	0,3410 ^{NS}	1		
EMA	-0,6069 [*]	0,1663 ^{NS}	-0,1750 ^{NS}	0,1974 ^{NS}	0,5569 [*]	-0,3660 ^{NS}	0,3454 ^{NS}	-0,0230 ^{NS}	1	
EMAn	-0,7280 ^{**}	0,3376 ^{NS}	0,0147 ^{NS}	0,3009 ^{NS}	0,6566 ^{**}	-0,2724 ^{NS}	0,6311 ^{**}	-0,0397 ^{NS}	0,7851 ^{**}	1

NS=P > 0,05; *=P < 0,05; **P < 0.01.

¹Matéria seca.

²Proteína bruta.

³Extrato etéreo.

⁴Fibra bruta.

⁵Matéria mineral.

⁶Atividade ureática.

⁷Dispersibilidade da proteína.

⁸Solubilidade em KOH.

Jardim³², relatam que o teor de fibra bruta não apresentou diferença estatística entre os grupos de solubilidades proteicas em KOH indicando que não há relação da fibra com o teor de solubilidade. Entretanto, neste estudo foi observado que teores de fibra bruta do farelo de soja foram correlacionados de forma negativa somente com a solubilidade em KOH ($r = -0,6814$; $P < 0,01$), apresentando correlação de força média, o que demonstra que o FS apresenta um teor de fibra elevado acarretando a redução da solubilidade proteica em hidróxido de potássio. Não foram encontradas correlações entre os teores de fibra bruta com a MM, AU, DP, SKOH, EMA e EMAn.

Das análises de qualidade do farelo de soja, a atividade ureática não apresentou correlação significativa com os teores de dispersibilidade da proteína do farelo, também não apresentou correlação com a energia metabolizável aparente e energia metabolizável corrigida pelo balanço de nitrogênio. No entanto, foi observado uma correlação negativa entre a AU e a SKOH ($r = -0,6317$; $P < 0,01$), apresentando uma correlação de força média.

Correlação contrária a encontrada neste estudo foi observada por García-Rebollar et al.⁸ que encontraram uma correlação positiva entre os teores de AU e SKOH. Ibáñez et al.¹ não encontraram correlações entre a AU e nenhum dos outros indicadores de qualidade da proteína estudados, confirmando que somente os valores de AU não predizem com precisão a qualidade da fração proteica do farelo de soja atualmente disponível no mercado.

A DP do farelo de soja utilizado neste estudo apresentou correlação positiva forte com a EMAn ($r = 0,6311$; $P < 0,01$) de frangos de corte alimentados com 40% de farelo de soja. A dispersibilidade da proteína é uma análise usada para caracterizar a qualidade da proteína de soja ou do farelo após o processamento. A existência de uma correlação positiva demonstra que o bom processamento do farelo também irá ter influência sobre o aproveitamento energético das aves.

Entretanto, não foi observada correlação significativa entre a DP e a EMA. Também não houve correlação significativa entre a DP e a SKOH do farelo de soja. Resultados contrários aos encontrados neste experimento foram observados por García-Rebollar et al.⁸, Căpriță et al.²⁰, e Frikha et al.⁷⁷, que encontraram correlação positiva entre os teores de dispersibilidade da proteína e a SKOH do farelo de soja.

A SKOH não apresentou correlação significativa com a energia metabolizável aparente e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio de frangos de corte.

Os teores de EMA de frangos de corte foram correlacionados positivamente com os teores de EMAn ($r = 0,7851$; $P < 0,0215$), sendo uma correlação forte. Esta correlação pode ser explicada devido a EMAn ser calculada utilizando o balanço de nitrogênio como um fator de correção da energia metabolizável aparente.

Neste estudo, pode ser observada a existência de correlações significativas entre a composição bromatológica e das análises de qualidade do processamento do farelo com a energia metabolizável aparente e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio.

Segundo García-Rebollar et al.⁸, existem correlações bastante significativas para os indicadores de qualidade proteica do farelo de soja, mas verificaram que os valores r variaram amplamente dependendo da origem dos farelos.

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que os farelos de soja comerciais possuem composição bromatológica semelhante, no entanto, podem apresentar diferenças nas análises de atividade ureática e dispersibilidade da proteína, o que mostra que há diferenças entre o processamento de cada marca comercial.

No primeiro experimento os farelos de soja A e B apresentaram maior teor de energia metabolizável corrigida pelo balanço de nitrogênio mostrando que pode haver importantes diferenças entre farelos de soja comercializados.

No segundo experimento a origem do farelo de soja não afetou os valores de EMA, EMAn, CMMS e CMN, contudo a utilização da protease exógena influenciou no aumento de todas as características avaliadas. Com isso, demonstra-se que a utilização desta enzima pode auxiliar na melhoria da metabolizabilidade energética e na diminuição da excreção de nitrogênio no ambiente, melhorando ainda mais a utilização deste alimento de grande importância para o setor de avicultura.

No terceiro experimento, conclui-se que a utilização da combinação de amilase com protease ou xilanase, ou a combinação das três enzimas auxilia no aumento da EMAn do farelo de soja. Contudo como pode ser verificado neste experimento a utilização destas enzimas de forma isolada ou a combinação sem a presença da amilase não proporciona os mesmos resultados.

Com a realização das correlações entre os valores de EMA e EMAn com as composições químicas do farelo de soja e as análises de qualidade, evidenciou-se que

composição química do FS pode apresentar correlações tanto positivas quanto negativas dependendo da variável a ser analisada, assim como pode ser observado que dispersibilidade da proteína possui correlação positiva com a EMAn.

6. REFERÊNCIAS

1. Ibáñez MA, de Blas C, Cámara L, Mateos GG. Chemical composition, protein quality and nutritive value of commercial soybean meals produced from beans from different countries: A meta-analytical study. *Animal Feed Science Technology*. 2020; 267: 114531. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114531>
2. Bjapai S, Sharma A, Gupta MN. Removal and recovery of antinutritional factors from soybean flour. *Food Chemistry*. 2005; 89(4): 497-501. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.02.055>
3. Pacheco WJ, Stark CR, Ferket PR, Brake J. Evaluation of soybean meal source and particle size on broiler performance, nutrient digestibility, and gizzard development. *Poultry Science*. 2013; 92(11): 2914-2922. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03186>
4. Knudsen KEB. Carbohydrate and lignin. contents of plant materials used in animal feeding. *Animal Feed Science Technology*. 1997; 67: 319-338. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(97\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(97)00009-6)
5. Nguyen HT, Bedford MR, Wu SB, Morgan NK. Soluble non-starch polysaccharide modulates broilers gastrointestinal tract environment. *Poultry Science*. 2021; 100(8): 101183. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101183>
6. Sens RF, Bassi LS, Almeida LM, Rosso DF, Teixeira LV, Maiorka A. Effect of different doses of phytase and protein content of soybean meal on growth performance, nutrient digestibility, and bone characteristics of broilers. *Poultry Science*. 2021; 100(3): 100917. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.12.015>
7. Singh AK, Tiwari UP, Berrocoso JD, Dersjant-Li Y, Awati A, Jha R. Effects of a combination of xylanase, amylase and protease, and probiotics on major nutrients including amino acids and non-starch polysaccharides utilization in broilers fed different level of fibers. *Poultry Science*. 2019; 98(11): 5571-5581. <https://doi.org/10.3382/ps/pez310>
8. García-Rebollar P, Cámara L, Lázaro RP, Dapoza C, Maldonado-PR, Mateos GG. Influence of the origin of the beans on the chemical composition and nutritive value of commercial soybean meals. *Animal feed Science and Technology*. 2016; 221(Part B): 245-261. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.07.007>
9. Serrano MP, Rebollar PG, Sueiro S, Hermida M, Mateos GG. Influence of duration of storage on protein quality traits of soybean meals. *Journal Applied Poultry Research*. 2013; 22(3): 423-429. <https://doi.org/10.3382/japr.2012-00620>
10. Embrapa-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. A soja no Brasil: História e estatística. 1987.
11. Sentelhas PC, Battisti R, Câmara GMS, Farias JRB, Hampf AC, Nendel C. The soybean yield gap in Brazil - magnitude, causes and possible solutions for sustainable

- production. *The Journal of Agricultural Science*. 2015; 153(8): 1394-1411. <https://doi.org/10.1017/S0021859615000313>
12. Barrozo JC, Rosa JC. O Norte Araguaia mato-grossense como uma nova fronteira de expansão da soja Brasil (2000 a 2015). *Diálogos Latinoamericanos*. 2017; 18(26):172-188. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=16254172014>
 13. Vasconcelos AMD, Dias M, Nascimento VA, Rogério MCP, Façanha DAE. Degradabilidade ruminal e digestibilidade intestinal dos grãos de soja crus e tostados em bovinos leiteiros. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. 2016; 17(4):744-752. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402016000400017>
 14. Freiria GH, Lima WF, Leite RS, Mandarin JMG, Silva JB, Prete CEC. Productivity and chemical composition of food-type soybeans sown on different dates. *Acta Scientiarum. Agronomy*. 2016; 38(3): 371-377. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i3.28632>
 15. Melo AS, Queiroz JPAF, Oliveira VRM, Dias FKD, Fernandes RTV, Marinho JBM, Souza RF, Santos Filho CA, Souza AOV. Formas físicas de utilização de rações para aves. *Pubvet*. 2016; 10(2): 173-178.
 16. Mandarin JMG, & Roessing AC. Tecnologia para produção do óleo de soja: descrição das etapas, equipamentos, produtos e subprodutos, Embrapa, Londrina. 2001. Disponível em: www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/462866/1/doc171.pdf Acesso em: 02 de setembro de 2021.
 17. Bellaver C, Nones KA. Importância da Granulometria, da Mistura e da Peletização da Ração Avícola. IV Simpósio Goiano de Avicultura, 2000, Concórdia: EMBRAPA_CNPSA. Disponível em: http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_arquivos/palestras_t8l15r4z.pdf Acessado dia 05 de outubro de 2021.
 18. Del Valle FR. Nutritional qualities of soya protein as affected by processing. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 1981; 58: 419-429. <https://doi.org/10.1007/BF02582392>
 19. Brito CO, Albino LFT, Rostagno HS, Gomes PC, Carvalho DCO, Corassa A. Adição de complexo multienzimático em dietas à base de soja extrusada: valores energéticos e digestibilidade de nutrientes em pintos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2006; 35(3): 1047-1055. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000400015>
 20. Căpriță R, Căpriță A, Crețescu I. Protein solubility as quality index for processed soybean. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*. 2010; 43(1): 375-378.
 21. Lima Júnior DM, Monteiro PBS, Rangel AHN, Maciel MV, Oliveira SEO, Freire DA. Fatores antinutricionais para ruminantes. *Acta Veterinária Brasília*. 2010; 4(3): 132-143. <https://doi.org/10.21708/avb.2010.4.3.1818>
 22. Santos MAT. Efeito do cozimento sobre alguns fatores antinutricionais em folhas de brócolis, couve-flor e couve. *Ciência Agrotecnologia*. 2006; 30(2): 294-301. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542006000200015>
 23. Benevides CMJ, Souza MV, Souza RDB, Lopes MV. Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. *Segurança Alimentar e Nutricional*. 2011; 18(2): 67-79. <https://doi.org/10.20396/san.v18i2.8634679>

24. Liener, IE. The nutritional significance of the plant lectins. In: Ory, R.L. Antinutrients and natural toxicants in foods. Westport: Food & Nutrition Press. p.143-157, 1981.
25. Choct M, Dersjant-Li Y, Mcleish J and Peisker M. Soy Oligosaccharides and soluble non-starch polysaccharides: a review of digestion, nutritive and anti-nutritive effects in pigs and poultry. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 2010; 23(10): 1386-1398. <https://doi.org/10.5713/ajas.2010.90222>
26. Lima, MR, Morais, SAN, Costa, FGP, Pinheiro, SG, Dantas, LS, Cavalcante, LE. Atividade Ureática. Revista Eletrônica Nutritime. 2011; 8(5): 1606-1611.
27. Vagadia BH, Vanga SK, Raghavan V. Inactivation methods of soybean trypsin inhibitor - A review. Trends in Food Science & Technology. 2017; 64:115-125. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.02.003>
28. Leite PRSC, Mendes FR, Pereira MLR, Lacerda MJR. Limitações da utilização da soja integral e farelo de soja na nutrição de frangos de corte. Enciclopédia Biosfera. 2012; 8(15): 1138-1157.
29. Runho RC. Farelo de soja: processamento e qualidade. Poli-nutri Alimentos, Artigos Técnicos, 2001. disponível em <www.polinutri.com.br>, acesso em 30/06/2021.
30. Chen J, Wedekind K, Escobar J, Vazquez-Añón M. Trypsin inhibitor and urease activity of soybean meal products from different countries and impact of trypsin inhibitor on ileal amino acid digestibility in pig. Journal of the American Oil Chemists' Society. 2020; 97: 1151-1163. <https://doi.org/10.1002/aocs.12394>
31. Lima CB, Costa FGP, Ludke JV, Lima Junior, D, Mariz TMA, Pereira AA, Silva GM, Almeida, ACA. Fatores antinutricionais e processamento do grão de soja para alimentação animal. Agropecuária Científica no Semi-Árido, 2014; 10(4): 24-33. <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v10i4.452>
32. Jardim MM. Avaliação estatística das variáveis relacionadas a qualidade de farelo de soja para frangos de corte. 2019. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Goiás.
33. Thakur M, and Hurburgh CR. Quality of US soybean meal compared to the quality of soybean meal from other origins. Journal of the American Oil Chemists' Society. 2007; 84: 835-843. <https://doi.org/10.1007/s11746-007-1107-8>
34. Yasothai R. Antinutritional factors in soybean meal and its deactivation. International Journal of Science, Environment and Technology. 2016; 5(6): 3793-3797. <https://www.ijset.net/journal/1377.pdf>
35. Butolo JE. Qualidade de ingredientes na alimentação animal, Colégio Brasileiro de Nutricao Animal, Campinas, Sp, p. 430, 2002.
36. Parsons CM, Hashimoto K, Wedekind KJ, Baker DH. Soybean protein solubility in potassium hydroxide: an in vitro test of in vivo protein quality. Journal of Animal Science, 1991; 69: 2918-2924. <https://doi.org/10.2527/1991.6972918x>
37. Rodriguez, A. Cuffia F, Piagentini AM, Lema P, Panizzolo LA, Rozycki SD. Study of the browning and gelation kinetics in a concentrated sheep milk and sucrose system. International Journal of Dairy Technology, 2016; 70(2): 197-203. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12327>

38. Nunes CS, Baptista AO. Implicações da reação de Maillard nos alimentos e nos sistemas biológicos. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*. 2001; 96(538): 53-59. http://www.fmv.ulisboa.pt/spcv/PDF/pdf6_2001/Maillard.pdf
39. Karr-Lilienthal LK, Grieshop CM, Merchen NR, Mahan DC, Fahey Jr. GC. 2004. Chemical composition and protein quality comparisons of soybeans and soybean meals from five leading soybean-producing countries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2004; 52: 6193-6199. <https://doi.org/10.1021/jf049795>
40. Park YH, Kim HK, Kim HS, Lee HS, Shin IS, Whang KY. Effects of three different soybean meal sources on layer and broiler performance. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2002; 15(2):254-265. <https://doi.org/10.5713/ajas.2002.254>
41. Batal AB, Douglas MW, Engram AE, Parsons CM. Protein dispersibility index as an indicator of adequately processed soybean meal. *Poultry Science*. 2000; 79:1592-1596. <https://doi.org/10.1093/ps/79.11.1592>
42. Balloun, S. L. Soybean Meal in Poultry Nutrition. American Soybean Association, St. Louis, MO. 1980.
43. Căpriță A, & Căpriță R. Modification of the soluble protein content of heat-processed soybean flour. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2010; 8(2): 98-101. <https://doi.org/10.15835/nbha3824747>
44. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº13, de 30 de novembro de 2004. Regulamento técnico sobre aditivos para produtos destinados à alimentação animal. *Diário Oficial da União*. 01 de dezembro de 2004, Seção 3, p. 97.
45. Campos CFA, Rodriguês KF, Vaz RGMV, Giannes GC, Silva GF, Parente IP, Aline FA, Barbosa AFC, Silva MC, Fonseca FLR, Araújo CC, Silva VS, Silva JR, Silva EM, Campos ML, Machado SB. Enzimas fungicas em dietas com alimentos alternativos para frangos de crescimento lento. *Desafios: Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins*. 2017; 4(2): 35-53. <http://dx.doi.org/10.20873/uft.2359-3652.2017v4n2p35>
46. Barbosa NAA, Bonato MA, Sakomura NK, Dourado LeRB, Fernandes JBK, Kawauchi IM. Digestibilidade ileal de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com enzimas exógenas. *Comunicata Scientiae*. 2014; 5(4): 361-369. <https://doi.org/10.14295/cs.v5i4.460>
47. Delmaschio IB. Enzimas na alimentação de animais monogástricos. Revisão de literatura. *Revista Científica de Medicina Veterinária-UNORP*. 2018; 2:6-20. <http://public.unorp.br:8083/ojs/index.php/revmedvetunorp/article/view/31>
48. Nelson DL, & Cox MM. *Princípios de bioquímica de Lehninger*. 6a. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.
49. Yu B, Wu S, Liu C, Gauthier R, Chiou P. Effects of enzyme inclusion in a maize-soybean diet on broiler performance. *Animal Feed Science and Technology*. 2007; 134(3-4): 283-294. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.09.017>
50. Doskovic V, Bogosavljević-Bosković S, Pavlovski Z, Milošević B, Škrbić Z, Rakonjac S. Enzymes in broiler diets with special reference to protease. *Journal World Poultry Science*, 2013; 69(2): 343-359. <https://doi.org/10.1017/S0043933913000342>

51. Latham RE, Williams MP, Flores C, Masey O'Neill HV, York TW, Lee JT. Impact of variable corn nutrient content, AME prediction, and xylanase inclusion on growth performance. *Journal of Applied Poultry Research*, 2016; 25:338-351. <https://doi.org/10.3382/japr/pfw017>
52. Silva DM, Rodrigues DR, Gouveia ABVS, Mesquita SA, Santos FR, Minafra, CS. Carboidrases em rações de frangos de corte. *Pubvet*. 2016; 10(11): 795-872. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v10n11.861-872>
53. Andrade TS, Nunes RV, Wachholz L, Silva IM, Freitas DM. The effect of exogenous enzymes on the performance and digestibility of nutrients in broiler. *Semina: Ciências Agrárias*, 2018; 39(2): 711-718. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n2p711>
54. Mahmood T, Mirza MA, Nawaz H, Shahid M. Exogenous protease supplementation of poultry by-product meal-based diets for broilers: Effects on growth, carcass characteristics and nutrient digestibility. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2018; 102(1): 233-241. <https://doi.org/10.1111/jpn.12734>
55. Stefanello C, Vieira SL, Rios HV, Simões CT, Sorbara JOB. Energy and nutrient utilisation of broilers fed soybean meal from two different Brazilian production areas with an exogenous protease. *Animal Feed Science and Technology*. 2016; 221(Part B): 267-273. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.06.005>
56. Amerah AM, Romero LF, Awati A, Ravindran V. Effect of exogenous xylanase, amylase, and protease as single or combined activities on nutrient digestibility and growth performance of broilers fed corn/soy diets. *Poultry Science*. 2017; 96: 807-816. <https://doi.org/10.3382/ps/pew297>
57. Matterson LD, Potter LM, Stutz MW. The metabolizable energy of feed ingredient for chickens. Storrs, Connecticut, The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station. Research Report. 1965; 7(1): 11-14.
58. Sakomura, N. K. & Rostagno, H. S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 2ª. Edição. Jaboticabal: Funep, 2016. 262p.
59. Silva, D. J. & Queiroz, A. C. Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.
60. Rostagno HS, Albino LFT, Hannas MI, Donzele JL, Sakomura NK, Perazzo FG, Saraiva A, Teixeira ML, Rodrigues PB, Oliveira RF, Barreto SL, Brito CO. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2017.
61. Detmann E, Souza MA, Valadares Filho SC, Queiroz AC, Berchielli TT, Saliba EOS, Cabral LS, Pina DS, Ladeira MM, Azevêdo JAG. Métodos para análise de alimentos - INCT - Ciência Animal. 1.ed. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2012. 214p.
62. COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL, São Paulo: Sindirações, 2009.
63. Scottá BA, Albino LFT, Brustolini PC, Gomide APC, Campos PF, Rodrigues VV. Determinação da composição química e dos valores de energia metabolizável de alguns alimentos proteicos para frangos de corte. *Ciência Animal Brasileira*. 2016; 17(4): 501-508. <https://doi.org/10.1590/1089-6891v17i421347>
64. Zonta MCM, Rodrigues PB, Zonta A, Freitas RTF, Bertechini AG, Fialho ET, Pereira, CR. Energia metabolizável de ingredientes proteicos determinada pelo método de

- coleta total e por equações de predição. *Ciência e Agrotecnologia*. 2004; 28(6): 1400-1407. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542004000600024>
65. Bertechini AG, Kato RK, Freitas LFVB, Castro RTC, Mazzuco H. Metabolizable energy values of soybean meals and soybean oil for broilers at different ages. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 2019; 41: e44540. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v41i1.44540>
 66. Mateo CD, & Conejos JRV. Evaluation of the protein quality of soybean meals from different sources in broiler chicks fed with semi-purified diets. *Philippine Journal of Science*, 2009; 138(2): 153-159.
 67. García-Rebollar P, Blas C, Lázaro R, Cámara L, Mateos GG. Origin of the beans affects protein quality and nutritive value of commercial soybean meals. *Poultry Science*. 2014; 93:(Suppl. 1), 49.
 68. Slominski, B. A., & Campbell, L. D. Non-starch polysaccharides of canola meal: Quantification, digestibility in poultry and potential benefit of dietary enzyme supplementation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1990; 53(2): 175-184. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740530205>
 69. Kocher, A., Choct, M., Ross, G., Broz, J., Chung, T.K. Effects of enzyme combinations on apparent metabolizable energy of corn-soybean meal-based diets in broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 2003; 12(3): 275-283. <https://doi.org/10.1093/japr/12.3.275>
 70. Santos FR. Efeito da suplementação com fitase sobre o desempenho e digestibilidade de nutrientes para frangos de corte [Dissertação]. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista; 2005.
 71. Beski SSM, Swick RA, Iji PA. Specialized protein products in broiler chicken nutrition: A review. *Animal Nutrition*. 2015; 1(2): 47-53. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2015.05.005>
 72. Lima MR, Silva JHV, Araujo JA, Lima CB, Oliveira ERA. Enzimas exógenas na alimentação de aves. *Acta Veterinaria Brasilica*. 2007; 1(4): 99-110. <https://doi.org/10.21708/avb.2007.1.4.485>
 73. Fasina YO, Garlich JD, Classen HL, Ferket PR, Havenstein GB, Grimes JL, Qureshi MA, Christensen VL. Response of turkey poults to soybean lectin levels typically encountered in commercial diets. effect on growth and nutrient digestibility. *Poultry Science*. 2004; 83(9): 1559-1571. <https://doi.org/10.1093/ps/83.9.1559>
 74. Oxenboll KM, Pontoppidan K, Fru-Nji F. Use of a protease in poultry feed offers promising environmental benefits. *International Journal of Poultry Science*, 2011; 10(11): 842-848. <https://doi.org/10.3923/ijps.2011.842.848>
 75. Dourado LRB, Sakomura NK, Barbosa NAA, Bonato MA, Kawuachi IM, Fernandes JBK, Costa FGP. Corn and soybean meal metabolizable energy with the addition of exogenous enzymes for poultry. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 2009; 11(1): 51-55. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2009000100008>
 76. Douglas MW & Parsons CM. Effect of various soybean meal sources and avizyme on chick growth performance and ileal digestible energy. *Journal of Applied Poultry Research*. 2000; 9(1): 74-80. <https://doi.org/10.1093/japr/9.1.74>
 77. Stefanello C, Vieira SL, Santiago GO, Kindlein L, Sorbara JO, Cowieson AJ. Starch digestibility, energy utilization, and growth performance of broilers fed corn-soybean

basal diets supplemented with enzymes. Poultry Science. 2015; 94(10): 2472-2479.
<https://doi.org/10.3382/ps/pev244>

78. Frikha M, Serrano MP, Valencia DG, Rebollar PG, Fickler J, Mateos GG. Correlation between ileal digestibility of amino acids and chemical composition of soybean meals in broilers at 21 days of age. Animal Feed Science and Technology. 2012; 178(1-2): 103-11. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.09.002>