

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL E ENERGÉTICA DE DIFERENTES FONTES DE
CONCENTRADOS PROTEICOS DE SOJA PARA FRANGOS DE CORTE**

Breno Balabenute

**JABOTICABAL – SP
2025**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL E ENERGÉTICA DE DIFERENTES FONTES DE
CONCENTRADOS PROTEICOS DE SOJA PARA FRANGOS DE CORTE

Breno Balabenute

Orientador(a): Prof^a. Dr^a. Nilva Kazue Sakomura
Coorientadora: Me. Gabriela Iantorno de Souza

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias –
Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das
exigências para Graduação em Zootecnia.

JABOTICABAL – SP
2025

B171a	Balabenute, Breno Avaliação nutricional e energética de diferentes fontes de concentrados proteicos de soja para frangos de corte / Breno Balabenute. -- Jaboticabal, 2025 38 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientadora: Nilva Kazue Sakomura Coorientadora: Gabriela Iantorno de Souza 1. Nutrição animal. 2. Avicultura. 3. Concentrado proteico. 4. Frango de corte. I. Título.
-------	--

BRENO BALABENUTE

TÍTULO DO TRABALHO ACADÊMICO: AVALIAÇÃO NUTRICIONAL E ENERGÉTICA DE DIFERENTES FONTES DE CONCENTRADOS PROTEICOS DE SOJA PARA FRANGOS DE CORTE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Nilva Kazue Sakomura

Coorientador (se houver): Gabriela Iantorno de Souza

Área de Concentração: Nutrição animal com ênfase em avicultura

Data da defesa: 29/08/2025

(X) Aprovado

() Reprovado

Banca Examinadora:

Gabriela Iantorno de Souza

Me. Gabriela Iantorno de Souza

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Bruno Balbino Leme

Dr. Bruno Balbino Leme

Zootecnista

Audasley Tadeu Santos Fialho

Me. Audasley Tadeu Santos Fialho

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: / /

Prof. Dr. José Maurício Barbanti

Prof. Dr. José Maurício Barbanti

Chefe do Departamento

OFERECIMENTOS

Dedico este trabalho, primeiramente, a Deus, meu alicerce e guia em cada passo desta jornada. Em seguida, à minha família, em especial aos meus pais e ao meu irmão, que sempre me ofereceram apoio incondicional. Minha gratidão se estende, ainda, aos meus companheiros de estágio, que me auxiliaram em todo o processo de pesquisa e não mediram esforços para me apoiar durante essa etapa.

Gostaria de dedicar, também, este trabalho à Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal. Esta instituição me proporcionou uma sólida base educacional e excelentes docentes, fundamentais para a minha formação como profissional e para a conclusão bem-sucedida dos meus estudos.

AGRADECIMENTOS

Minha profunda gratidão à Deus pela dádiva da vida e pela saúde que me sustenta a cada dia, impulsionando-me a lutar pelo meu futuro. Agradeço por ser a força e o guia que me capacitaram a transcender limites e superar os desafios encontrados ao longo da minha jornada acadêmica, sempre com a certeza de que, com fé, tudo se concretiza.

Aos meus pais, Cesar e Elizangela, e ao meu irmão, Arthur, minha mais profunda gratidão. Vocês foram meu porto seguro e minha maior inspiração, apoiando-me e incentivando-me a cada passo rumo a este diploma de zootecnista. Serei eternamente grato por tudo o que construímos juntos desde o início da minha caminhada.

À República K-Bocanella, meu sincero obrigado. Por cinco anos, vocês foram mais do que uma morada, constituíram meu verdadeiro lar e refúgio durante toda a graduação. Cada companheiro que compartilhou essa casa se tornou um irmão, e juntos construímos uma segunda família, essencial para que essa jornada fosse mais leve e inesquecível. Minha gratidão se estende, ainda, à Regi, que, além de cuidar do nosso lar com tanto carinho, zelava por todos nós com imenso afeto.

Aos amigos que fizeram parte essencial da minha jornada acadêmica: Beatriz Colucci, Camila Kaneshiro, Gabriel Aguilar, Gabriel Junior, Isabela Clara, Laiane Cabral, Leticia Conceição, Natiele Oliveira e Victor Mazzi. A presença diária de vocês tornou este período mais leve. Agradeço por estarem sempre presentes e por me auxiliarem quando precisei de ajuda, fazendo desta fase uma experiência enriquecedora e inesquecível.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), registro minha sincera gratidão por ter sido o ambiente que me acolheu e formou ao longo desses anos. Sou imensamente grato pelas oportunidades de aprendizado, pelo ensino de qualidade e por todo o suporte oferecido durante minha graduação. Agradeço aos professores e colaboradores da instituição, que contribuíram para minha formação acadêmica e pessoal, permitindo que eu chegasse até aqui com conhecimento, maturidade e propósito.

À toda a equipe do Laboratório de Ciências Avícolas (LAVINESP), minha sincera gratidão. Um agradecimento especial à minha orientadora, Prof^a. Dr.^a Nilva Kazue Sakomura, e à minha coorientadora, Me. Gabriela Iantorno de Souza, cuja valiosa orientação e apoio contínuo foram fundamentais e tornaram este trabalho possível. Estendo meus agradecimentos a todos os membros do setor – funcionários, estagiários e membros da pós-graduação –, que, com seus ensinamentos, dedicação e amizade, contribuíram imensamente para a minha trajetória e desenvolvimento profissional no laboratório. Em especial, agradeço a Bruno Balbino, Pedro Gaio e Raully Lucas, pelo auxílio essencial em todas as etapas e pela amizade valiosa compartilhada.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dietas experimentais de 6 a 10 dias.	18
Tabela 2. Composição da dieta referência de 1 a 10 dias.	20
Tabela 3. Valores de energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn).....	23
Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade ileal de proteína bruta e aminoácidos dos concentrados proteicos de soja.	25
Tabela 5. Composição de aminoácidos totais (%) e digestíveis (%) dos concentrados proteicos de soja.	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma de processamento da soja para obtenção de óleo, farelo, concentrado proteico e melaço.	16
Figura 2. Principais etapas do processamento do grão de soja para obtenção do farelo de soja.	17

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVO	10
3. REVISÃO DA LITERATURA	11
3.1. Digestão e absorção dos nutrientes	11
3.2. Fatores que interferem no valor nutricional dos nutrientes	12
3.3. Valor Energéticos dos Alimentos	14
3.4. Digestibilidade e Disponibilidade de Aminoácidos	14
3.5. Fontes proteicas alternativas utilizadas na alimentação de aves.....	16
3.6. Processamento e fatores antinutricionais na soja	17
4. MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1. Local.....	19
4.2. Ensaio para determinar a digestibilidade de aminoácidos.....	19
4.2.1 Delineamento experimental e aves	19
4.2.2 Coleta ileal e processamento das amostras	20
4.2.3 Cálculos do coeficiente de digestibilidade ileal	21
4.3. Ensaio para determinar energia metabolizável	21
4.3.1 Delineamento experimental e aves	21

4.3.2 Coleta de excretas.....	22
4.3.3 Processamento e análise das excretas	22
4.3.4 Cálculos da EMA e EMAn.....	23
4.4. Análise Estatística	23
6. CONCLUSÃO.....	29
7. RESUMO.....	30
8. SUMMARY	31
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

1. INTRODUÇÃO

Os ingredientes que constituem a ração das aves, representam a parte mais onerosa de todo o processo produtivo, sendo assim, é fundamental elaborar uma ração que atenda de forma precisa às necessidades nutricionais, a fim de otimizar o desempenho dos frangos de corte e aumentar a eficiência na produção (Lemme *et al.*, 2004; Mello, 2009). Estabelecer a digestibilidade dos nutrientes e a energia nos componentes da ração é uma estratégia para garantir que os requisitos sejam adequadamente supridos, principalmente nas primeiras semanas de vida do pintinho, embora alguns aditivos ou ingredientes específicos possam ter um custo de inclusão mais elevado na ração, essa estratégia contribui para uma formulação a um menor custo (custo-benefício), pois a melhora na digestibilidade e absorção dos nutrientes pelo animal resulta em um melhor aproveitamento da dieta, reduzindo, em última instância, a quantidade de ração necessária para o ganho de peso e o custo por quilograma de carne produzida (Mello, 2009). Dentre os componentes da dieta, a fração proteica é a de maior impacto no custo final da formulação.

A proteína é, reconhecidamente, a fração de maior custo das dietas, sendo o farelo de soja o principal representante. Este insumo possui alto valor agregado devido não apenas ao seu excelente valor nutricional e composição de aminoácidos essenciais (como lisina, triptofano, treonina, isoleucina e valina), mas também por ser uma *commodity* de grande escala global, com seu preço fortemente influenciado pelo mercado internacional (Rostagno *et al.*, 2011). No entanto, o grão de soja contém uma série de fatores antinutricionais (FAN) que podem afetar a absorção e o metabolismo dos frangos, como inibidores de tripsina, hemaglutininas, ácido fítico, agentes bociogênicos, antivitaminas A e E, lipoxidase, saponinas, fatores alergênicos (glicina e β -conglucina) e oligossacarídeos (rafinose, estaquiose e verbascose) (Butolo, 2010). Durante o processo de produção do farelo de soja, muitos desses fatores antinutricionais são inativados pelo calor, permitindo que o produto mantenha seu alto valor nutricional, especialmente em relação aos níveis de aminoácidos (Cromwell, 1999).

A necessidade de utilizar fontes proteicas alternativas, como os concentrados proteicos de soja (CPS), que são derivados dos grãos integrais de soja, nas quais seus componentes como cascas, óleo, polissacarídeos não-amiláceos e as proteínas de

armazenamento, como as glicininas (11S) e as beta-conglicininas (7S), são extraídos do produto (Bellaver E Snizek, 1999; Bertol, 2000; Peisker, 2001). Porém, um dos entraves ao se trabalhar com ingredientes de origem vegetal são os fatores antinutricionais, que podem interferir na digestibilidade, absorção e utilização dos nutrientes presentes. Os CPS oferecem diversos benefícios, como menores quantidades de oligossacarídeos galactosídeos (rafinose, estaquiose e verbacose) que, em altas concentrações, podem causar diarreia nos animais, especialmente nos mais jovens. Além disso, os CPS apresentam níveis mais elevados de proteína bruta, aminoácidos digestíveis e energia metabolizável em comparação ao farelo de soja (FS). Essa concentração nutricional superior reduz a necessidade de inclusão de aminoácidos sintéticos e fontes energéticas (como o óleo) na ração, permitindo que os CPS se tornem uma excelente opção para dietas nas fases pré-inicial e inicial, nas quais a elevada exigência nutricional e digestibilidade são cruciais (Butolo, 2010).

Portanto, hipotetiza-se que pintinhos alimentados com dietas de substituição parcial do farelo de soja (FS) por concentrados proteicos de soja, apresentem melhor desempenho bioenergético e produtivo, evidenciado pelo melhor aproveitamento dos nutrientes.

2. OBJETIVO

Avaliar a energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) e o coeficiente de digestibilidade ileal de frangos de corte alimentados com diferentes fontes de concentrados proteicos de soja de 1 a 10 dias de idade.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Digestão e absorção dos nutrientes

O desenvolvimento inicial das aves é um processo complexo, influenciado por fatores como nutrição, linhagem, sexo e temperatura. O desafio central nos primeiros dias de vida é a transição da nutrição passiva, baseada nos lipídios e proteínas do saco vitelino, para uma nutrição ativa, dependente da digestão de carboidratos e proteínas de uma dieta sólida. Esse processo exige uma rápida maturação morfofisiológica do trato gastrointestinal (TGI). Este desenvolvimento ocorre em duas frentes principais: a digestiva (enzimática) e a absorptiva (estrutural) (Nitsan *et al.*, 1991; Dibner *et al.*, 1998; Uni *et al.*, 1998).

Primeiramente, a maturação digestiva refere-se à capacidade da ave em secretar as enzimas necessárias para a quebra dos macronutrientes. Ao nascer, as aves já possuem alguma capacidade de digerir carboidratos, como o amido (Moran Jr., 1985; Uni *et al.*, 1995). A amilase pancreática, por exemplo, já está ativa no 18º dia de incubação e atinge sua capacidade total por volta do quarto dia de idade (Chotinsky *et al.*, 2001; Uni *et al.*, 1995), permitindo que as aves digiram cerca de 85% do amido já aos quatro dias de idade (Noy e Sklan, 1995). Em contrapartida, a digestibilidade de lipídeos é notadamente baixa nas primeiras semanas, dependendo da maturação da secreção de enzimas como a lipase e dos sais biliares (Sell *et al.*, 1986; Whitehead & Fisher, 1975; Moran Jr, 1985).

Paralelamente, ocorre a maturação absorptiva, que é o desenvolvimento físico da mucosa intestinal para captar os nutrientes digeridos. O TGI passa por intensas modificações estruturais, como o aumento do comprimento das vilosidades intestinais, o aprofundamento das criptas e a expansão geral da mucosa (Iji *et al.*, 2001; Noy e Sklan, 2001; Mozdziak *et al.*, 2002). Funcionalmente, à medida que as aves envelhecem, a taxa de passagem do alimento pelo TGI diminui em até 30% nos primeiros dez dias. Essa redução no trânsito intestinal é crucial, pois favorece o tempo de contato das enzimas com o alimento (digestão) e dos nutrientes com as vilosidades (absorção), melhorando o aproveitamento geral da dieta (Noy e Sklan, 1995; Noy e Sklan, 1996; Sibbald, 1979).

Além da maturação fisiológica, a composição da dieta influencia diretamente esse processo. A presença de Polissacarídeos não amiláceos (PNAs), como os oligossacarídeos (rafinose e estaquiose) encontrados no farelo de soja, pode aumentar a viscosidade do conteúdo intestinal. Isso dificulta a interação entre as enzimas digestivas e os nutrientes, resultando em menor absorção e pior desempenho (Almirall *et al.*, 1995; Choct e Annison, 1992). Esta informação é particularmente relevante para este estudo, pois ingredientes como o Concentrado Proteico de Soja (CPS) são processados (extração aquosa ou alcoólica) justamente para remover grande parte desses PNAs, visando aumentar a digestibilidade e o valor nutricional do ingrediente para animais jovens.

Portanto, o valor nutricional de um ingrediente está intrinsecamente ligado à idade da ave, devido à maturação dos sistemas digestivo e absorptivo (Nitsan *et al.*, 1991; Moran Jr, 1985). O entendimento desses processos justifica por que os valores de energia e digestibilidade determinados em aves jovens, como no presente estudo, tendem a ser inferiores aos de aves mais velhas. Esta tendência é confirmada na literatura: Carvalho *et al.* (2011) e Queiroz *et al.* (2015) observaram que os valores de energia metabolizável do farelo de soja, milho e sorgo aumentaram com o avanço da idade dos frangos. Da mesma forma, Silva *et al.* (2020) demonstraram como os valores de EMAn e a digestibilidade de aminoácidos variam significativamente entre diferentes fontes proteicas e energéticas em frangos de corte aos 14 dias de idade.

3.2. Fatores que interferem no valor nutricional dos nutrientes

O valor nutricional dos ingredientes está intrinsecamente ligado à sua composição química, à digestibilidade e disponibilidade dos nutrientes que contêm, e à sua densidade energética. Esses elementos são fundamentais para o balanceamento preciso das rações, pois determinam diretamente a eficiência com que os animais conseguirão aproveitar os nutrientes para seu desenvolvimento e produção (Rostagno *et al.*, 2017).

Outro fator é a idade, que exerce grande influência no processo de digestão, por estar relacionada à maturação dos órgãos do sistema digestivo, incluindo a produção de enzimas digestivas e a passagem intestinal, sobretudo a taxa de passagem do alimento (Nitsan *et al.*, 1991). O entendimento dos processos de maturação intestinal e enzimática facilita a formulação de dietas que atendam melhor às necessidades de aves em diferentes

fases de crescimento (Moran Jr, 1985). Essas adaptações visam maximizar o desempenho e a eficiência nutricional, resultando em uma produção avícola mais econômica e rentável.

Carvalho *et al.* (2011), avaliaram o efeito da idade (de 11 a 42 dias) em frangos sobre o valor energético do farelo de soja e observaram que os valores de energia metabolizável, os balanços de nitrogênio e os coeficientes de metabolização dos nutrientes da dieta-teste aumentaram com a idade do frango de corte. Esta melhoria é atribuída à maturação fisiológica do trato gastrointestinal (TGI), que inclui o aumento da secreção de enzimas digestivas (como amilase e lipase), o desenvolvimento estrutural da mucosa (aumento da altura das vilosidades) e a diminuição da taxa de passagem, permitindo um maior tempo para a digestão e absorção dos nutrientes (NITSAN *et al.*, 1991; Noy E Sklan, 1995). Já Queiroz *et al.* (2015), avaliaram o valor nutricional de milho e sorgo para frangos corte em idade inicial e de abate, sendo que, as aves em idade de abate apresentaram maiores valores de energia metabolizável aparente e energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio, de digestibilidade do nitrogênio e do extrato etéreo. Em estudos realizado por Silva *et al.* (2020) em frangos de corte aos 14 dias com dietas de coprodutos de trigo e de farinhas de origem animal, houve alteração no valor de energia metabolizável e coeficientes de digestibilidade de acordo com a fonte (energética e proteica) a ser usada, sendo os valores de EMAn do farelo de trigo, do farelo de glúten de trigo, da farinha de carne e ossos e da farinha de vísceras de aves foram de 3052, 3174, 1556 e 3200 kcal/kg, respectivamente e as médias dos coeficientes de digestibilidade ileal standardizada dos aminoácidos essenciais e não essenciais do farelo de trigo, do farelo de glúten de trigo, da farinha de carne e ossos e da farinha de vísceras de aves foram de 74,21, 97,50, 69,28 e 83,08; 76,32, 96,42, 63,93 e 77,66, respectivamente.

A digestibilidade de lipídeos também é sensível à idade das aves, sendo geralmente baixa nas primeiras semanas de vida e aumentando gradativamente (Sell *et al.*, 1986; Whitehead & Fisher, 1975). Esse processo é impactado pela maturação dos órgãos e células responsáveis pela digestão e absorção de gorduras, além da adaptação ao tipo e composição dos alimentos fornecidos. O desenvolvimento da produção e liberação de enzimas digestivas é essencial para o aproveitamento ideal dos lipídios na dieta,

influenciando a eficiência de absorção e, conseqüentemente, o desempenho (Moran Jr, 1985).

3.3. Valor Energéticos dos Alimentos

A energia é o componente mais limitante e oneroso na formulação de dietas para aves, sendo fundamental para o crescimento e as suas funções metabólicas (Rostagno *et al.*, 2017). Para determinar o valor energético dos ingredientes, são empregados ensaios de metabolismo, que permitem mensurar a energia metabolizável aparente (EMA) e a energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn). A EMA representa a energia bruta do alimento subtraída das perdas nas excretas (fezes e urina). Entretanto, a utilização da EMAn é amplamente recomendada, especialmente para ingredientes com alto teor proteico como os concentrados de soja, pois ela oferece uma estimativa mais precisa da energia realmente disponível para a ave (Sakomura; Rostagno, 2016). Isso ocorre porque a EMAn corrige a energia considerando o balanço de nitrogênio no corpo da ave. Essa correção é particularmente crucial em frangos jovens, como os utilizados neste estudo (1 a 10 dias de idade), nos quais a intensa renovação tecidual, a alta taxa de deposição proteica e a elevada excreção de nitrogênio endógeno podem levar a uma superestimação da energia quando não corrigida (Bregendahl *et al.*, 2002; Sibbald & Wolynetz., 1985). Ao descontar o nitrogênio de origem metabólica e endógena, a EMAn evita essa superestimação, tornando-se um parâmetro mais confiável para a formulação de dietas durante a fase inicial de crescimento.

Portanto, os valores de energia metabolizável determinados para diferentes fontes de concentrados proteicos de soja refletem não apenas suas características físico-químicas, mas também as particularidades e limitações digestivas das aves em fase inicial de desenvolvimento. A superioridade nos valores de EMA e EMAn que podem ser encontrados, podem sugerir uma maior biodisponibilidade de seus nutrientes energéticos, o que pode ser decisivo para atender às elevadas e críticas exigências nutricionais nos primeiros dias de vida (Rostagno *et al.*, 2011).

3.4. Digestibilidade e Disponibilidade de Aminoácidos

A digestibilidade dos aminoácidos (AAs) nas rações para aves e outros monogástricos é um indicador crucial da disponibilidade biológica das proteínas, sendo

medida pela quantidade de aminoácidos nas excretas ou do material coletado do íleo e subtraindo-se esses valores dos níveis de aminoácidos ingeridos (Sakomura; Rostagno, 2016). Em frangos de corte, uma dieta bem balanceada que forneça adequadamente esses aminoácidos é essencial para o metabolismo e o crescimento. Para tanto, é necessário avaliar a digestibilidade dos ingredientes da ração, sendo utilizada a metodologia da digestibilidade ileal dos aminoácidos, que analisa o conteúdo digerido em frangos de corte em crescimento (Columbus e De Lange, 2012). Medir a digestibilidade aparente dos aminoácidos por meio das excretas, embora seja uma prática comum, tem sido questionado. Esse método não distingue os aminoácidos excretados de fontes não dietéticas, como as perdas endógenas (PEE). Para obter dados mais precisos, é importante quantificar essas perdas endógenas (que seriam as quantidades de nutrientes que são excretados pelo animal, mais que não são de origem alimentar), o que leva à necessidade de valores de digestibilidade verdadeira, em vez dos aparentes (Short *et al.*, 1999).

A literatura científica demonstra que a composição da dieta influencia as perdas endógenas em aves. Estudos de Parsons *et al.* (1983), Sibbald (1986) e Twombly e Meyer (1961), realizados com dietas contendo milho, farelo de soja e outros cereais, indicam que componentes como os carboidratos complexos (pentosanas) e o alto teor de fibras podem aumentar essas perdas, isso ocorre porque a fibra insolúvel causa um efeito abrasivo que acelera a descamação das células da mucosa intestinal, enquanto fibras solúveis (como as pentosanas) aumentam a viscosidade da digesta, aprisionando enzimas e mucina e impedindo sua reabsorção. Consequentemente, isso impacta a digestibilidade dos aminoácidos (Green, 1988). Contudo, a relação exata entre fibra e a redução da digestibilidade ainda é debatida, com pesquisas como a de Angkanaporn *et al.* (1994) sugerindo que o efeito pode ser mais pela menor digestibilidade dos aminoácidos do que por uma maior secreção endógena.

A digestibilidade ileal, realizada no Terço final do íleo, apresenta uma vantagem significativa em relação à análise das excretas, que é mais suscetível a interferências, como a ação da microflora e contaminação por compostos nitrogenados da urina (Ravindran, V. 1999). A digestibilidade ileal pode ser categorizada como aparente, que inclui aminoácidos dietéticos não digeridos e as perdas endógenas ou padronizada, que corrige os valores de digestibilidade aparente pelas perdas endógenas (Sakomura & Rostagno, 2016). Os coeficientes padronizados de digestibilidade ileal de aminoácidos

são preferidos nas formulações de ração, pois oferecem maior precisão e aditividade na composição nutricional, contribuindo para a eficiência das dietas para frangos de corte (Lemme *et al.*, 2004).

3.5. Fontes proteicas alternativas utilizadas na alimentação de aves

O uso de alimentos alternativos na dieta dos animais requer o conhecimento de sua composição nutricional, para garantir que os animais recebam os nutrientes necessários sem afetar o desempenho produtivo, visto que, dietas desbalanceadas, seja por deficiências, excessos ou desequilíbrios de nutrientes, comprometem o ganho de peso e pioram a conversão alimentar, afetando diretamente os custos de produção (Brum *et al.*, 2000). Por isso, é importante analisar os nutrientes dos ingredientes usados nas rações, e levar em consideração a parte que não é absorvida e disponibilizada (digestibilidade). Sendo assim, a análise bromatológica e a determinação da composição nutricional dos ingredientes tornam-se essenciais nesse processo (Lima *et al.*, 1989).

Os subprodutos industriais ou agrícolas têm ganhado destaque nas pesquisas por apresentarem um menor custo em relação aos alimentos convencionais e por não competirem diretamente com a alimentação humana. Além disso, esses subprodutos frequentemente são descartados pelas agroindústrias, o que gera um impacto ambiental considerável. Assim, o uso desses subprodutos, como resíduos da agroindústria, reduz custos e minimiza o potencial poluente (Moura *et al.*, 2010). Produtos como grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS), casca de soja, farelos de trigo e arroz, sorgo, milheto, e quirera de arroz são exemplos de insumos com potencial para substituir parcialmente esses ingredientes. Esses subprodutos fornecem nutrientes adequados, mantendo o desempenho produtivo e reduzindo os custos das dietas (Andrade *et al.*, 2021; Marques *et al.*, 2007; Souza, 2018;). Apesar dos bons valores nutricionais, muitos ingredientes alternativos utilizados na alimentação de aves contêm fatores antinutricionais, como polissacarídeos não amiláceos (PNA's) e ácido fítico, que podem comprometer o desempenho produtivo (Poernama, 2019; Walk, 2019.). Dessa forma, a avaliação e o processamento adequado desses ingredientes são cruciais para potencializar o aproveitamento nutricional e favorecer a performance animal.

3.6. Processamento e fatores antinutricionais na soja

Devido sua importância como fonte proteica nas rações, a soja contém fatores antinutricionais, como inibidores de tripsina e lectinas, que interferem na digestibilidade em suínos e aves, comprometendo o desempenho produtivo (Nunes *et al.*, 2001; Brito *et al.*, 2006). Esses fatores dificultam a ação das enzimas digestivas e podem danificar a mucosa intestinal, resultando em menor aproveitamento dos nutrientes e redução da eficiência zootécnica. Para aumentar o valor nutritivo da soja e reduzir os efeitos dos fatores antinutricionais, são utilizadas técnicas como o melhoramento genético e o processamento térmico ou enzimático (Goebel E Stein, 2011; González-Vega *et al.*, 2013; Kapelski *et al.*, 2018). O melhoramento genético tem como objetivo desenvolver cultivares com menores teores de inibidores de tripsina e oligossacarídeos (Karr-Lilienthal *et al.*, 2005; Goebel E Stein, 2011), enquanto os tratamentos térmicos e com enzimas reduzem significativamente esses compostos durante o processamento (Singh *et al.*, 2014). O farelo de soja, resultante da remoção do óleo por extrusão ou extração com solvente, é amplamente utilizado na alimentação animal por seu elevado teor proteico e perfil de aminoácidos essenciais, sendo considerado uma das principais fontes proteicas para suínos e aves (Stein *et al.*, 2008). As principais etapas de processamento do grão de soja para obtenção do farelo são detalhadas na Figura 1. A extrusão destaca-se como um dos processos mais eficazes para inativar os FAs da soja, aumentando sua digestibilidade. Outro processo, a extração com solventes, produz óleo degomado, removendo fosfatídeos e proteínas indesejáveis, o que torna o óleo mais adequado para alimentação animal (Dallmann *et al.*, 2010). Dessa forma, as práticas de processamento visam aprimorar a soja como ingrediente nutricional na dieta animal, aumentando seu valor e reduzindo os impactos dos antinutrientes.

A soja continua sendo uma opção importante para alimentar monogástricos devido à sua qualidade proteica, mas requer processamento térmico para neutralizar os Fas, conforme ilustrado na Figura 2.

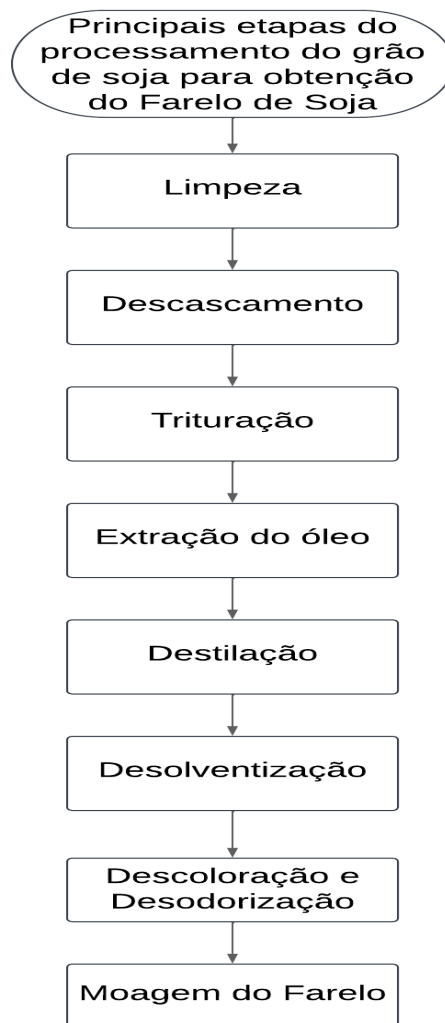


Figura 1. Principais etapas do processamento do grão de soja para obtenção do Farelo de Soja.

Fonte: Adaptado de AgroBusiness (2024).

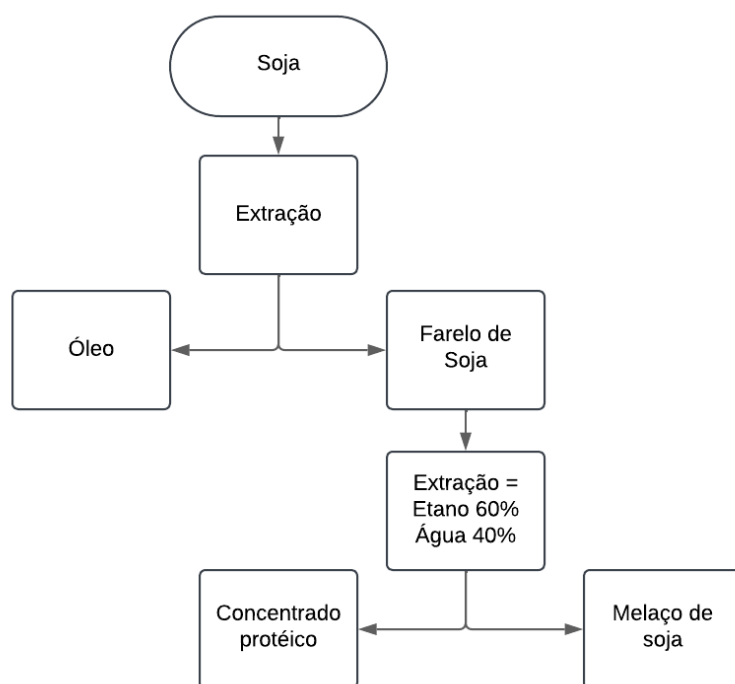


Figura 2. Fluxograma de processamento da soja para obtenção do concentrado proteico.

Fonte: Adaptado de Siqueira (2007)

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Ciências Avícolas – LAVINESP, situado na Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal – FCAV. Todos os procedimentos experimentais realizados foram aprovados pelo Comitê de Ética no uso de animais da Universidade sob número do protocolo CEUA 2220/2024.

4.2. Ensaio para determinar a digestibilidade de aminoácidos

4.2.1 Delineamento experimental e aves

Foram utilizados 960 pintos de corte de um dia, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e oito repetições de 40 aves cada. Os tratamentos foram: 1) Dieta livre de proteína (DIP); 2) 40% de substituição do amido da

DIP pelo concentrado CPS1; 3) 40% de substituição do amido da DIP pelo produto CPS2. As aves receberam uma dieta comum até os cinco dias de idade e no sexto dia começaram a receber as dietas testes (Tabela 01), contendo titânio.

Tabela 01. Dietas experimentais de 6 a 10 dias.

Ingredientes	DIP, %
Amido	77,00
Açúcar	6,50
Carbonato de potássio	0,60
Óleo	4,75
Fosfato bicálcico	2,43
Calcário	0,81
Sal	0,34
Bicarbonato de sódio	0,32
Premix mineral	0,10
Premix vitamínico	0,10
Colina	0,05
Titânio	0,50
Inerte	6,50
TOTAL	100,0
Composição nutricional	
EM kcal/kg	3383
PB, %	0,00
Ca, %	0,90
P disponível, %	0,45
K, %	0,338
Na, %	0,22
Cl, %	0,20

4.2.2 Coleta ileal e processamento das amostras

Imediatamente após o abate, o íleo foi exposto por incisão abdominal e separado 2/3 finais para se realizar a coleta do conteúdo através do método de flushing (lavagem com água destilada). Cada unidade experimental foi composta pelo conteúdo ileal das 40 aves eutanasiadas.

As amostras coletadas foram acondicionadas em freezer e posteriormente secas por liofilização a vácuo a temperatura de -60°C por cinco dias. Após o período, as amostras foram moídas em moinho de bola e analisadas quanto aos teores de matéria seca, titânio

e energia, no Lavinesp, e uma quantidade enviada para Laboratório Risco Análises Químicas para quantificar o conteúdo de aminoácidos.

4.2.3 Cálculos do coeficiente de digestibilidade ileal

Os cálculos dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDa) e padronizada de aminoácidos (CDp) foram realizadas por meio das fórmulas (Ravindran *et al.*, 2014).

$$CDa (\%) = [(AA_{dieta} (MS, \%) / TiO_{2dieta} (\%)) - (AA_{digesta} (MS, \%) / TiO_{2digesta} (\%))] / (AA_{dieta} (MS, \%) / TiO_{2dieta} (\%))$$

$$PEB_{AA} (g/kgMS) = AA_{digesta} (g/kgMS) * (TiO_{2dieta} (g/kgMS) / TiO_{2digesta} (g/kgMS))$$

$$CDp (\%) = CDa (\%) + ((PEB_{AA} (g/kgMS)) / AA_{dieta} (g/kgMS)) * 100$$

Onde, TiO_{2dieta} e $TiO_{2digesta}$ são os valores de dióxido de titânio na dieta e digesta, respectivamente. PEB_{AA} é a perda endógena de aminoácidos.

4.3. Ensaio para determinar energia metabolizável

4.3.1 Delineamento experimental e aves

Foram utilizados 720 pintos de corte de um dia, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e oito repetições de 30 aves cada. Os tratamentos serão: 1) Dieta referência, de acordo com Rostagno, formulada para atender as exigências nutricionais das aves; 2) 40% de substituição da dieta referência pelo concentrado CPS1; 3) 40% de substituição da dieta referência pelo concentrado CPS2 (Tabela 02).

Tabela 02. Composição da dieta referência de 1 a 10 dias.

Ingredientes	Dieta referência, %
Milho 7,86%	58,15
Farelo de soja 45%	35,56
Óleo de soja	2,09
Fosfato bicálcico	1,97
Calcário	0,75
Sal comum	0,52
Premix mineral	0,10
Premix vitamínico	0,10
Metionina	0,34
Lisina	0,21

Treonina	0,12
Valina	0,02
Colina	0,05
TOTAL	100,0
Composição nutricional	
EM kcal/kg	2975
PB, %	21,2
Ca, %	0,90
P disponível, %	0,45
K, %	0,83
Na, %	0,22
Cl, %	0,42
Lisina, %	1,22
Metionina, %	0,62
Metionina + Cistina, %	0,91
Treonina, %	0,83
Triptofano, %	0,23
Arginina, %	1,30
Gly +Ser	1,68
Valina, %	0,89
Isoleucina, %	0,81
Leucina, %	1,64
Histidina, %	0,50

4.3.2 Coleta de excretas

As aves foram alojadas em gaiolas de metabolismo e receberam as dietas experimentais desde o primeiro dia até o quinto dia de idade para adaptação. Do sexto ao décimo dia, o consumo de ração foi contabilizado e as excretas coletadas. Para a coleta de excretas, bandejas de alumínio revestidas por plástico foram colocadas sob as gaiolas. A coleta foi realizada em dois períodos as 08:00h e as 16:00h. Após as coletas, as excretas foram armazenadas em sacos plásticos por parcela em freezer -20°C.

4.3.3 Processamento e análise das excretas

Após o descongelamento das excretas coletadas, foram homogeneizadas para retirada de uma amostra de cada unidade experimental, sendo essas secas em estufa de ventilação forçada a 55°C, por 72 horas, para se determinar a primeira matéria seca.

Em seguida, as amostras foram moídas em moinho de bola, assim como as amostras de ração, e encaminhadas ao Laboratório de Bromatologia do Lavinesp para determinação de matéria seca, nitrogênio e energia bruta, conforme os procedimentos descritos pela AOAC (1997).

4.3.4 Cálculos da EMA e EMAn

Com base nos dados de consumo de ração, produção de excretas, análises de matéria seca, nitrogênio e energia bruta das rações e excretas, foi determinada a energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), utilizando as equações propostas por Matterson et al. (1965):

Energia metabolizável aparente (EMA)

EMA ração referência = $(EB_{\text{ingerida}} - Eb_{\text{excretada}})/MS_{\text{ingerida}}$

EMA ração teste = $(EB_{\text{ingerida}} - Eb_{\text{excretada}})/MS_{\text{ingerida}}$

EMA produto teste = $EMA_{\text{ref}} + (EMA_{\text{teste}} - EMA_{\text{ref}})/(g \text{ Alimento} / g \text{ ração})$

Energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn)

$BN = N_{\text{ingerido}} - N_{\text{excretado}}$

EMAn ração referência = $(EB_{\text{ingerida}} - Eb_{\text{excretada}} - 8,22 \cdot BN)/MS_{\text{ingerida}}$

EMA ração teste = $(EB_{\text{ingerida}} - Eb_{\text{excretada}} - 8,22 \cdot BN)/MS_{\text{ingerida}}$

EMA produto teste = $EMA_{\text{ref}} + (EMA_{\text{teste}} - EMA_{\text{ref}})/(g \text{ Alimento} / g \text{ ração})$.

4.4. Análise Estatística

Os dados foram testados quanto a homogeneidade e normalidade dos erros e, posteriormente, foi realizada análise de variância utilizando o procedimento GLM no software SAS versão 9.4. Para a comparação de médias foi utilizado o teste de Tukey com significância de 5%.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observado que a energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) do Concentrado Proteico de Soja 1 (CPS1) apresentou valores superiores em comparação ao Concentrado Proteico de Soja 2 (CPS2), conforme apresentados na Tabela 03.

Tabela 03. Valores de energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn).

Tratamentos	EMA (kcal/kg)	EMAn (kcal/kg)
CPS1	2.490a	2.283a

CPS2	2.116b	1.948b
p-valor	<0,05	<0,05
CV (%)	7,38	6,68

Na coluna médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Student a 5% de probabilidade; EMA: energia metabolizável aparente, pelo método da coleta total; EMAn: energia metabolizável aparente corrigida, pelo método da coleta total.

Os valores de EMA (2.490 kcal/kg) e EMAn (2.283 kcal/kg) para o CPS1 (Tabela 03) foram inferiores aos preconizados em tabelas de composição de alimentos, como as de Rostagno et al. (2024). Esta diferença é esperada, visto que o ensaio foi conduzido com aves muito jovens (1 a 10 dias de vida), período em que há intensa maturação do trato gastrointestinal (TGI) e do sistema enzimático.

Conforme a literatura, a capacidade digestiva e absorviva de pintos nos primeiros dias pós-eclosão é limitada quando comparada à de aves mais velhas (Nitsan et al., 1991; Noy E Sklan, 1995; Uni et al., 1998). Esta limitação funcional deve-se, em grande parte, à imaturidade enzimática, caracterizada pela baixa secreção de enzimas digestivas como tripsina, amilase e lipase. Essa baixa atividade enzimática limita a digestão de compostos complexos e reduz a eficiência digestiva geral (Uni et al., 1998; Noy; Sklan, 1995), influenciando diretamente o aproveitamento dos nutrientes e justificando os menores valores de energia metabolizável encontrados neste estudo.

A diferença nos valores de energia metabolizável entre os concentrados proteicos de soja testados pode ser atribuída não apenas às variações em sua composição química, mas, crucialmente, ao processamento térmico e físico diferenciado a que foram submetidos. O processamento da soja é fundamental para inativar fatores antinutricionais e otimizar a digestibilidade dos nutrientes. Esta inferência é fundamentada no fato de que a soja *in natura* contém fatores antinutricionais (FANs), como inibidores de tripsina e lectinas, que comprovadamente interferem na digestibilidade e comprometem o desempenho de aves (Brito et al., 2006). A literatura demonstra que técnicas de processamento, como o tratamento térmico, são aplicadas justamente para neutralizar esses FANs (Goebel E Stein, 2011; González-Vega et al., 2013). Processos como a extrusão, por exemplo, são eficazes em inativar os FANs, aumentando a digestibilidade

da soja (Singh *et al.*, 2014). Portanto, é plausível que as diferenças de processamento entre o CPS1 e o CPS2 tenham resultado em diferentes graus de inativação de FANs, o que explica as diferenças observadas nos valores energéticos.

A superioridade observada na EMA e EMAn do CPS1 (Tabela 03) reflete, provavelmente, diferenças na sua composição química final, que é uma consequência direta do método de obtenção de cada produto.

O valor energético de um concentrado proteico de soja é influenciado por dois fatores principais: o teor de óleo residual (extrato etéreo) e o perfil de carboidratos (Stein *et al.*, 2008; Rostagno *et al.*, 2017). Embora o objetivo principal do ingrediente seja fornecer aminoácidos digestíveis para uma fase que os requer intensamente, a sua contribuição energética (via óleo) é um fator secundário decisivo na formulação. A maior densidade energética do CPS1 sugere que seu processo de fabricação pode reter um maior teor de óleo residual, o que por si só eleva os valores de EMA e EMAn.

Adicionalmente, o processamento da soja visa remover componentes indesejáveis, especificamente os Polissacarídeos Não Amiláceos (PNAs) solúveis e os oligossacarídeos (como rafinose e estaquiose), que são conhecidos por reduzir a disponibilidade de energia. Embora um certo nível de fibra insolúvel possa ser benéfico para a motilidade e desenvolvimento do TGI em aves jovens, a remoção eficiente desses carboidratos de baixo valor energético é fundamental (Choct *et al.*, 1996; Karr-Lilienthal *et al.*, 2005; Siqueira, 2007).

Portanto, é plausível que o processo de fabricação do CPS1 tenha sido mais eficaz em maximizar o valor energético, seja por uma maior retenção de óleo ou por uma remoção mais eficiente de carboidratos não digestíveis (Bellaver & Snizek, 1999; Siqueira, 2007), explicando sua superioridade energética em relação ao CPS2 para frangos jovens.

A avaliação da digestibilidade da proteína bruta (PB) é utilizada como um indicador inicial da qualidade proteica de um ingrediente. Contudo, uma análise mais aprofundada da digestibilidade dos aminoácidos individuais é fundamental, visto que a PB pode ter uma digestibilidade total considerada boa, mas ainda assim ser deficiente em aminoácidos essenciais limitantes para o animal (Sakomura; Rostagno, 2016). Nos presentes resultados, não houve diferenças significativas na digestibilidade da proteína bruta e da maioria dos aminoácidos, exceto para treonina e triptofano.

Os coeficientes de digestibilidade ileal da treonina e triptofano foram maiores no CPS1 (82,85% e 82,90%, respectivamente) em comparação ao CPS2 (63,97% e 79,80%, respectivamente) (Tabela 04), indicando melhor disponibilidade desses aminoácidos essenciais no CPS1. Esses resultados indicam que, embora os dois concentrados apresentem digestibilidades semelhantes para a maioria dos aminoácidos e para a proteína bruta, o CPS1 possui uma vantagem que pode influenciar positivamente o desempenho animal.

Essa vantagem do CPS1 é metabolicamente relevante. A treonina é considerada o terceiro aminoácido limitante nas dietas, tendo grande importância para manutenção, e por participar em altos níveis na proteína endógena em relação a outros aminoácidos essenciais (Fuller, 1991). O triptofano, por sua vez, é frequentemente o quarto limitante e atua como precursor do neurotransmissor serotonina, que regula o consumo de ração, o comportamento e a resposta ao estresse (Deponti *et al.*, 2007, p. 1328).

Tabela 04. Coeficientes de digestibilidade ileal de proteína bruta digestível e aminoácidos dos concentrados proteicos de soja.

PB/AA's	CPS1 (%)	CPS2 (%)	p-valor	CV (%)
PB	76,6	75,8	0,71	5,24
MET	85,21	84,54	0,50	1,90
MET + CIS	73,50	68,27	0,10	8,59
LIS	83,04	82,22	0,62	3,22
THR	82,85 ^a	63,97 ^b	<0,05	8,20
TRP	82,90 ^a	79,90 ^b	<0,05	3,11
VAL	79,42	78,00	0,40	3,84
ILE	77,05	76,42	0,71	3,99
ARG	87,60	85,91	0,17	2,61
LEU	78,91	78,45	0,77	3,74
FEN + TIR	83,51	80,53	0,29	6,74
FEN	81,77	81,07	0,68	4,24
TIR	78,58	78,58	0,99	3,88
HIS	78,86	78,35	0,81	5,30

SER	76,69	74,08	0,25	5,40
GLU	83,48	83,04	0,75	3,29
ASP	79,13	77,77	0,58	6,16
PRO	75,46	73,30	0,29	4,96
ALA	77,13	76,99	0,89	5,90
GLI	75,91	75,89	0,99	4,55
CIS	63,26	60,75	0,19	9,18

A literatura indica que a digestibilidade da treonina e do triptofano é particularmente sensível à presença de fatores antinutricionais (FANs) e, conseqüentemente, à eficácia do processamento térmico (Brito *et al.*, 2006; Goebel E Stein, 2011). Portanto, uma hipótese para o fato de o CPS1 apresentar maior digestibilidade desses aminoácidos, comparado ao CPS2, é que seu método de fabricação pode ter resultado em uma inativação mais eficiente dos FANs que comprometem esses aminoácidos específicos. Isso é relevante, pois a treonina é um aminoácido essencial para a integridade da mucosa intestinal e o desenvolvimento das vilosidades, estruturas cruciais para a absorção eficiente de nutrientes em aves jovens (Mao *et al.*, 2011). Da mesma forma, o triptofano, além de sua função na síntese proteica, está diretamente associado à regulação do apetite, função imunológica e síntese de neurotransmissores, aspectos vitais para o bem-estar e o desempenho produtivo na fase inicial (Apajalathi & Vienola, 2016; Batal & Parsons, 2002; Stein et al., 2008; Gomes *et al.*, 2008). A melhor disponibilidade desses aminoácidos específicos no CPS1, portanto, indica um potencial superior para atender às demandas fisiológicas críticas de frangos de corte jovens.

Tabela 5. Composição de aminoácidos totais (%) e digestíveis (%) dos concentrados proteicos de soja.

	CPS1		CPS2	
	Total	Digestível	Total	Digestível
MET	0,53	0,45	0,58	0,49
MET + CYS	1,00	0,74	1,08	0,73
LYS	3,28	2,72	3,38	2,77
THR	1,70	1,41	1,73	1,10
TRP	0,80	0,66	0,75	0,60

VAL	2,30	1,83	2,40	1,87
ILE	2,23	1,71	2,33	1,78
ARG	3,60	3,15	3,78	3,24
LEU	3,28	2,58	3,43	2,69
PHE + TYR	4,05	3,38	4,20	3,38
PHE	2,40	1,96	2,48	2,01
TYR	1,65	1,30	1,73	1,36
HYS	1,05	0,83	1,10	0,86
SER	2,73	2,09	2,80	2,07
GLU	9,58	7,99	9,80	8,14
ASP	6,15	4,87	6,23	4,84
PRO	2,35	1,77	2,43	1,78
ALA	2,10	1,62	2,15	1,66
GLY	2,18	1,65	2,23	1,69
CYS	0,48	0,30	0,50	0,30

A composição de aminoácidos totais (Tabela 05) não apresentou diferenças estatísticas entre os concentrados. No entanto, ao avaliar os teores de aminoácidos digestíveis, observa-se que o CPS2 apresenta uma redução considerável na disponibilidade de treonina (1,10% no CPS2 contra 1,41% no CPS1) e triptofano (0,60% no CPS2 contra 0,66% no CPS1). Esta diferença no teor digestível é um reflexo direto do coeficiente de digestibilidade ileal (Tabela 04), que foi significativamente menor no CPS2 para esses dois aminoácidos. Embora a digestibilidade da maioria dos aminoácidos e da própria proteína bruta tenha sido semelhante entre os concentrados (Tabela 04), a menor disponibilidade específica de treonina e triptofano digestíveis no CPS2 é o fator crítico, podendo comprometer a eficiência de utilização proteica e, conseqüentemente, o desempenho produtivo dos animais.

Portanto, os dados obtidos neste estudo reforçam que a escolha de ingredientes proteicos para rações iniciais deve considerar não apenas o teor de proteína bruta, mas principalmente os coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos, os valores de energia metabolizável e a qualidade do processamento. Esses fatores são especialmente críticos na primeira semana de vida, quando o sistema digestório das aves ainda está em desenvolvimento. A justificativa para a maior biodisponibilidade do CPS1 fundamenta-se na importância metabólica dos aminoácidos que apresentaram diferença. Conforme discutido, a treonina não é vital apenas para a síntese proteica, mas é o principal componente da mucina, essencial para a integridade da barreira intestinal. O triptofano, por sua vez, atua como precursor da serotonina, regulando o apetite e a resposta ao

estresse. A digestibilidade drasticamente menor da treonina no CPS2 (63,97%) significa que uma quantidade substancial deste aminoácido não está biodisponível para o animal, o que pode comprometer a saúde intestinal e a eficiência alimentar logo nos primeiros dias de vida.

6. CONCLUSÃO

Conclui-se que o Concentrado Proteico de Soja 1 apresentou um perfil nutricional superior ao CPS2, com maior energia metabolizável e melhor digestibilidade de treonina e triptofano.

Embora esta vantagem seja mais crítica na fase inicial (1-10 dias), a decisão de uso do CPS1 ou CPS2 em qualquer fase produtiva é econômico-estratégica. Ela deve ponderar o custo de aquisição do CPS1 contra o custo do CPS2 acrescido da suplementação necessária, como aminoácidos cristalinos, para corrigir suas deficiências nutricionais.

7. RESUMO

O presente estudo objetivou avaliar a energia metabolizável aparente (EMA), a energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) e o coeficiente de digestibilidade ileal dos aminoácidos de diferentes fontes de concentrados proteicos de soja (CPS) para frangos de corte na fase inicial (1 a 10 dias de idade)¹. Foram utilizados 960 pintos para o ensaio de digestibilidade ileal de aminoácidos e 720 pintos para o ensaio de energia metabolizável, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e oito repetições². Os tratamentos consistiram em dietas formuladas com o Concentrado Proteico 1 (CPS1) e o Concentrado Proteico 2 (CPS2), além de uma dieta referência ou dieta livre de proteína³. Os ensaios foram conduzidos com aves de 1 a 10 dias de idade, com coletas realizadas entre 6 e 10 dias⁴. Os resultados demonstraram que o CPS1 apresentou valores de EMA (2.490 kcal/kg) e EMAn (2.283 kcal/kg) significativamente superior em comparação ao CPS2 (2.116 kcal/kg para EMA e 1.948 kcal/kg para EMAn). A superioridade nos valores energéticos do CPS1 é atribuída, possivelmente, à maior retenção de óleo residual ou à remoção mais eficiente de carboidratos não digestíveis em seu processo de fabricação⁶. Em relação à digestibilidade ileal dos aminoácidos, o CPS1 também exibiu coeficientes significativamente maiores para treonina (82,85%) e triptofano (82,90%) quando comparado ao CPS2 (63,97% e 79,90%, respectivamente)⁷. Esta diferença na disponibilidade de treonina e triptofano é crítica, visto que a treonina é essencial para a integridade da mucosa intestinal e o triptofano regula o apetite e a resposta ao estresse em aves jovens⁸⁸⁸⁸. Conclui-se que o Concentrado Proteico 1 (CPS1) apresentou um melhor perfil nutricional e biodisponibilidade de aminoácidos, sendo o mais indicado para a formulação de dietas para frangos de corte de 1 a 10 dias de vida.

Palavras-chave: Aves jovens. Energia metabolizável. Ingredientes proteicos. Nutrição. Processamento. Soja.

8. SUMMARY

The present study aimed to evaluate the apparent metabolizable energy (AME), nitrogen-corrected apparent metabolizable energy (AMEn), and the ileal amino acid digestibility coefficient of different sources of soy protein concentrates (SPC) for broiler chickens in the starter phase (1 to 10 days of age). A total of 960 chicks were used for the ileal amino acid digestibility assay and 720 chicks for the metabolizable energy assay, distributed in a completely randomized design with three treatments and eight replicates. The treatments consisted of diets formulated with Protein Concentrate 1 (SPC1) and Protein Concentrate 2 (SPC2), in addition to a reference diet or a protein-free diet. The assays were conducted with birds aged 1 to 10 days, with collections carried out between 6 and 10 days. The results showed that SPC1 presented significantly higher AME (2,490 kcal/kg) and AMEn (2,283 kcal/kg) values compared to SPC2 (2,116 kcal/kg for AME and 1,948 kcal/kg for AMEn). The superiority in SPC1's energy values is possibly attributed to higher residual oil retention or more efficient removal of non-digestible carbohydrates during its manufacturing process. Regarding the ileal amino acid digestibility, SPC1 also exhibited significantly higher coefficients for threonine (82.85%) and tryptophan (82.90%) when compared to SPC2 (63.97% and 79.90% respectively). This difference in threonine and tryptophan availability is critical, as threonine is essential for intestinal mucosal integrity and tryptophan regulates appetite and stress response in young birds. It is concluded that Protein Concentrate 1 (SPC1) presented a better nutritional profile and amino acid bioavailability, making it the most suitable for formulating diets for broiler chickens from 1 to 10 days of age..

Keywords: Young birds. Metabolizable energy. Protein ingredients. Nutrition. Processing. Soy.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRO2BUSINESS. Etapas do processamento do grão de soja para obtenção de farelo. *Agro2Business*, 2024.
- AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 16th ed. Arlington: AOAC International, 1997.
- ALMIRALL, M.; FULLER, M. F. Nutritional assessment of a viscous extract from wheat. *British Journal of Nutrition*, v.76, p.335–345, 1996.
- AKIBA, Y.; MURAKAMI, H. Partitioning of energy and protein during early growth of broiler chicks and contribution of vitelline residues. *World Poultry Science*.
- ANDRADE, L. F. et al. Potencial de subprodutos na alimentação animal: revisão atual. *Ciência Animal Brasileira*, v. 22, n. 4, p. 470-480, 2021.
- ANGKANAPORN, K. et al. Effect of wheat pentosans on endogenous amino acid losses in chickens. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.66, p.399-404, 1994.
- ANGKANAPORN, K.; JENSEN, J. F.; JORGENSEN, H. Apparent and true digestibility of protein and amino acids in soybean meal, sunflower meal and rapeseed meal for poultry. *British Poultry Science*, Abingdon, v. 35, n. 2, p. 305-316, 1994.
- APAJALAHTI, J.; VIENOLA, K. Interaction between chicken intestinal microbiota and protein digestion. *Animal Feed Science and Technology*, v.221, p.323-330, 2016.
- BATAL, A. B.; PARSONS, C. M. Effects of age on nutrient digestibility in chicks fed different diets. *Poultry Science*, v.81, n.3, p.400-407, 2002.
- BATAL, A. B.; PARSONS, C. M.; ROUGLER, S. P. Effects of processing on the standardized amino acid digestibility of soybean meal in broiler chickens. *Poultry Science*, Champaign, v. 79, n. 4, p. 1007-1014, 2000.

BELLAVER, C.; SNIZEK, P. N. Jr. Processamento da soja e suas implicações na alimentação de suínos e aves. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DA SOJA*, [s.l.], 1999. Anais... [S.l.]: [s.n.], 1999. p.183-199.

BREGENDAHL, K.; SELL, J. L.; GREY, J. O. Effect of dietary protein and amino acid concentration on broiler chick performance and metabolizable energy. *Poultry Science*, *Champaign*, v. 81, n. 4, p. 1198-1205, 2002.

BRITO, M. A. et al. Impacto dos fatores antinutricionais da soja na digestão em aves. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, v. 9, n. 2, p. 123-131, 2006.

BRUM, P. A. R.; ZANOTTO, D. L.; LIMA, G. J. M. M.; VIOLA, E. S. Composição química e energia metabolizável de ingredientes para aves. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 35, n. 5, p. 995-1002, 2000.

BUTOLO, J. E. Qualidade de ingredientes na alimentação animal. 2. ed. [S. l.: s. n.], 2010. p. 242-290.

CARVALHO, A. A. et al. Digestibilidade aparente de dietas e metabolismo de frangos de corte alimentados com dietas contendo soja integral processada. *Ciência Rural*, p.477-483, 2008.

CARVALHO, F. B. et al SARTORI, J. R.; STRINGHINI, J. H.; FASCINA, V. B.; PEREIRA, L. A.; PELÍCIA, V. C. Efeito da temperatura ambiente e da idade do frango sobre o valor energético do farelo de soja. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte*, v. 63, n. 6, p. 1437–1445, 2011.

CHOCT, M.; ANNISON, G. The inhibition of nutrient digestion by wheat pentosans. *British Journal of Nutrition*, v.67, p.123–132, 1992.

CHOCT, M.; HUGHES, R. J.; WANG, J.; BEDFORD, M. R.; MORGAN, A. J.; ANNISON, G. Increased small intestinal fermentation is partly responsible for the anti-nutritive activity of non-starch polysaccharides in chickens. *British Poultry Science*, v.37, n.3, p.609–621, 1996.

CHOTINSKY, D.; TONCHEVA, E.; PROFIROV, Y. Development of disaccharidases activity in the small intestine of broiler chickens. *British Poultry Science*, v.42, p.389-393, 2001.

COLUMBUS, D.; DE LANGE, C. Evidence for validity of ileal digestibility coefficients in monogastrics. *British Journal of Nutrition*, v.108, Supl.2, p.S264–S272, 2012.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, 2024.

CORASSA, S. C.; SOUZA, P. A. Avaliação de ingredientes alternativos para dietas suínas. *Revista Científica de Nutrição Animal*, v. 7, n. 2, p. 105-112, 2018.

COWIESON, A. J.; SORBARA, J. O. B. Nutritional strategies to reduce nitrogen emissions in poultry. *Animal Feed Science and Technology*, v.256, p.114-275, 2019.

DALLMANN, H. M. et al. Desempenho de frangos de corte alimentados com ingrediente de alta digestibilidade nas fases de criação pré-inicial e inicial. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, p.944-951, 2010.

DEPONTI, B. J.; FARIA, D. E.; FARIA FILHO, D. E.; ROMBOLA, L. G.; ARAÚJO, L. F.; JUNQUEIRA, O. M. Exigências de triptofano e padrão de recuperação do desempenho de poedeiras comerciais após alimentação com rações deficientes em triptofano. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1326-1332, out. 2007.

DIBNER, J. J.; KNIGHT, C. D.; IVY, F. J. The feeding of neonatal poultry. *World's Poultry Science Journal*, v.5, p.36-42, 1998.

DOESCHATE, RAHM Ten et al. Digestibility studies in broiler chickens: influence of genotype, age, sex and method of determination. *British Poultry Science*, v. 34, n. 1, p. 131-146, 1993.

FONOLLA, J.; PRIETO, C.; SANZ, R. Influence of age on nutrient utilization of diets for broilers. *Animal Feed Science and Technology*, v.6, p.405-411, 1981.

FULLER, M. F. *Present knowledge of amino acid requirements for maintenance and production: non-ruminants*. EAAP, 1991. p. 116-126

GOEBEL, K. P.; STEIN, H. H. Ileal digestibility of amino acids in conventional and low-Kunitz soybean products fed to weanling pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, v.24, p.88-95, 2011.

GOMES, P. C. et al. Digestibilidade dos aminoácidos de diferentes ingredientes para aves. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 37, n. 5, p. 860-867, 2008.

GONZÁLEZ-VEGA, J. C. et al. Effect of processing on the chemical composition, antinutritional factors, and in vitro protein digestibility of soybean meal. *Journal of Animal Science*, Oxford, v. 91, n. 6, p. 2842-2849, 2013.

GREEN, S. Effect of dietary fibre and caecectomy on the excretion of endogenous amino acids from adult cockerels. *British Poultry Science*, v.29, p.419-429, 1988.

HAKANSSON, J.; ERIKSSON, S. Digestibility, nitrogen retention and consumption of metabolizable energy by chickens on feeds of low and high concentration. *Swedish Journal of Agricultural Research*, v.4, p.195–207, 1974.

IJI, P. A.; SAKI, A.; TIVEY, D. R. Body and intestinal growth of broiler chicks on a commercial starter diet. 1. Intestinal weight and mucosal development. *British Poultry Science*, v. 42, n. 4, p. 505-513, 2001.

KARR-LILIENTHAL, L. K.; GRIESHOP, S. J.; MERCHEN, N. R. Chemical composition and in vitro digestibility of conventional and low-oligosaccharide soybean meal. *Journal of Animal Science*, Oxford, v. 83, n. 1, p. 114-121, 2005.

KAPELSKI, A. et al. Enzymes in animal nutrition: Mechanisms and applications. *Animal Feed Science and Technology*, 2018.

KATANGOLE, J. B. D.; MARCH, B. E. Fat utilization in relation to intestinal fatty acid binding protein and bile salts in chicks of different ages and different genetic sources. *Poultry Science*, v.59, p.819–827, 1980.

KROGDAHL, Å. Digestion and absorption of lipids in poultry. *The Journal of Nutrition*, Oxford, v. 115, n. 5, p. 675-685, 1985.

LEMME, A.; RAVINDRAN, V.; BRYDEN, W. L. Ileal digestibility of amino acids in feed ingredients for broilers. *World's Poultry Science Journal*, v.60, n.4, p.421–435, 2004.

LIMA, G. J. M. M.; GOMES, P. C.; BARBOSA, H. P. et al. Digestibilidade aparente da proteína e valores energéticos de alguns alimentos para suínos. In: *reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia*, 26., 1989,

LOMAS, L. W. et al. Effects of phytase and carbohydrase enzymes on nutrient digestibility in poultry. *Journal of Animal Science*, 2017.

MAO, Xiangbing; ZENG, Xiangfang; QIAO, Shiyan; WU, Guoyao; LI, Defa. Specific roles of threonine in intestinal mucosal integrity and barrier function. *Frontiers in Bioscience (Elite Edition)*, v. 3, n. 4, p. 1192-1200, 2011

MARQUES, A. M. et al. Utilização de subprodutos agroindustriais na alimentação de aves. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 36, n. 12, p. 2545-2553, 2007

MELLO, H. H. C.; GOMES, P. C.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; SOUZA, R. M.; CALDERANO, A. A. Valores de energia metabolizável de alguns alimentos obtidos

com aves de diferentes idades. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n. 5, p. 863–868, 2009.

MORAN JR., E. T. Digestion and absorption of carbohydrates in fowl and the events through perinatal development. *Journal of Nutrition*, v.115, p.665–674, 1985.

MOURA, J. S.; SILVA, R. F.; PEREIRA, M. A. Aproveitamento dos resíduos agroindustriais na alimentação animal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, n. 7, p. 1584-1590, 2010

MOZDZIAK, P. E.; WALSH, T. J.; MCCOY, D. W. The effect of early posthatch nutrition on satellite cell mitotic activity. *Poultry Science*, v.81, p.1703–1708, 2002.

NITSAN, Z.; PAKHIN, E.; KOSENKO, M. Effects of age and diet on development of digestive organs and enzymes in broiler chicks. *Poultry Science*, Champaign, v. 70, n. 4, p. 1007-1014, 1991.

NOY, Y.; SKLAN, D. Digestion and absorption in the young chick. *Poultry Science*, v.74, p.366–373, 1995.

NOY, Y.; SKLAN, D. Metabolic responses to early nutrition. *The Journal of Applied Poultry Research*, v.7, n.4, p.437–451, 1998.

NOY, Y.; SKLAN, D. Uptake capacity in vitro for glucose and methionine and in situ for oleic acid in the proximal small intestine of posthatch chicks. *Poultry Science*, v.75, p.998–1002, 1996.

NUNES, R. V. et al. Composição bromatológica, energia metabolizável e equações de predição da energia do grão e de subprodutos do trigo para pintos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.3, p.785–793, 2001.

PARSONS, C. M. et al. Soybean protein solubility in potassium hydroxide: An in vitro test of in vivo protein quality. *Journal of Animal Science*, v.78, n.4, p.1063–1068, 2000.

PARSONS, C. M.; POTTER, L. M.; BROWN, R. D. Effects of dietary carbohydrates and of intestinal microflora in excreta on excretion of endogenous amino acids by poultry. *Poultry Science*, v.62, p.483–489, 1983.

QUEIROZ, Ana Paula Lobato Borges de. Energia metabolizável de amostras de milho e sorgos para frangos de corte em diferentes idades. 2010. 46 f. *Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal de Uberlândia*, Uberlândia, 2010

RAVINDRAN, V. et al. A comparison of ileal digesta and excreta analysis for the determination of amino acid digestibility in food ingredients for poultry. *British Poultry Science*, v.40, p.266–274, 1999.

RAVINDRAN, V.; ABDOLLAHI, M. R.; BOOTWALLA, S. M. Nutrient digestibility in poultry: The basis of diet formulation. *Animal Feed Science and Technology*, v.191, p.1–11, 2014.

RAVINDRAN, V.; HEW, L. L.; BRYDEN, W. L. Digestible amino acids in poultry feedstuffs. RIRDC Publication No. 98/9. Canberra: Rural Industries Research and Development Corporation, 1998.

ROSTAGNO, H. S. et al. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. Viçosa, MG: UFV, 2011. 252 p.

ROSTAGNO, H. S. et al. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 4. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2017.

RUIZ, Flávio José de Araújo. Avaliação de alternativas a promotor de crescimento em frango de corte. 2022. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, USP, Pirassununga, 2022. Disponível em: repositório da USP.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. *Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos*. Jaboticabal: Funep, 2016.

SANTOS, A. S.; SAKOMURA, N. K.; FREITAS, E. R.; FERNANDES, J. B. K.; FIALHO, F. B. Utilização de coprodutos na alimentação de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 42, n. 9, p. 663–675, 2013.

SELL, J. L.; KROGDHAL, A.; HANYU, N. Influence of age on utilization of supplemental fats by young turkeys. *Poultry Science*, v.65, p.546–554, 1986.

SELLE, P. H. et al. Phytate and phytase: Consequences for protein utilization. *Nutrition Research Reviews*, v.20, n.1, p.1–15, 2007.

SHORT, F. J.; WISEMAN, J.; BOORMAN, K. N. Application of a method to determine ileal digestibility in broilers of amino acids in wheat. *Animal Feed Science and Technology*, v.79, n.3, p.195–209, 1999.

SIBBALD, I.R.; WOLYNETZ, M.S. Relationships between estimates of bioavailable energy made with adult cockerels and chicks: effects of feed intake na nitrogen retention. *Poultry Science*, v.64, p.127-138, 1985.

SIBBALD, I. R. *Animal Research Centre Contribution 85–91*. Research Branch Agriculture, Canada, 1986.

SIBBALD, I. R. Passage of feed through the adult rooster. *Poultry Science*, v.58, p.446–459, 1979.

SILVA, D. L.; DALÓLIO, F. S.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; RIBEIRO JÚNIOR, V.; VIEIRA, R. A. Energia metabolizável e aminoácidos digestíveis de coprodutos de trigo e de farinhas de origem animal em dietas para frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Uberlândia*, v. 72, n. 6, p. 2402–2407, 2020.

SINGH, K.; DANG, A. K.; JINDAL, S. K. Effects of heat processing on nutritional quality and antinutritional factors in soybean meal. *Journal of Food Science and Technology*, Mysore, v. 51, n. 12, p. 3538-3549, 2014.

SIQUEIRA, J. C. *Subprodutos da soja na alimentação animal*. 2. ed. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2007

STEIN, H. H.; GONZÁLEZ-VILLALTA, M. F.; ROSTAGNO, H. S. Invited review: Amino acid digestibility and energy concentration in feed ingredients for pigs and poultry. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, suplemento especial, p. 135-146, 2008.

STEIN, H. H.; LILLARD, R. H.; GINGRICH, K. D. Nutritional value of various sources of soy protein for weanling pigs. *Journal of Animal Science*, Oxford, v. 86, n. 10, p. 2503-2512, 2008.

TARVID, I. The development protein digestion in poultry. *Poultry and Avian Biology Reviews*, v.6, p.35–54, 1995.

TWOMBLY, J.; MEYER, J. H. Endogenous nitrogen secretions into the digestive tract. *Journal of Nutrition*, v.74, p.453–460, 1961.

UNI, Z.; NOY, Y.; SKLAN, D. Post-hatch changes in morphology and function of the small intestine in heavy and light strain chicks. *Poultry Science*, v.74, p.1622–1629, 1995.

UNI, Z.; SKLAN, D.; ZOREF, Z. Development of the small intestine in chicks: morphology and absorption. *Poultry Science*, Champaign, v. 77, n. 10, p. 1478-1484, 1998.

VIEIRA, S. L. et al. Reassessing sodium requirement for the 7-day old broiler chicken. *Poultry Science*, v.79, p.196–202, 2000.

WALK, C. L.; POERNAMA, R. E. Use of exogenous enzymes in poultry nutrition. *Poultry Science*, v. 98, n. 5, p. 2200–2213, 2019.

WHITEHEAD, C. C.; FISHER, C. Utilisation of various fats by turkeys of different ages. *British Poultry Science*, v. 16, p. 481–485, 1975.

ZELENKA, J.; LISKA, I. Effect of sex and age on amino acids digestibility in a feed mixture. In: LARBIER, M. (Ed.). *Proceedings 7th European Poultry Conference*. v.1. Paris: World's Poultry Science Association, 1986. p.298–30