

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC  
CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR DO OESTE – CEO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA– PPGZOO**

**JARDEL ANDREI MÜLLER**

**DIGESTIBILIDADE *IN VITRO* DE MATÉRIAS PRIMAS UTILIZADAS EM RAÇÕES  
DE FRANGOS DE CORTE E SUÍNOS**

**CHAPECÓ**

**2023**

**JARDEL ANDREI MÜLLER**

**DIGESTIBILIDADE *IN VITRO* DE MATÉRIAS PRIMAS UTILIZADAS EM RAÇÕES  
DE FRANGOS DE CORTE E SUÍNOS**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Zootecnia pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Orientador: Prof. Dr. Fernando de Castro Tavernari

**CHAPECÓ**

**2023**

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da  
Biblioteca Setorial do CEO/UEDESC,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Muller, Jardel Andrei

Digestibilidade in vitro de matérias primas utilizadas em rações de frangos de corte e suínos / Jardel Andrei Muller. -- 2023.

105 p.

Orientador: Fernando de Castro Tavernari

Coorientadora: Teresinha Marisa Bertol

Coorientador: Marcel Manente Boiago

Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Educação Superior do Oeste, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Chapecó, 2023.

1. Milho. 2. Farinha de origem animal. 3. Digestibilidade em pepsina. 4. Energia metabolizável. 5. Aminoácidos. I. Tavernari, Fernando de Castro . II. Bertol, Teresinha Marisa . Boiago, Marcel Manente . III. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Educação Superior do Oeste, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Título.

**JARDEL ANDREI MÜLLER**

**DIGESTIBILIDADE IN VITRO DE MATÉRIAS PRIMAS UTILIZADAS EM RAÇÕES  
DE FRANGOS DE CORTE E SUÍNOS**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Zootecnia pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.  
Orientador: Prof. Dr. Fernando de Castro Tavernari

**BANCA EXAMINADORA**

Membros:

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** FERNANDO DE CASTRO TAVERNARI  
Data: 17/04/2023 16:13:31-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Fernando de Castro Tavernari

Embrapa Suínos e Aves / Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC



---

Prof. Dr. Diovani Paiano

Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** GABRIEL CIPRIANO ROCHA  
Data: 17/04/2023 06:07:37-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Gabriel Cipriano Rocha

Universidade Federal de Viçosa - UFV

Chapecó, 06 de fevereiro de 2023.

## RESUMO

Determinar os valores de energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) e os coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos (CDAAs) das matérias primas utilizadas nas dietas para frangos de corte e suínos, é necessário para melhorar a precisão dos trabalhos com nutrição. As metodologias de digestibilidade padronizadas (*in vivo*), são impraticáveis nos programas de controle de qualidade, pelo seu custo e tempo para realização. Desta forma, a utilização de metodologias de digestibilidade *in vitro* e equações de predição, são alternativas para determinar a digestibilidade dos alimentos em menor tempo e permitir a correção dos valores assumidos na matriz de formulação de ração. O objetivo deste estudo foi avaliar se variáveis determinadas *in vitro* e de composição físico-químicas contribuem para a correlação das equações de predição da EMAn do milho para frangos de corte e suínos (artigo 1) e para a EMAn e os CDAAs das farinhas de origem animal (FOA) para frangos de corte (artigo 2). No artigo 1, foram avaliados seis lotes de milho, moídos em duas intensidades de moagem, denominados como milho com granulometria grossa (MGG) e milho com granulometria fina (MGF), perfazendo 12 tratamentos, e que foram submetidos a digestibilidade *in vitro* de três etapas, avaliadas em triplicata, e utilizados para determinar os valores de energia digestível *in vitro* (EDIV), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIGIVMS) e o coeficiente de digestibilidade *in vitro* da energia bruta (CDIVEB). Entre os modelos gerados, o modelo que se ajustou melhor para estimar a EMAn para frangos de corte foi o 3, utilizando a EDIV ( $Y = 902,3 + 0,7319 \times \text{IDIV\_MGF}$ ;  $R^2 = 0,617$ ; erro de predição = 36,7 kcal/kg), e para suínos o melhor modelo foi o 12, que contemplou a EDIV, DGM e densidade (DN) ( $Y = -889,4 + 1,091 \times \text{IDIV\_MGF} + 2,085 \times \text{DN}$ , se  $\text{DGM} \leq 450,23$  ou  $-1811,4 - 0,173 \times \text{DGM} + 1,091 \times \text{IDIV\_MGF} + 2,085 \times \text{DN}$ , se  $\text{DGM} > 450,23$ ;  $R^2 = 0,976$ ; erro de predição = 13,3 kcal/kg). No artigo 2, foram avaliadas duas farinhas de vísceras e ossos de frangos (FVOF1 e FVOF2) e uma farinha de vísceras e ossos de suínos (FVOS). Foram realizados dois experimentos *in vivo*, para determinar a EMAn e os CDAAs, para isso os animais foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com 16 tratamentos, 8 repetições e 10 animais por unidade experimental e foi realizado um experimento *in vitro*, para determinar a digestibilidade em pepsina, composto por 16 tratamentos avaliados em triplicata. As equações geradas

apresentaram comportamentos distintos, na qual os CDAAs e a EMAn da FVOF1 tiveram efeito linear negativo ( $P < 0,05$ ) com a digestibilidade em pepsina, e para a FVOS o efeito obtido para o CDAAs foi quadrático e não houve efeito ( $P > 0,05$ ) para a EMAn e por último, a FVOF2 apresentou efeito linear positivo entre os CDAAs e a digestibilidade em pepsina, contudo não houve efeito ( $P > 0,05$ ) para a EMAn. A partir dos resultados obtidos em nosso estudo, pode-se concluir que é possível utilizar variáveis determinadas *in vitro* e de composição físico-químicas para melhorar equações de predição da EMAn e dos CDAAs de matérias primas utilizadas na nutrição de frangos de corte e suínos.

**Palavras-chave:** Milho; Farinha de origem animal; Digestibilidade em pepsina; Energia metabolizável; Aminoácidos.

## ABSTRACT

Determining the values of apparent metabolizable energy corrected for nitrogen balance (AMEn) and amino acid digestibility coefficients (CDAAs) of raw materials used in diets for broiler chickens and swine is necessary to improve the accuracy of work with nutrition. Standardized digestibility methodologies (in vivo) are impractical in quality control programs, due to their cost and time to perform. In this way, the use of in vitro digestibility methodologies and prediction equations are alternatives to determine the digestibility of feeds in a shorter time and allow the correction of values assumed in the feed formulation matrix. The objective of this study was to evaluate whether variables determined in vitro and of physical-chemical composition contribute to the correlation of the EMEn prediction equations for corn for broiler chickens and pigs (article 1) and for the AMEn and CDAAs of the original flours (FOA) for broiler chickens (Article 2). In Article 1, six batches of corn were evaluated, ground in two grinding intensities, denominated as corn with coarse granulometry (MGG) and corn with fine granulometry (FGM), making up 12 treatments, which were submitted to three-step in vitro digestibility, evaluated in triplicate, and used to determine the values of in vitro digestible energy (EDIV), in vitro dry matter digestibility (DIGIVMS) and in vitro digestibility coefficient of gross energy (CDIVEB). Among the generated models, the model that best fitted to estimate AMEn for broilers was model 3, using EDIV ( $Y = 902.3 + 0.7319 \times \text{IDIV\_MGF}$ ;  $R^2 = 0.617$ ; prediction error = 36.7 kcal/kg), and for pigs the best model was 12, which included EDIV, DGM and density (DN) ( $Y = -889.4 + 1.091 \times \text{IDIV\_MGF} + 2.085 \times \text{DN}$ , if  $\text{DGM} \leq 450.23$  or  $-1811.4 - 0.173 \times \text{DGM} + 1.091 \times \text{IDIV\_FGM} + 2.085 \times \text{DN}$ , if  $\text{DGM} > 450.23$ ;  $R^2 = 0.976$ ; prediction error = 13.3 kcal/kg). In article 2, two poultry viscera and bone meal (FVOF1 and FVOF2) and a pig viscera and bone meal (FVOF) were evaluated. Two in vivo experiments were carried out to determine EMAn and CDAAs, for which the animals were distributed in a completely randomized design, with 16 treatments, 8 replications and 10 animals per experimental unit, and an in vitro experiment was carried out to determine the pepsin digestibility, composed of 16 treatments evaluated in triplicate. The generated equations showed different behavior, in which CDAAs and AMEn of FVOF1 had a negative linear effect ( $P < 0.05$ ) with pepsin digestibility, and for FVOS the effect obtained for CDAAs was quadratic and there was no effect ( $P > 0.05$ ) for EMAn and finally, FVOF2 showed a positive

linear effect between CDAAAs and pepsin digestibility, however there was no effect ( $P>0.05$ ) for EMAn. From the results obtained in our study, it can be concluded that it is possible to use variables determined in vitro and of physical-chemical composition to improve AMEn and CDAAAs prediction equations of raw materials used in the nutrition of broiler chickens and swine.

**Keywords:** Corn; Flour of animal origin; Pepsin digestibility; Metabolizable energy; Amino acids.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Predição da EMAn para frangos de corte observada no modelo 3.	48
Figura 2 – Predição da EMAn para suínos observada no modelo 3.	51
Figura 3 – Predição da EMAn para suínos observada no modelo 10.	51
Figura 4 – Predição da EMAn para suínos observada no modelo 12.	52
Figura 5 – Correlação entre digestibilidade em pepsina (Dig Pep) e a EMAn da farinha de vísceras e ossos de frangos.	85

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição química e diâmetro geométrico médio dos lotes de milho avaliados no estudo.	38
Tabela 2 - Variáveis determinadas na digestibilidade in vitro (na matéria seca).	44
Tabela 3 – Estatísticas descritivas da digestibilidade in vitro dos seis lotes de milho.	44
Tabela 4 - Modelos testados, estimativas dos parâmetros e respectivos critérios de informação de Akaike (AIC), coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e erros de predição da EMAn para frangos de corte.	47
Tabela 5 - Modelos testados, estimativas dos parâmetros e respectivos critérios de informação de Akaike (AIC), coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e erros de predição da EMAn para suínos.	50
Tabela 6 - Composição nutricional das farinhas utilizadas no estudo.	67
Tabela 7 – Rações do experimento de EMAn	68
Tabela 8 – Composição nutricional das rações fornecidas aos frangos de corte no ensaio de digestibilidade ileal dos aminoácidos	69
Tabela 9 – Coeficiente de digestibilidade ileal verdadeira da proteína bruta e dos aminoácidos da farinha de vísceras e ossos de frangos 1 com diferentes digestibilidades em pepsina para frangos de corte.	74
Tabela 10 - Correlação entre digestibilidade em pepsina e coeficiente de digestibilidade ileal verdadeiro dos aminoácidos da farinha de vísceras e ossos de frangos 1.	76
Tabela 11 – Coeficiente de digestibilidade ileal verdadeiro dos aminoácidos de farinha de vísceras e ossos de frangos 2 com diferentes digestibilidades em pepsina para frangos de corte.	77
Tabela 12 - Correlação entre digestibilidade em pepsina e coeficiente de digestibilidade ileal verdadeiro dos aminoácidos da farinha de vísceras e ossos de frangos 2.	79
Tabela 13 - Coeficiente de digestibilidade ileal verdadeiro dos aminoácidos da farinha de vísceras e ossos suínos com diferentes digestibilidades em pepsina para frangos de corte.	82
Tabela 14 - Correlação entre digestibilidade em pepsina e coeficiente de digestibilidade ileal verdadeiro dos aminoácidos da FVOF2.	84

Tabela 15 - Valores médios da energia metabolizável das farinhas utilizadas no estudo.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>17</b>
2.1	USO DO MILHO NAS RAÇÕES	17
<b>2.1.1</b>	<b>Características do milho</b>	<b>18</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Monitoramento da qualidade do milho</b>	<b>20</b>
2.2	ALIMENTOS ALTERNATIVOS	21
<b>2.2.1</b>	<b>Farinhas de origem animal</b>	<b>22</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Qualidade das farinhas de origem animal</b>	<b>24</b>
2.3	ANÁLISES LABORATORIAIS E DIGESTIBILIDADE	29
<b>3</b>	<b>ARTIGO 1: EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DA ENERGIA METABOLIZÁVEL <i>IN VITRO</i> DO MILHO PARA FRANGOS DE CORTE E SUÍNOS</b>	<b>34</b>
3.1	INTRODUÇÃO	35
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	37
<b>3.2.1</b>	<b>Local do experimento</b>	<b>37</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Obtenção dos milhos</b>	<b>37</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Experimentos anteriores de digestibilidade <i>in vivo</i></b>	<b>39</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Tratamentos</b>	<b>39</b>
<b>3.2.5</b>	<b>Digestibilidade <i>in vitro</i></b>	<b>39</b>
<b>3.2.6</b>	<b>Análise estatística</b>	<b>42</b>
3.3	RESULTADOS	43
<b>3.3.1</b>	<b>Digestibilidade <i>in vitro</i></b>	<b>43</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Equações de predição para frangos de corte</b>	<b>44</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Equações de predição para suínos</b>	<b>48</b>
3.4	DISCUSSÃO	52
<b>3.4.1</b>	<b>Digestibilidade <i>in vitro</i></b>	<b>53</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Equações de predição para frangos de corte</b>	<b>55</b>
<b>3.4.3</b>	<b>Equações de predição para suínos</b>	<b>59</b>
3.5	CONCLUSÃO	60
<b>ARTIGO 2:</b>	<b>CORRELAÇÃO ENTRE DIGESTIBILIDADE EM PEPSINA E ENERGIA METABOLIZÁVEL E OS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE DE</b>	

	<b>AMINOÁCIDOS DE FARINHAS DE ORIGEM ANIMAL PARA FRANGOS</b>	
	<b>DE CORTE</b>	<b>61</b>
3.6	INTRODUÇÃO	63
3.7	MATERIAL E MÉTODOS	65
<b>3.7.1</b>	<b>Local do experimento</b>	<b>65</b>
<b>3.7.2</b>	<b>Análise estatística</b>	<b>71</b>
3.8	RESULTADOS	71
3.9	DISCUSSÃO	85
3.10	CONCLUSÃO	89
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>90</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>91</b>
	<b>ANEXO A – COMPROVANTE DO CEUA</b>	<b>105</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A nutrição de frangos de corte e suínos corresponde a um dos principais pilares que sustentam o desenvolvimento da cadeia produtiva de proteína animal de alta qualidade. O milho, principal fonte de energia nas rações, corresponde a uma importante fonte de carboidratos e possui baixo nível de fatores antinutricionais (ODJO et al., 2015), e além disso é uma fonte de óleo poli-insaturados, ácidos graxos essenciais e também corresponde a uma importante parcela da proteína ingerida pelos animais (LOY; LUNDY, 2019). As farinhas de origem animal (FOA), são fontes de proteína de origem animal com alto valor biológico para as rações, são subprodutos ricos em aminoácidos, fósforo, e também fornece uma parcela importante de energia (BESKI; SWICK; IJI, 2015).

O valor nutricional desses alimentos pode apresentar grande variabilidade, trazendo a necessidade constante de avaliar a qualidade desses alimentos, antes de incluí-los na fórmula da ração. Determinar os valores de energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) e o coeficiente de digestibilidade dos aminoácidos (CDAAs), são informações indispensáveis para trabalharmos com a nutrição de precisão. Essas informações são determinadas a partir de ensaios de digestibilidade *in vivo*, e apesar de fornecer os resultados mais reais de digestibilidade, ao mesmo tempo são um limitante para aplicação rotineira em programas de controle de qualidade de uma fábrica de ração, por serem metodologias demoradas e caras (SHURSON et al., 2021).

Nesse sentido, as tecnologias disponíveis atualmente não têm atendido a necessidade das agroindústrias quanto à precisão na predição em tempo real do valor nutricional das matérias primas utilizadas para a formulação das rações. Estes fatores implicam em erros nos valores assumidos de EMAn e aminoácidos digestíveis, o que é incompatível com os princípios de nutrição de precisão, resultando em perdas de desempenho que representam prejuízos econômicos para o setor. Desta forma, vem crescendo o interesse por métodos que possibilitem determinar a digestibilidade das matérias primas em menor tempo e com menor custo. Para isso, as metodologias de digestibilidade *in vitro* tornam-se uma alternativa para gerar essas informações (EGGER et al., 2017),

buscando simular as etapas de digestão enzimática sobre o alimento. Adicionalmente, a utilização de equações de predição também permite determinar em menor tempo as informações digestíveis de forma indireta, para qual as equações utilizam as informações bromatológicas do alimento e são uma importante ferramenta para minimizar a variabilidade nutricional encontrada nos alimentos (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016), e além disso, a incorporação de informações digestíveis nas equações também podem agregar na sua confiabilidade para aplicação prática e aumentar a precisão nutricional das rações (ALVARENGA *et al.*, 2013). Diante disso, o uso das técnicas *in vitro* bem como as equações de predição também podem favorecer as questões éticas vigentes, reduzindo a utilização de animais em experimentação (ZAEFARIAN *et al.*, 2021).

Assim sendo, equações de predição compostas por variáveis físico químicas e de digestibilidade *in vitro* podem melhorar a predição da energia metabolizável para frangos de corte e suínos. Portanto, o presente estudo teve por objetivo avaliar se variáveis determinadas por meio de protocolos de digestibilidade *in vitro* contribuem para a correlação de equações de predição da EMAn e CDAAs para frangos de corte e suínos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 USO DO MILHO NAS RAÇÕES

A suinocultura e a avicultura industrial apresentam grande importância econômica no Brasil e são atividades que vêm apresentando significativo desenvolvimento, que está relacionada a melhoria na qualidade do manejo, da ambiência e também da nutrição (ROSTAGNO *et al.*, 2007). Conforme Rostagno *et al.* (2007), a nutrição tem grande participação sobre o desempenho dos animais, em que os avanços nessa área são resultados do melhor emprego das rações, por meio do maior conhecimento do valor nutricional dos alimentos, sejam eles convencionais ou alternativos, e também pelos avanços no conhecimento das exigências nutricionais dos animais, que por sua vez permitem ajustar melhor as rações, minimizando o excesso ou a falta de nutrientes. Os mesmos autores salientam que essas melhorias são possíveis somente quando consideradas todas as variáveis que afetam o resultado final da produção, pois, além da genética, da ambiência e do manejo outro ponto de grande importância são as metodologias empregadas nos trabalhos para determinação das exigências nutricionais e também aquelas para avaliar o valor nutricional dos alimentos, em que este último é determinado por meio dos valores energéticos, do coeficiente de digestibilidade dos nutrientes e pelo conteúdo de aminoácidos, por isso os trabalhos voltados a esses estudos também devem ser melhorados para trazer novos ganhos para a produção animal e o meio ambiente.

A nutrição corresponde a maior parte dos custos de produção animal, representando em média a 70% do custo total, por isso é comum o interesse pela busca de estratégias e alimentos que possibilitem a manutenção da qualidade nutricional dos animais e a redução dos custos operacionais da atividade (VALADARES *et al.*, 2016). Os ingredientes mais utilizados nas rações para frangos de corte e suínos são o milho e o farelo de soja, ricos em energia e proteína, respectivamente. O milho corresponde a fonte energética mais empregada nas rações, compondo em média 60% das rações para frangos de corte e 75% das rações para suínos (LUDKE *et al.*, 2019).

Tanto o milho quanto o farelo de soja são considerados “commodities” e seu custo está relacionado a alguns fatores, entre eles, a forma como são produzidos e os insumos que são necessários para sua produção, valor do dólar e pela oferta de mercado (PORTES *et al.*, 2019). O preço do milho sofre variações durante o ano, principalmente nos períodos de entressafra, que podem ser bem significativos (FERNANDES *et al.*, 2017), e além disso, os efeitos climáticos, como a ocorrência de períodos de seca durante o cultivo afetam diretamente a produção e conseqüentemente o seu custo (SUH; MOSS, 2017).

A necessidade da inclusão do milho e do farelo de soja nas dietas acompanhou o crescimento e desenvolvimento da produção animal, contribuindo para alcançar os níveis nutricionais requeridos pelo animal, em que o milho além de ser a principal fonte de energia, também serve como uma fonte de óleo poli-insaturado e ácidos graxos essenciais, como o ácido linoléico, e além disso, mesmo sendo caracterizado como um alimento de baixo teor proteico, devido a sua grande participação na quantidade total da ração, isto faz com que corresponda a uma boa parte da proteína ingerida pelo animal (LOY; LUNDY, 2019). De acordo com Henz *et al.* (2013), as rações destinadas aos animais de produção são formuladas com base nas exigências nutricionais requeridas nas diferentes fases de crescimento, visando sempre explorar ao máximo o potencial zootécnico do animal e a viabilidade econômica da produção, para isso, é necessário que se tenha informações atualizadas sobre a composição química e energéticas dos ingredientes disponíveis, assim como do seu custo.

### **2.1.1 Características do milho**

A composição química média do milho pode ser obtida por meio das tabelas de composição dos alimentos para aves e suínos, como aquelas de (ROSTAGNO *et al.*, 2017). Contudo, existem variações quanto aos componentes principais do milho, assumindo-se que existem fatores que podem exercer efeitos significativos sobre a variabilidade da composição físico-química dos milhos, entre os quais podem ser citados o momento da colheita do grão, processamento térmico para a secagem após a colheita,

qualidade do armazenamento e também pela variedade genética do cultivar (ODJO *et al.*, 2015).

O milho é uma excelente fonte de carboidratos, apresenta baixo nível de fibras e polissacarídeos não amiláceos solúveis, quando comparado a outros alimentos, como o trigo e a cevada, por isso é considerado um alimento de alto valor nutricional para as rações, em que os seus valores de energia metabolizável aparente (EMA) e verdadeira (EMV) são informações de grande importância para caracterizar a disponibilidade de energia e para que seja utilizado adequadamente nas rações (ODJO *et al.*, 2015). O valor de energia metabolizável reflete a quantidade de energia que o animal realmente consegue aproveitar a partir da digestão de determinado alimento, e este processo pode ser influenciado por diversos fatores, entre eles, o ambiente, a capacidade de digestão e utilização do alimento e também pela condição metabólica e fisiológica do trato digestório do animal (TRONI *et al.*, 2016). O milho também apresenta boa quantidade de aminoácidos sulfurados, como a cisteína e a metionina, e pouca quantidade de lisina e triptofano, o que torna a mistura com o farelo de soja muito interessante, uma vez que este apresenta boa quantidade desses aminoácidos essenciais, mas mesmo assim as dietas a base destes dois alimentos ainda necessitam de ajustes com aminoácidos sintéticos para atender corretamente às exigências nutricionais da categoria animal (LOY; LUNDY, 2019).

Por meio da grande utilização e pela frequente disponibilidade no Brasil, o milho possibilita a formação de um grande banco de dados a respeito da sua composição nutricional (HENZ *et al.*, 2013). Entre as várias informações que compõem o valor nutricional do milho, as suas características físicas também devem ser consideradas para o aproveitamento máximo da dieta, pois o tamanho das partículas influenciam na seletividade da ração pelas aves, na digestibilidade, na motilidade intestinal e também pode influenciar o desenvolvimento da moela, e ainda, outra característica importante é quanto a dureza do grão, sua vitreosidade, que pode influenciar a qualidade do processo de moagem e também na sua digestibilidade (ODJO *et al.*, 2015). Por isso, conhecer as características dos alimentos, é um processo determinante do sucesso da formulação das rações pelos nutricionistas, interferindo no

desempenho animal e conseqüentemente no resultado econômico da produção (EYNG *et al.*, 2009).

### **2.1.2 Monitoramento da qualidade do milho**

Além do custo da ração, outro fator determinante da eficiência produtiva corresponde à qualidade da matéria prima utilizada, que apresenta efeito significativo sobre a resposta de desempenho dos animais. Esse fator pode ser melhorado a partir de estratégias nutricionais, por meio de ajustes na fórmula das rações e também pela melhoria do processamento das matérias primas, na qual busca-se melhorar a digestibilidade e conseqüentemente o desempenho animal (MELO *et al.*, 2016).

Garantir a aquisição de grãos de milho de qualidade bem como o monitoramento da sua qualidade são procedimentos necessários para minimizar as perdas durante todas as fases de utilização, seja no armazenamento, na fabricação das rações e posteriormente no fornecimento para os animais (MALLMANN *et al.*, 2019). Dessa forma, a constante avaliação da composição física, química e aminoacídica dos milhos tem grande importância, pois existe a influência de diversos fatores sobre o valor nutricional, como por exemplo os diferentes tipos de cultivares disponíveis (AGUSTINI *et al.*, 2015), sistemas de cultivo, como por exemplo, o convencional e o orgânico, que apresentam distintos métodos de produção, diferindo em relação a variedade genética que é utilizada, tipo de adubação e também o custo para a produção, com isso, a variabilidade da composição nutricional e energética encontrada nos milhos pode ser um grande limitante da produção, pelo efeito direto sobre o desempenho animal (HENZ *et al.*, 2013), tornando menos precisos e dificultosos os ajustes nutricionais das rações.

Henz *et al.* (2013), avaliaram nove variedades de milhos produzidas em distintas propriedades, das quais cinco eram de produção orgânica e os demais de produção convencional com milhos híbridos. Ao analisarem a composição bromatológica e a digestibilidade com frangos de corte, os milhos orgânicos e híbridos apresentaram as seguintes variações, o teor de matéria seca variou entre 84,37% a 86,46% e 84,98% a 86,30%, o teor de proteína entre 8,51% à 10,77% e 7,8% à 10,67%, a energia bruta (kcal/kg) entre 4023 a 4118 e 4052 a

4088, energia metabolizável aparente (kcal/kg) entre 3113 à 3325 e 3225 à 3550 e o coeficiente de metabolizabilidade entre 75,80% à 82,64%, 78,65% à 86,85%, respectivamente. Essas variações já eram esperadas pelos autores, pois cada propriedade apresenta características distintas de adubação, fertilidade do solo, condições climáticas e por se tratar de propriedades de produção orgânica ou convencional, a variabilidade genética das sementes também tem efeito sobre os resultados avaliados. Isso tudo se assemelha com a realidade da indústria e das fábricas de rações, que adquirem grãos de diversos fornecedores e conseqüentemente ingredientes com composições nutricionais variáveis e por isso os autores ressaltam a importância de realizar análises e avaliar a qualidade dos alimentos antes de incluí-los nas rações (HENZ et al., 2013).

De acordo com Mallmann et al. (2019), milhos com a qualidade comprometida, como por exemplo pela presença de micotoxinas, que por sua vez resultam em efeitos tóxicos nos animais e comprometem o desempenho zootécnico, necessitam que sejam realizados procedimentos adicionais para possibilitar sua utilização segura nas rações, como por exemplo a inclusão de aditivos anti-micotoxinas, que resultam em custos adicionais na ração. Por outro lado, grãos de alta qualidade minimizam a dependência da inclusão de aminoácidos sintéticos e óleos que são necessários para ajustar as rações com base nas exigências nutricionais dos animais, desta forma o monitoramento e a avaliação nutricional do milho são determinantes da necessidade de medidas alternativas para sua utilização, a fim de aproveitar o potencial genético dos animais (MALLMANN et al., 2019).

## 2.2 ALIMENTOS ALTERNATIVOS

Pelo fato de o milho ser um dos ingredientes mais utilizados nas formulações, o seu preço tem grande representatividade no custo final da ração. Além disso, períodos de preços altos fazem com que a indústria e os produtores busquem alternativas que possibilitem minimizar o custo da produção e mantenha a lucratividade da atividade, procedimento que pode ser realizado por meio da busca por alimentos alternativos para a substituir em parte a quantidade dos alimentos mais onerosos da ração (SUH; MOSS, 2017).

Para a utilização de alimentos alternativos ao milho e ao farelo de soja, alguns fatores devem ser considerados para que seja vantajoso ao sistema de produção, entre eles deve-se buscar conhecer e avaliar as características do alimento como a composição nutricional, presença de componentes antinutricionais, determinar o nível ideal de inclusão, verificar a facilidade e o custo para aquisição, devendo-se considerar também os períodos de maior e menor oferta do ingrediente (KUHN *et al.*, 2015). Além disso, conhecer a forma como os animais aproveitam os nutrientes da ração também são necessários, para que desta forma o uso do alimento seja viável economicamente, ambientalmente correto e que permita que o animal expresse o seu potencial genético (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

A inclusão de alimentos alternativos com o objetivo de tentar reduzir os custos de produção deve levar em consideração o efeito sobre o desempenho animal, promovendo adequado resultado zootécnico. Além disso, também deve-se buscar obter resultados positivos sobre o custo ambiental desses alimentos, pois muitas vezes os alimentos alternativos são oriundos da industrialização em grande escala de vários alimentos, necessitando realizar o adequado escoamento desses resíduos, que por sua vez podem ser utilizados na alimentação animal e auxiliar na sustentabilidade dos sistemas de produção (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

### **2.2.1 Farinhas de origem animal**

Após o processo de obtenção da carcaça animal, são obtidos resíduos, como por exemplo cabeça, sangue, vísceras, penas, ossos, cascos, aparas de gordura e de carne, e que não são destinados para o consumo humano, esses materiais podem ser encaminhados para dois tipos de destinos, unidades de beneficiamento de produtos não comestíveis, que trabalham recolhendo os resíduos nos açougues, supermercados, e em frigoríficos e posteriormente fazem o correto destino desses materiais, tornando-os em produtos, e o outro destino pode ser as dependências anexas dos abatedouros, conhecidas como unidades de beneficiamento de produtos não comestíveis integradas aos abatedouros, que também vão trabalhar com o processamento dos resíduos, sendo que ambas as unidades devem estar registradas no Serviço de Inspeção

Federal (SIF) (ABRA, 2019). O processamento dos resíduos de origem animal resulta em importantes fontes de produtos para as rações dos animais, a partir deles obtêm-se produtos que podem ser utilizados como fonte de gordura, proteína, aminoácidos essenciais, ácidos graxos essenciais, vitaminas e também minerais (MEEKER, 2009).

Conforme a Associação Brasileira de Reciclagem Animal (ABRA), a busca pelo correto destino dos resíduos das indústrias de carne pode resultar em ingredientes valiosos e que podem ser utilizados para a alimentação de animais de produção, que na indústria são denominados como produtos de origem animal não comestíveis, entre os quais as farinhas de origem animal (FOA), sejam elas de aves ou suínos, apresentam uma produção crescente. Atualmente, o Brasil é o terceiro maior produtor das FOA, com 3.582,412 milhões de toneladas, ficando atrás somente dos Estados Unidos e da União Europeia, com 4,8 e 4,5 milhões de toneladas, respectivamente (ABRA, 2019). Da produção total das FOA, 77% são destinadas para a alimentação animal, que é composto por 2,2 milhões de toneladas de farinha de carne e ossos, 557,7 mil toneladas de farinha de penas, 651,8 toneladas de farinha de vísceras e 45,9 mil toneladas de farinha de peixes (ABRA, 2019).

Como podemos observar os subprodutos de origem animal surgem como uma alternativa para a produção animal, pois sua oferta vem crescendo juntamente com o aumento da produção animal, que por sua vez resulta no aumento no número de abates e conseqüentemente na quantidade de resíduos e coprodutos presentes nas indústrias (CARVALHO *et al.*, 2012). Por apresentar quantidades interessantes de aminoácidos, energia, cálcio e fósforo as FOA tornam-se produtos valiosos para as rações, principalmente quando aliadas aos procedimentos de avaliação nutricional adequado, pois, seus efeitos nos animais podem ser influenciados por vários fatores, entre eles o processamento, a origem do material e também pela utilização de aditivos antioxidantes e anti bacterianos (BELLAYER, 2002). Entre os resíduos que podem ser utilizadas nas rações para aves e suínos são as farinhas de vísceras de aves e suínos, que podem ser usadas como alternativa para minimizar os custos de produção (EYNG *et al.*, 2010).

Conforme Bellaver (2002), o processo de fabricação das FAO de forma geral é composto pelo processo de retirada da alta umidade do resíduo e pela redução do seu tamanho quando necessário, por meio da trituração ou picagem do resíduo e por fim esse material é submetido a cocção com pressão ou não por um determinado tempo, após isso é realizado a retirada da gordura por meio da prensagem, centrifugação ou drenagem e finalmente obtém-se o resíduo sólido e seco que é transformado em farinha após ser submetido a outro processo de moagem. De acordo com Bellaver e Zanotto (2004), o processamento dos resíduos consiste no cozimento ou fritura em digestores, drenagem da gordura, prensagem para separar o restante da gordura da parte sólida/proteica, e em seguida este é submetido a moagem para formar a farinha e que enfim é embalada e pode ser distribuída, contudo durante o processamento podem ser realizadas adaptações de acordo com o material que se deseja processar, como é o caso das penas e o sangue.

A farinha de penas hidrolisadas é obtida após o processo de cocção e sob pressão, para qual são utilizadas somente as penas não decompostas e limpas, tolerando-se a inclusão de sangue desde que não modifique a composição característica da farinha (BELLAYER; ZANOTTO, 2004). A FVA é obtida após o processo de cocção, prensagem e posterior moagem de vísceras, podendo ser incluídas os pés e cabeça das aves, contudo as penas, resíduos de incubatório e cascas de ovos não devem ser utilizadas, tolerando-se somente a presença das penas de difícil remoção (BELLAYER; ZANOTTO, 2004). No caso das FVS, estas são caracterizadas como o produto em pó e semi-desengordurado obtido após o processo de cozimento dos resíduos, sendo utilizadas vísceras, ossos de suínos e também partes de carne, e ainda, as FVS correspondem a uma fonte nutricional interessante, compostas por aminoácidos essenciais, fósforo, cálcio e gordura, sendo que devido a esta última característica a inclusão de produtos antioxidantes podem ser eficazes para evitar a oxidação do produto (ABRA, 2016).

### **2.2.2 Qualidade das farinhas de origem animal**

Tratando-se de coprodutos oriundos das indústrias alimentícias, existe grande variabilidade quanto a sua composição, o que justifica a contínua

necessidade de avaliar a composição nutricional (SOL *et al.*, 2017). Conforme relatado por Choi, Won e Kim (2021), o uso de FOA, entre elas a de carne e carne e ossos, apresentam altos valores de proteína bruta, aminoácidos e energia, contudo a qualidade desses produtos sofre variações de acordo com os componentes que são utilizados para a sua fabricação, como por exemplo a quantidade de tecidos moles e ossos. Os autores também relatam que a determinação dos coeficientes de digestibilidade é a melhor forma de evitar possíveis problemas sobre a produção.

Segundo Bellaver (2002) a qualidade das FOA necessita ser avaliada e monitorada, podendo ser observados alguns indicativos da qualidade, entre eles a sua composição química, digestibilidade de aminoácidos e da energia, características sensoriais, contaminação bacteriana, peroxidação das gorduras, presença de poliaminas e também pela presença de príons que originam encefalopatias espongiformes.

Segunda a Instrução Normativa N° 34, de 28 de maio de 2008, o tamanho das partículas após a trituração não deve ser maior que 5 centímetros, e após esse processo o material deve ser submetido ao tratamento térmico para a sua esterilização a uma temperatura de 133° C por no mínimo 20 minutos e a uma pressão mínima de três bar, promovida pelo vapor saturado, em que esse processo pode ser realizado durante ou após a etapa de cocção (BRASIL, 2008). Conforme Meeker (2009), o tempo de cozimento e a temperatura utilizada afetam a qualidade final dos produtos de origem animal, sendo que essas etapas são determinadas com base nas características da matéria prima. Para o processo de cozimento, a temperatura utilizada geralmente fica entre 115° a 145°C por um período entre 40 a 90 minutos, e esse processo participa da remoção das gorduras, da umidade e também promove a inativação de microrganismo indesejáveis como bactérias, vírus, protozoários e parasitas. Contudo, também deve-se evitar temperaturas muito acima do recomendado, a fim de manter a qualidade do produto, pois verifica-se a redução dos valores nutricionais e da digestibilidade do produto (MEEKER, 2009). Se tratando da contaminação bacteriana, a melhor forma de controlar é durante o tratamento térmico, contudo as etapas de manuseio,

transporte e até mesmo o ambiente podem acarretar em novas contaminações (BELLAYER, 2002).

O procedimento de esterilização pode ser realizado tanto no material *in natura* quanto na forma de farinhas. Quando a esterilização é realizada em resíduos já transformados em farinhas, verifica-se vantagens sobre a qualidade sanitária e nutricional desses produtos, exigindo menor tempo sob altas temperatura, e ainda, quando a temperatura for adequada, pode-se obter melhores valores de proteína e segurança alimentar do produto e conseqüentemente o valor biológico do produto para as rações também será maior (MAZUTTI; TREICHEL; DI LUCCIO, 2010).

As FOA geralmente apresentam quantidades significativas de gorduras. Por isso, o monitoramento da peroxidação das gorduras torna-se muito importante, pois essa característica torna-se um meio favorável para a auto oxidação por meio da formação dos radicais livres, que resultam também em odor de rancificação, desta forma, melhorar as condições de armazenamento, processamento e manejo dos materiais são procedimentos importantes com o objetivo de evitar o início da formação dos radicais livres, podendo esse objetivo ser melhorado com uso de substâncias antioxidantes (BELLAYER, 2002).

Conforme Butolo (2002), alguns fatores que mais exercem influência sobre a qualidade das FOA são a umidade, a moagem, as contaminações e o tempo entre o abate até o processamento. A umidade, quando acima de 8% promove um meio favorável à decomposição do produto, promovendo o desenvolvimento de microrganismos e a acidificação, em contrapartida a umidade muito baixa pode indicar a queima do material, pela alta temperatura ou tempo excessivo no digestor, e esse fator pode reduzir a qualidade aminoacídica da farinha (BUTOLO, 2002).

A textura da farinha está diretamente ligada ao processo de moagem e é influenciada pelo tipo de material utilizado, por exemplo, os ossos são componentes que dificultam o processo da moagem e além disso, quando há a presença de pedaços grandes, torna-se necessário uma nova moagem, por isso um padrão de textura a ser seguido pode seguir a seguinte partição utilizando peneiras Tyler para avaliar os níveis de retenção, buscando-se a

retenção em peneira número 6 igual a 0%, número 8 até 3% e na número 10 até 10% (BUTOLO, 2002). Além disso, a digestibilidade da energia e dos demais componentes dos subprodutos de origem animal também podem ser afetada pelas suas características físicas, entre elas, pelo seu diâmetro geométrico médio (DGM  $\mu\text{m}$ ), que interfere na eficiência da ação enzimática sobre o alimento, pela variação da superfície disponível para a ação das enzimas e na taxa de passagem da digesta, e além disso, fatores como a idade do animal, nível de inclusão do coproduto, tipo de processamento e tratamento térmico também tem efeito sobre a digestibilidade, verificando-se que o excesso de calor no processamento pode reduzir a qualidade proteica do produto pela perda de aminoácidos (EYNG *et al.*, 2010).

A Instrução Normativa Nº 34, de 28 de maio de 2008 também estabelece que o tempo entre o abate ou coleta até o processamento dos resíduos deve corresponder a no máximo 24 horas, admitindo-se maiores períodos em casos em que o transporte seja realizado com o resfriamento do material (BRASIL, 2008). Esse cuidado deve ser realizado com o intuito de minimizar as perdas por putrefação e oxidação das gorduras presentes nos resíduos (BRASIL, 2008), garantindo que seja entregue um material de boa qualidade para o processamento e desta forma aumentando a qualidade final dos produtos.

Algumas especificações quanto a qualidade das farinhas estão voltadas aos valores de umidade máximo, proteína bruta mínima, digestibilidade em pepsina, extrato etéreo mínimo e matéria mineral máxima, no caso das FVS esses valores devem corresponder a 8%, 55%, 85%, 15% e 33%, respectivamente, já as FVA busca-se valores de 8%, 55%, 60%, 10% e 15%, respectivamente (CBAA, 2013). Os valores de cinzas também apresentam efeitos sobre os valores de energia e proteína das FOA, principalmente aquelas que apresentam em sua composição os ossos de suínos, em que verificasse uma correlação negativa entre o teor de cinzas com a energia e proteína da farinha (CHOI; WON; KIM, 2021).

Conforme Butolo (2002), mesmo com a grande disponibilidade de informações sobre as características e a qualidade dos alimentos, é fundamental a aplicação de métodos modernos de digestibilidade para cada categoria animal e também que a metodologia empregada seja adequada para

cada tipo avaliação, como por exemplo para a avaliação de energia e aminoácidos. Além disso, a aplicação de novos conceitos, como o conceito de proteína ideal, que possibilita fornecer o correto balanço aminoacídico aos animais, é melhor aplicado quando utilizado as informações digestíveis desses compostos. Com isso, também podem ser formados grupos de farinhas com características semelhantes para fazer sua classificação, e assim melhorar sua utilização (BUTOLO, 2002).

De acordo com Toldrá et al. (2012), as atividades realizadas nos matadouros e nas unidades processadoras de carne têm a grande necessidade de destinar corretamente esses resíduos, que resultam em gastos adicionais na atividade e que devem respeitar as normas vigentes para esse processo. Uma forma de obter vantagens desses resíduos de baixo valor seria por meio da transformação dos resíduos em subprodutos que tenham aplicação em mercados específicos e que resultem em retornos financeiros que minimizem os gastos com o processamento e que também beneficie o meio ambiente por evitar o descarte incorreto desses materiais, por isso o mercado de ração animal é uma boa alternativa para o uso dos coprodutos (TOLDRÁ et al., 2012).

Para que esses produtos sejam incluídos nas rações é necessário buscar e avaliar métodos eficientes voltados ao processamento, comercialização e também ao uso de tecnologias que melhorem aplicabilidade, em que a busca por ferramentas que melhorem a avaliação nutricional dos coprodutos são necessárias para agregar valor e também validar sua aplicabilidade nas rações (TOLDRÁ et al., 2012). Sol, Castillejos e Gasa (2016), também destacam a importância da inclusão dos subprodutos nas rações e ainda salientam a dificuldade enfrentada para realizar a inclusão nas dietas para suínos, por isso os autores recomendam seguir os procedimentos de análise da composição química para conhecer o alimento e que seja seguido por ensaios de digestibilidade e de desempenho *in vivo* para então determinar o valor nutricional e o nível de inclusão ideal, com auxílio de métodos matemáticos de regressão, para que desta forma seja viável a inclusão nas rações.

No trabalho de Choi, Won e Kim (2021), foi encontrada uma variabilidade significativa em quatro tipos de farinhas de carne e três farinhas de carne e ossos destinados para rações de suínos, os valores de energia bruta (kcal/kg) variaram entre 4797 a 5912 e 3701 a 4573, proteína bruta variou de 62,91% a 82,92% e 46,82% a 61,65%, as cinzas variaram entre 3,80% a 20,25% e 22,03% a 33,07%, respectivamente. Além disso, ao avaliarem a digestibilidade ileal *in vitro* da proteína bruta pelo método de (BOISEN; FERNÁNDEZ, 1995), e a digestibilidade *in vitro* total da matéria seca pelo método de (BOISEN; FERNÁNDEZ, 1997), os autores verificaram valores para a farinha de carne entre 80,4% a 88,7% e 82,7% a 89,5%, respectivamente e para a farinha de carne e ossos os valores corresponderam entre 77,2% a 88,0% e 85% a 92,4%, respectivamente. Quando avaliado os valores digestíveis da energia (kcal/kg), a farinha de carne apresentou valores entre 4179 a 5040, respectivamente, já a farinha de carne e ossos apresentou valores entre 3355 a 3988, respectivamente CHOI; WON; KIM, 2021).

### 2.3 ANÁLISES LABORATORIAIS E DIGESTIBILIDADE

Aliar a precisão dos valores nutricionais dos ingredientes e também das exigências nutricionais em bases digestíveis são formas de obter maior precisão na formulação das rações, quando comparado ao uso da base expressa em valores totais, além disso os alimentos utilizados nas rações rotineiramente são submetidos a análises laboratoriais para obtenção da composição aproximada dos seus componentes, contudo por mais que sejam informações importantes, são ao mesmo tempo um limitante nos trabalhos com nutrição, pois essas medidas não expõem o valor nutricional verdadeiro para os animais, como o seus valores digestíveis e a resposta esperada nos animais (SHURSON *et al.*, 2021).

Os valores de energia metabolizável, aminoácidos digestíveis, fósforo digestível são as informações mais adequadas para serem utilizadas buscando a maior precisão do atendimento nutricional, por isso a utilização das informações de quantidade de proteína bruta, fibra bruta, teor de cinzas e também de gordura bruta devem ser evitadas para formular as rações, pois podem levar a perdas produtivas (SHURSON *et al.*, 2021). Ainda, quando as

rações são formuladas por meio das informações digestíveis pode-se melhorar a eficiência de utilização dos nutrientes presentes nos ingredientes da ração, por exemplo, quando as dietas são formuladas com aminoácidos digestíveis pode-se reduzir a excreção ambiental de nitrogênio e aumentar sua retenção pelo organismo (LEE *et al.*, 2017).

O valor nutritivo da proteína é influenciado pela sua composição de aminoácidos, sua disponibilidade e também pela sua digestibilidade, para a determinação da disponibilidade de aminoácidos são realizados ensaios de crescimento e que resultam na obtenção da quantidade utilizada dos nutrientes pelo animal, contudo são ensaios que demandam muito tempo para serem realizados e só fornecem os dados de um aminoácido por ensaio (ROSTAGNO *et al.*, 2007).

Desta forma, os ensaios de digestibilidade de aminoácidos são os mais utilizados por determinar a diferença entre os aminoácidos ingeridos e excretados e ainda a metodologia que melhor se aplica nesse objetivo é aquela que consiste na coleta do conteúdo da porção terminal do íleo, que por sua vez não sofre ação dos microrganismos do intestino grosso, evitando assim os efeitos da síntese e destruição de aminoácidos que ocorrem nessa porção do trato digestório. Além disso, esse método considera em seus cálculos os resultados obtidos pela determinação das perdas endógenas de aminoácidos, que são oriundas das células de descamação da parede celular intestinal, das enzimas e também das mucinas, por isso, os valores obtidos por meio desse método é chamado de digestibilidade ileal verdadeira dos aminoácidos (ROSTAGNO *et al.*, 2007).

Conforme Noblet e Jaguelin-Peyraud (2007), o método padrão para determinar a digestibilidade é realizado *in vivo*, por meio da coleta de amostras fecais, porém é um método que demanda muito tempo para obtenção dos resultados, envolve gastos elevados, bem como a necessidade da correta execução de todos os procedimentos metodológicos para que os dados sejam os mais reais possíveis, mas mesmo assim é o procedimento usado como referência para aplicação de outros métodos de digestibilidade. Além disso, os autores destacam que uma alternativa ao método *in vivo* pode ser a realização de ensaios *in vitro*, na qual são ensaios mais rápidos, possuem boa

repetibilidade, e possibilitam obter boa precisão, mesmo havendo uma certa complexidade para a execução do método. Em seu estudo os autores verificaram valores de digestibilidade da matéria orgânica semelhantes entre o método *in vivo* em suínos castrados e *in vitro* para alimentos compostos moídos, alimentos compostos em forma de pellets e ingredientes moídos, na qual os valores médios de digestibilidade *in vivo* corresponderam a 85,9%, 88,3% e 72,4%, respectivamente e no ensaio *in vitro* os valores médios foram 85,2%, 87,6% e 73,1%, respectivamente (NOBLET; JAGUELIN-PEYRAUD, 2007).

As metodologias *in vivo* são as mais utilizadas para a determinação dos valores nutricionais dos ingredientes, mas ao mesmo tempo podem ser limitantes, quando pensamos na sua aplicação na rotina das fábricas de ração, relacionado com o tempo que é necessário para executar o método e conseqüentemente para obter os resultados requeridos e bem como pelos custos elevados para a execução dos testes (SHURSON et al., 2021), que envolve os gastos com mão de obra capacitada, insumos, equipamentos, animais e entre outras variáveis. Por isso, esses métodos tornam-se um tanto quanto inviáveis para serem utilizados rotineiramente em programas de controle de qualidade, mesmo com seu resultado confiável (SHURSON et al., 2021).

Desta forma, as metodologias de digestibilidade *in vitro* podem ser uma alternativa nesse meio, pois sua execução e resultados são rápidos, envolvem menor custo, seus resultados têm menor interferência de fatores individuais dos animais e também possuem uma boa reprodutibilidade, tornando-as uma alternativa para a realização da triagem de matérias primas (EGGER *et al.*, 2017). Segundo Shurson et al. (2021), entre os métodos *in vitro* disponíveis, existem os métodos multienzimáticos que simulam as etapas dos processos digestivos no animal, dos quais o sistema de duas etapas de (BOISEN; FERNÁNDEZ, 1995), e de três etapas de (BOISEN; FERNÁNDEZ, 1997), parecem promover resultados satisfatórios para estimar a digestibilidade da matéria seca e entre outros nutrientes, ambas as metodologias resumem-se ao uso de enzimas que são adicionadas em cada uma das etapas de simulação do processo da digestão nos animais, em que o resíduo obtido no final do

processo é coletado e analisado. O método de duas etapas simula os processos enzimáticos do estômago e intestino delgado, e é um método que pode ser utilizado para avaliar a digestibilidade de proteínas e aminoácidos, já o método de três etapas busca simular a digestão total do trato digestivo, ou seja, estômago, intestino delgado e intestino grosso, permitindo avaliar a digestibilidade da matéria seca e orgânica.

Conforme Bellaver et al. (2000), conhecer a digestibilidade dos aminoácidos traz impactos positivos sobre o animal e ao meio ambiente, em que os resultados mais confiáveis e de boa repetibilidade são obtidos por meio das técnicas *in vivo*, por meio da coleta de amostras de digesta ileal de aves e suínos, contudo são métodos que envolvem maior gasto tempo e de recursos, assim a solubilidade em pepsina, baseada nas recomendações da Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1995), é um método *in vitro* e que pode ser utilizado como alternativa ao modelo *in vivo* para avaliar a digestibilidade das proteínas de origem animal, tendo boa correlação e sendo executada em menor tempo e com menor custo, e por isso tornou-se um método muito adotada nas fábricas de rações. Conforme os mesmos autores, essa técnica pode apresentar limitações, devido à grande concentração de pepsina utilizada, de 0,2%, e ao avaliarem a possibilidade de utilizar menores concentrações de pepsina e assim melhorar a precisão, os autores concluíram que a concentração de 0,0002% melhorou a estimativa da solubilidade das farinhas de carne e ossos com alta ou baixa proteína bruta. Desta forma, os autores possibilitaram a adaptação da técnica original, realizando a inclusão da pepsina em concentrações de 0,0002% a uma atividade de 1:10000 e também pode-se substituir a etapa de filtração pela centrifugação da amostra a 2.500 RPM por 15 minutos, em que o sobrenadante é submetido a análise do nitrogênio solúvel ao invés do resíduo da amostra.

De acordo Bellaver e Zanotto (2004), a variação da concentração de pepsina afeta a solubilidade do nitrogênio, que é menor conforme a concentração de pepsina é reduzida e por isso verificam-se valores diferentes na digestibilidade da proteína nas amostras de maior e menor qualidade, e desta forma podem ser utilizadas para avaliar a qualidade das FOA. Em seu estudo, aplicando a metodologia adaptada de Bellaver et al. (2000), os autores

buscaram determinar um valor de solubilidade proteica que indicasse a boa ou má qualidade das farinhas de aves e como resultado o valor de 55% ou mais de digestibilidade em pepsina foi considerado como indicativo de boa qualidade.

O aumento do uso das metodologias *in vitro* também podem beneficiar e ser uma alternativa para o princípio dos 3Rs (Reduction, Refinement and Replacement), que traduzindo para o português significam redução, refinamento e substituição, esses princípios buscam estabelecer algumas formas de minimizar a dependência pelo uso de animais em experimentação. A redução está relacionada com a menor número de animais utilizados para obter-se uma mesma informação, o refinamento busca minimizar e aliviar a dor, o sofrimento e conseqüentemente o estresse, e por último, a substituição está voltada ao uso de formas alternativas que possibilitem concluir determinado objetivo sem a utilização de animais vertebrados vivos, desta forma, qualquer meio que possibilite beneficiar esses princípios nos trabalhos de ensino e pesquisa podem ser chamados de métodos alternativos (CAMPOS *et al.*, 2016).

### 3 ARTIGO 1: EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DA ENERGIA METABOLIZÁVEL *IN VITRO* DO MILHO PARA FRANGOS DE CORTE E SUÍNOS

Os resultados desta dissertação são apresentados na forma de artigo (a ser submetido, submetido, aprovado ou publicado), com a seções de acordo com as orientações da Revista Ciência Animal Brasileira (Versão impressa ISSN: 1518-2797 e Versão on-line ISSN: 1809-6891).

Jardel Andrei Müller<sup>1</sup>, Fernando de Castro Tavernari<sup>1,2</sup>, Teresinha Marisa Bertol<sup>2</sup>, Francisco Noé da Fonseca<sup>2</sup>, Diego Surek<sup>2</sup>, João Alberto Suzin Marini<sup>2</sup>, Marcel Manente Boiago<sup>1</sup>, Arlei Coldebella<sup>2</sup> e Vicky Lilge Kawski<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Zootecnia, Universidade do Estado de Santa Catarina, Chapecó, Santa Catarina, 89815-630, Brasil

<sup>2</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, Santa Catarina, 89715-899, Brasil

#### Resumo

Objetivou-se avaliar se variáveis determinadas pela digestibilidade *in vitro* do milho e a sua composição físico-química contribuem para a predição da energia metabolizável do milho para frangos de corte e suínos. Foram avaliados seis lotes de milho, moídos em duas intensidades de moagem, denominados como milho com granulometria grossa (MGG) e milho com granulometria fina (MGF), perfazendo 12 tratamentos, e que foram submetidos a digestibilidade *in vitro* de três etapas, avaliadas em triplicata, e utilizados para determinar os valores de energia digestível *in vitro* (EDIV), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIGIVMS) e o coeficiente de digestibilidade *in vitro* da energia bruta (CDIVEB). Entre os modelos gerados, o modelo que se ajustou melhor para estimar a EMAn para frangos de corte foi o 3, utilizando a EDIV ( $Y = 902,3 + 0,7319 \times \text{IDIV\_MGF}$ ;  $R^2 = 0,617$ ; erro de predição = 36,7 kcal/kg), e para suínos o melhor modelo foi o 12, que contemplou a EDIV, DGM e densidade (DN) ( $Y = -889,4 + 1,091 \times \text{IDIV\_MGF} + 2,085 \times \text{DN}$ , se  $\text{DGM} \leq 450,23$  ou  $-1811,4 - 0,173 \times \text{DGM} + 1,091 \times \text{IDIV\_MGF} + 2,085 \times \text{DN}$ , se  $\text{DGM} > 450,23$ ;  $R^2 = 0,976$ ; erro de predição = 13,3 kcal/kg). Com base nos resultados

obtidos, a utilização das variáveis determinadas *in vitro*, juntamente com as características físico-químicas dos milhos, melhoram a predição da EMAn para frangos de corte e suínos.

**Palavras-chave:** predição; digestibilidade; composição físico-química.

### **Abstract**

The study aimed to evaluate whether variables determined by the *in vitro* digestibility of corn and its physicochemical composition contribute to the prediction of metabolizable energy of corn for broiler chickens and swine. Six batches of corn, ground at two milling intensities, called coarse-grained corn (MGG) and fine-grained corn (FGM), were evaluated, totaling 12 treatments, which were submitted to *in vitro* digestibility in three stages, evaluated in triplicate, and used to determine *in vitro* digestible energy (EDIV), *in vitro* dry matter digestibility (DIGIVMS) and *in vitro* gross energy digestibility coefficient (CDIVEB). Among the models generated, the model that best fitted to estimate AMEn for broilers was model 3, using EDIV ( $Y = 902.3 + 0.7319 \times \text{IDIV\_MGF}$ ;  $R^2 = 0.617$ ; prediction error = 36.7 kcal/kg), and for pigs the best model was 12, which included EDIV, DGM and density (DN) ( $Y = -889.4 + 1.091 \times \text{IDIV\_MGF} + 2.085 \times \text{DN}$ , if  $\text{DGM} \leq 450.23$  or  $-1811.4 - 0.173 \times \text{DGM} + 1.091 \times \text{IDIV\_FGM} + 2.085 \times \text{DN}$ , if  $\text{DGM} > 450.23$ ;  $R^2 = 0.976$ ; prediction error = 13.3 kcal/kg). Based on the results obtained, the use of variables determined *in vitro*, together with the physicochemical characteristics of corn, improve the prediction of AMEn for broiler chickens and pigs.

**Keywords:** prediction; digestibility; physical-chemical composition.

## 3.1 INTRODUÇÃO

O milho é uma das principais matérias primas utilizadas na alimentação de frangos de corte e suínos, fornecendo componentes necessários para o desempenho zootécnico dos animais e corresponde a principal fonte de energia das rações. É considerado um alimento de alto valor nutricional, composto por carboidratos, baixo nível de fibras e polissacarídeos não amiláceos solúveis (ODJO *et al.*, 2015), possui óleos poli-insaturados e ácidos graxos essenciais, como o ácido linoléico, aminoácidos sulfurados, como a

cisteína e a metionina, e apesar do seu baixo nível proteico, sua alta inclusão nas rações determina uma parcela importante da proteína ingerida pelo animal (LOY; LUNDY, 2019). Além disso, também corresponde a um dos maiores custos com a nutrição, colaborando para a necessidade de estratégias para manutenção da qualidade das dietas e para redução dos custos de produção (VALADARES *et al.*, 2016).

Para trabalharmos com uma nutrição de precisão é necessário conhecer o valor nutricional do milho. Apesar da disponibilidade dos valores médios da composição nutricional e digestibilidade (ROSTAGNO *et al.*, 2017), a grande variabilidade qualitativa, resultante da genética do cultivar, das práticas agrônômicas, do clima e do processamento da matéria prima (HENZ *et al.*, 2013; ODJO *et al.*, 2015), dificulta o atendimento do requerimento nutricional dos animais. Assim, para determinarmos com precisão o valor nutricional, são aplicadas metodologias de digestibilidade *in vivo* para determinar a energia metabolizável aparente (EMA), que é um procedimento que possibilita o melhorar o ajuste nutricional das rações (SHURSON *et al.*, 2021), controlando gastos com aditivos e óleos, que são necessários para corrigir o déficit nutricional (MALLMANN *et al.*, 2019), e assim melhorando a utilização dos nutrientes e minimizando o custo ambiental da atividade (LEE *et al.*, 2017). O método tradicional com coleta total de fezes e urina ou excretas é preconizado para determinar a energia digestível e metabolizável (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016). Entretanto, sua aplicação em programas de controle de qualidade é impraticável, pois é um ensaio demorado e caro (SHURSON *et al.*, 2021).

Nesse sentido, existem metodologias de digestibilidade *in vitro*, que buscam simular as condições de digestão enzimáticas do trato digestório dos animais. São metodologias mais rápidas, com menor custo e interferência dos fatores individuais dos animais, boa reprodutibilidade e podem ser eficazes para triagem de matérias primas (EGGER *et al.*, 2017). Entre os métodos disponíveis, o protocolo de três etapas de (BOISEN; FERNÁNDEZ, 1997), parece promover resultados satisfatórios e simula a digestibilidade enzimática do trato total (SHURSON *et al.*, 2021). Adicionalmente, as equações de predição, podem estimar a energia metabolizável de forma indireta, a partir das

informações bromatológicas, possibilitando minimizar o efeito da variabilidade nutricional, melhorar a matriz dos alimentos, maximizar a utilidade das informações laboratoriais e também possibilitar a predição do desempenho animal e controlar os custos da atividade (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016). Além disso, as alternativas acima podem contribuir para os princípios dos 3Rs (Reduction, Refinement and Replacement), reduzindo a dependência do uso de animais em experimentação para a obtenção de uma mesma informação (CAMPOS et al., 2016). Desta forma, equações de predição compostas por variáveis físico químicas e de digestibilidade *in vitro* podem melhorar a predição da energia metabolizável para frangos de corte. Assim sendo, objetivou-se avaliar se variáveis determinadas pela digestibilidade *in vitro* do milho e a sua composição físico química e DGM podem ser utilizadas para predição da energia metabolizável do milho para frangos de corte e suínos.

## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 Local do experimento

O ensaio foi conduzido nas dependências da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Suínos e Aves, de Concórdia – Santa Catarina.

### 3.2.2 Obtenção dos milhos

Foram utilizados seis lotes de milhos oriundos de diferentes regiões e países, adquiridos por meio de uma empresa parceira da Embrapa. Inicialmente cada um dos lotes de milho foi moído em moinho martelo com uma peneira de 3,5 mm de diâmetro de abertura. Uma amostra representativa de cada lote moído foi coletada e encaminhada para o Laboratório de Análises Físico-Químicas (LAFQ) da Embrapa, para determinar a composição bromatológica dessas amostras. Primeiramente as amostras foram submetidas a análise da granulometria, determinando-se o diâmetro geométrico médio (DGM) das partículas conforme o método oficial (ASAE, 2008), sendo utilizado para cálculo o software GranuCalc® (EMBRAPA, 2013). Posteriormente as amostras foram moídas em um moinho de facas tipo Willey para obtenção da

granulometria padrão para análises laboratoriais (<1mm), feito isso, as amostras foram submetidas as análises laboratoriais para obtenção da composição bromatológica. Sendo elas, da matéria seca (MS), determinada pelo método gravimétrico (IAL 012/IV), matéria mineral, determinada por gravimetria (CBAA Método N° 36) (Método 942,05; AOAC Int., 1995), proteína bruta (PB), determinada como nitrogênio total pelo método Dumas (AOAC 990.03; AOAC 992.15; AOAC; 992.23; AOAC 993.13; AOAC Int., 1995) e o resultado multiplicado por 6,25, energia bruta (EB), determinada por calorimetria (Leco Corporation. AC500 Automatic Calorimeter Instruction Manual. Version 1.2x/IKA® Calorimeter System C 2000 - Operating instructions), extrato etéreo (EE), extraído com éter de petróleo por meio do sistema Ankom XT15 (Macedon, NY, USA) e também foi determinado a densidade (USDA, 2009) e a fibra bruta (FB) (método 962.09; AOAC Int., 1995). Além dessas análises também foi determinado o amido total (AT), amido resistente (AR), amido não resistente (ANR), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e a fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), no laboratório da Seara Alimentos.

*Tabela 1 - Composição química e diâmetro geométrico médio dos lotes de milho avaliados no estudo.*

Variável	Origem do milho						Média e DP
	A	B	C	D	E	F	
MS, %	88,8 0	90,3 2	88,8 2	88,8 6	88,3 0	88,1 6	88,88 ± 0,77
MO, %	86,9 4	87,1 5	86,9 7	87,0 3	86,9 6	86,9 7	87,00 ± 0,08
MM, %	1,06	0,85	1,03	0,97	1,04	1,03	1,00 ± 0,08
PB, %	7,84	7,33	8,22	7,99	8,37	8,75	8,08 ± 0,49
EB, kcal/kg	3938	3926	3990	3940	3959	4105	3976 ± 66,88
EE, %	3,53	3,53	4,22	3,56	3,66	4,14	3,77 ± 0,32
FB, %	1,45	1,47	1,22	1,50	1,53	1,50	1,45 ± 0,11
FDA, %	2,21	1,96	2,04	2,44	1,99	2,2	2,14 ± 0,18
FDN, %	8,87	8,12	8,13	8,92	8,32	8,83	8,53 ± 0,38
ANR, %	62,9	64,9 9	60,1 9	64,3 9	59,4 3	60,5 1	62,07 ± 2,35
AR, %	1,52	1,13	0,98	1,22	1,57	2,56	1,50 ± 0,57

AT, %	64,4 2	66,1 2	61,1 9	65,6	61	63,0 6	63,57 ± 2,19
DN, g/L	711	782	722	749	772	774	752 ± 29,57
DGM, µm	687	621	583	670	722	803	681 ± 77,36

MS= Matéria Seca; MO= Matéria Orgânica; MM= Matéria Mineral; PB= Proteína Bruta; EB= Energia Bruta; EE= Extrato Etéreo; FB= Fibra Bruta; FDA= Fibra Insolúvel em Detergente Ácido; FDN= Fibra insolúvel em Detergente Neutro; ANR= Amido Não Resistente; AR= Amido Resistente; AT= Amido Total; DN= Densidade; DGM= Diâmetro Geométrico Médio;

### 3.2.3 Experimentos anteriores de digestibilidade *in vivo*

Os mesmos lotes de milho do presente estudo, moídos com uma peneira de 3,5 mm de diâmetro de abertura, foram submetidos aos ensaios de digestibilidade *in vivo* padrão com frangos de corte e suínos, em estudos anteriores da Embrapa, ainda não publicados, para determinar o conteúdo energético e aminoacídico. Esses dados pertencem ao banco de dados da Embrapa Suínos e Aves e foram utilizados para compor o banco de dados do presente estudo.

### 3.2.4 Tratamentos

O ensaio de digestibilidade *in vitro* foi composto pelos seis lotes de milho, moídos em duas intensidades de moagem (grosseira e fina), perfazendo 12 tratamentos e que foram avaliadas em triplicata, perfazendo 36 unidades experimentais. As intensidades de moagem foram compostas pelos lotes moídos com a peneira de 3,5 mm de diâmetro de abertura da fábrica de ração, e que foram denominados como milho com granulometria grossa (MGG), e o ensaio também foi composto pelos milhos moídos em granulometria padrão para laboratório (<1mm) e que foram denominados como milho com granulometria fina (MGF).

### 3.2.5 Digestibilidade *in vitro*

O experimento de digestibilidade *in vitro* foi composto pelo ensaio de digestibilidade da matéria orgânica de três etapas proposto por (BOISEN; FERNÁNDEZ, 1997). No presente estudo essa metodologia foi utilizada para determinar a energia digestível *in vitro* (EDIV), digestibilidade *in vitro* da matéria

seca (DIGIVMS) e o coeficiente de digestibilidade *in vitro* da energia bruta (CDIVEB).

### *Etapa I*

Foram pesadas 0,5 gramas (g) de amostra de milho, em triplicata, em um erlenmeyer de 250 mL com auxílio de uma balança analítica de precisão 0,1 mg (0,0001) (Shimadzu - AUY-220). Cada bateria de digestão foi composta por nove recipientes com amostras e um recipiente sem amostra (branco), este último foi submetido a todos processos envolvidos nas etapas de digestão, exceto pelo uso da amostra de milho, e que foi utilizado para correção dos cálculos. Após a pesagem, foi adicionado em cada recipiente 25 mL da solução de tampão fosfato 0,1Mol (M) de pH 6,0 e 10 mL de ácido clorídrico (HCl) 0,2M. Em seguida foi mensurado o pH, e foi ajustado com HCl 1M ou hidróxido de sódio (NaOH) 1M, até chegar em pH 2,0. Feito isso, foi adicionado 1 mL da solução de pepsina recém preparada (0,025 g de pepsina (Sigma-Aldrich P7125 - Pepsina de mucosa gástrica suína -  $\geq 400$  unidades/mg de proteína), diluída em 1 mL de água ultra pura tipo 1 (Água Milli-Q®) e homogeneizada com um agitador vortex (XH-D VORTEX)), após isso foi adicionado 0,5 mL da solução de cloranfenicol (0,5g de cloranfenicol em 100 mL etanol puro), para evitar o desenvolvimento bacteriano. Enfim, os frascos foram tampados com papel alumínio e colocados em uma incubadora (NT715 – Incubadora Shaker de Laboratório Refrigerada com movimento orbital - NovaTecnica), aquecida à 39 °C e ajustada uma agitação de 300 RPM durante duas horas.

### *Etapa II*

Após as duas primeiras horas de digestão, os recipientes foram retirados da incubadora e foi adicionado 10 mL da solução de tampão fosfato 0,2M de pH 6,8 e 5 mL de NaOH 0,6 M. Feito isso, foi mensurado o pH, e foi ajustado para 6,8 por meio das soluções de HCl 1M ou NaOH 1M. Em seguida foi adicionado 1 mL da solução de pancreatina recém preparada (1mL de água ultra pura tipo 1 + 0,1g de pancreatina (Sigma-Aldrich P3292- Pancreatina de pó de pâncreas suíno, adequada para cultura de células, 4 x USP especificações) que foi homogeneizada em um agitador vortex e centrifugada a

2500 RPM por oito minutos (Solab SL-701 - Centrífuga de Bancada Refrigerada) e então foi coletado o sobrenadante) e em seguida os frascos foram tampados com papel alumínio e incubados por 4 horas, a 39 °C e com agitação a 300 RPM.

### *Etapa III*

Após as quatro horas de digestão da segunda etapa, os recipientes foram retirados da incubadora e foi adicionado 10 mL da solução de ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) em cada um dos recipientes e em seguida o pH foi mensurado e ajustado para 4,8 por meio da solução com ácido acético 30% ou NaOH 1M. Na sequência, foi adicionado 0,5 mL de Viscozyme® (Sigma-aldrich V2010 - complexo multienzimático de carboidrases) e então os recipientes foram tampados com papel alumínio e incubados por 18 horas, a 39 °C e com agitação a 300 RPM.

### *Finalização*

Após esse período de digestão, as amostras foram retiradas da incubadora e foram filtradas com auxílio dos funis de vidros com 0,4 g de celite, um kitassato de 1000 mL e uma bomba de vácuo. Para realizar a filtragem, o conteúdo contido nos recipientes foi transferido para os funis de vidro e filtrados, após isso foi realizado a lavagem do erlenmeyer com água ultra pura tipo 1, para realizar a coleta dos resíduos remanescentes. Em seguida, foi realizada a lavagem do Erlenmeyer e do resíduo com 20 mL de etanol absoluto 99% seguido de 20 mL de acetona. Após essa etapa, as amostras foram transferidas para uma estufa de 105 °C durante ±18 horas, ou até que o peso ficou constante. Após isso, a amostra foi pesada para determinar a DIGIVMS, CDIVEB e na sequência foi encaminhada para determinar a EB e posteriormente a EDIV.

### *Cálculos*

$$\text{DIGIVMS (\%)} = ((\text{MS inicial (g)} - (\text{MS final (g)} - \text{MS branco (g)})) / \text{MS inicial (g)}) * 100$$

$$\text{EDIV (Kcal/kg)} = ((\text{EB inicial (g)} - (\text{EB final (g)} - \text{EB branco (g)})) / \text{Massa inicial (g)}) * 1000$$

$$\text{CDIVEB (\%)} = ((\text{EB inicial (Kcal/kg)} - (\text{EB final (Kcal/kg)} - \text{EB branco (Kcal/kg)})) / \text{EB inicial (Kcal/kg)}) * 100$$

### 3.2.6 Análise estatística

#### *Modelagem das equações para predição da EMAn*

##### *Modelagem para suínos*

Para a modelagem das equações de predição da EMAn para suínos foram utilizados os dados de 14 amostras de milho dos estudos anteriores desenvolvidos na Embrapa Suínos e Aves, moídas em cinco diferentes granulometrias a partir de diferentes peneiras, totalizando 70 amostras de milho moído. Esse conjunto de avaliações foi complementado com a avaliação *in vivo* dos seis lotes de milho do presente estudo, totalizando 76 amostras de milho. A partir desse conjunto de dados foi realizada a análise exploratória para identificar possíveis outliers. Na sequência foram ajustados mais de 300 modelos, entre eles, lineares e não-lineares, visando estimar a EMAn do milho para suínos, considerando diversas combinações de variáveis físico-químicas, entre elas a EB, DN, DGM, amido e também a EDIV.

##### *Modelagem para frangos de corte*

Para realizar a modelagem das equações de predição da EMAn para frangos de corte, foram utilizados os dados de digestibilidade *in vivo* dos seis lotes de milho em conjunto com os dados de um estudo anterior da Embrapa Suínos e Aves, para qual foram utilizadas 14 amostras de milhos. Após a análise exploratória destas 14 amostras de milho, uma foi retirada por apresentar padrão diferenciado das demais e assim, foram mantidas 13 amostras de milho e que foram avaliadas em quatro a cinco granulometrias diferentes no estudo dos autores e assim totalizaram 60 amostras. Esse conjunto de avaliações foi complementado com a avaliação *in vivo* dos seis lotes de milho do presente estudo, totalizando 66 amostras de milho. Em seguida foram ajustados mais de 300 modelos, entre eles, lineares e não-lineares, para estimar a EMAn do milho para frangos de corte,

considerando diversas combinações de variáveis físico-químicas, entre elas a EB, DN e DGM do milho e também a EDIV.

Posteriormente foi realizada a análise dos dados *in vitro* em conjunto com a EMAn e foram avaliados os modelos lineares contendo o conteúdo de amido e valores do ensaio *in vitro*, nos quais foram incluídos os componentes lineares mais relevantes e complementando modelos selecionados anteriormente. Para a análise estatística foram adotados os procedimentos GENMOD e NLMIXED do software SAS (2008). A escolha dos melhores modelos para prever a energia metabolizável foi baseada no Critério de Informação de Akaike (AIC) e para os modelos escolhidos foram calculados os coeficientes de determinação e os erros de predição (absoluto e relativo).

### 3.3 RESULTADOS

#### 3.3.1 Digestibilidade *in vitro*

Nas Tabela 2 e Tabela 3 estão apresentados os resultados do ensaio de digestibilidade *in vitro* do MGG e do MGF. Foi observado que houve efeito da granulometria sobre os resultados da digestibilidade *in vitro*, nas amostras do MGG, o milho C, com menor DGM, apresentou maior valor de DIGIVMS, EDIV e CDIVEB, com respectivamente 66%, 2460 kcal/kg e 62%, já o milho F, com maior DGM, apresentou valores significativamente mais baixos, com respectivamente 51%, 1818 kcal/kg e 44%. Contudo, quando as amostras foram moídas para compor o MGF e foram submetidas a digestibilidade *in vitro*, essa diferença foi minimizada e os valores de EDIV ficaram aproximados, com 3257 kcal/kg para o milho C e 3218 kcal/kg para F.

Foi marcante a diferença obtida no ensaio para determinar a DIGIVMS e a EDIV dos milhos com granulometria grossa e fina (Tabela 3). A utilização da granulometria fina promoveu aumento da DIGIVMS em 21,07% e quando observamos a CDIVEB houve o aumento de 24,67% e que correspondeu a 983,36 kcal/kg de diferença.

Tabela 2 - Variáveis determinadas na digestibilidade *in vitro* (na matéria seca).

Variável	Origem do Milho					
	A	B	C	D	E	F
DIGIVMS, % <sup>1</sup>	61	67	66	56	59	51
EDIV, kcal/kg <sup>1</sup>	2155	2431	2460	1941	2124	1818
CDIVEB, % <sup>1</sup>	55	62	62	49	54	44
DIGIVMS, % <sup>2</sup>	81	80	84	80	83	80
EDIV, kcal/kg <sup>2</sup>	3093	3066	3257	3067	3130	3218
CDIVEB, % <sup>2</sup>	79	78	82	78	79	78

DIGIVMS= Digestibilidade *in vitro* da matéria seca; EDIV= Energia digestível *in vitro*

CDIVEB= Coeficientes de digestibilidade *in vitro* da energia bruta;

<sup>1</sup>Milho de granulometria grossa (MGG) (peneira de 3,5mm);

<sup>2</sup> Milho de granulometria fina (MGF) (<1mm).

Tabela 3 – Estatísticas descritivas da digestibilidade *in vitro* dos seis lotes de milho.

Variável	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
DIGIVMS, % <sup>1</sup>	60,17	6,22	50,66	67,09
EDIV, kcal/kg <sup>1</sup>	2154,96	256,52	1818,36	2460,21
CDIVEB, % <sup>1</sup>	54,25	6,90	44,30	61,91
DIGIVMS, % <sup>2</sup>	81,21	1,78	79,59	84,12
EDIV, kcal/kg <sup>2</sup>	3138,32	81,04	3066,41	3256,54
CDIVEB, % <sup>2</sup>	78,92	1,38	77,83	81,62

DIGIVMS= Digestibilidade *in vitro* da matéria seca; EDIV= Energia digestível *in vitro*

CDIVEB= Coeficientes de digestibilidade *in vitro* da energia bruta;

<sup>1</sup>Milho de granulometria grossa (MGG) (peneira de 3,5mm);

<sup>2</sup> Milho de granulometria fina (MGF) (<1mm).

### 3.3.2 Equações de predição para frangos de corte

Na Tabela 4 estão apresentadas as estimativas dos parâmetros dos melhores modelos que foram gerados para estimar a EMAn dos seis lotes de milho para frangos de corte. A avaliação do ajuste dos modelos permite observar que a inclusão da EDIV do MGF, melhorou a predição da EMAn.

Os modelos 2, 5, 7, 8 e 9, foram baseadas em apenas uma variável preditora e contemplaram, respectivamente, a EDIV do MGG, AR, CDIVMS do MGG, CDIVMS do MGF e FB. Essas variáveis não se ajustaram bem aos modelos testados, apresentando os maiores valores do AIC (72,44), os menores coeficientes de determinação ( $R^2=0,179$ ) e os maiores erros de predição (57,74 kcal/kg e 1,81%).

O modelo 3, que utilizou a EDIV do MGF como único preditor, apresentou bom ajuste para estimar a EMAn. A correlação gerada foi do tipo positiva moderada, com  $R^2=0,617$  e o erro de predição foi relativamente baixo, com 36,7 kcal/kg ou 1,14%. Além disso, o modelo apresentou um dos menores valores do AIC, que foi de 68,1. Nesse modelo, o valor foi positivo para a EDIV do MGF, indicando que quanto maior for essa variável maior será a EMAn estimada. Na Figura 1 estão apresentados os valores estimados da EMAn pelo modelo 3, comparados com os valores obtidos no ensaio de metabolismo.

Os modelos 4 e 6, contendo respectivamente o AT e ANR, também se ajustaram bem aos dados. O modelo 4 apresentou valor moderado para o  $R^2=0,722$  e também teve o menor erro de predição entre todos os modelos apresentados, com 28,8 kcal/kg ou 0,89% e também teve um dos menores valores do AIC, de 66,1. O modelo 6 apresentou alto coeficiente de determinação, com  $R^2=0,872$ , e teve o menor erro de predição, 21,4 kcal/kg ou 0,67% e além disso o modelo teve o menor valor do AIC (61,5), entre todos os demais modelos. Contudo, ambos os modelos apresentaram problemas com plausibilidade biológica, pois apresentam estimativas negativas para seus parâmetros, indicando que quanto maior o amido (AT e ANR), menor é a energia metabolizável estimada.

Quando avaliamos os resultados das estimativas dos parâmetros ligados a FB e EE, também parecem não ter plausibilidade biológica nos modelos 10 e 12. O modelo 10 apresentou o melhor ajuste, com  $R^2=0,900$ , teve o menor erro de predição (18,6 kcal/kg e 0,58%) e o AIC foi de 62,0, correspondendo ao segundo menor valor entre os demais modelos. O modelo 10 contemplou a EDIV do MGF e a FB, o valor encontrado para ambas as variáveis foi positivo, indicando que quanto maior for a EDIV do MGF e FB, maior será a EMAn. O modelo 12 também apresentou bom ajuste, com  $R^2=0,637$ , e o

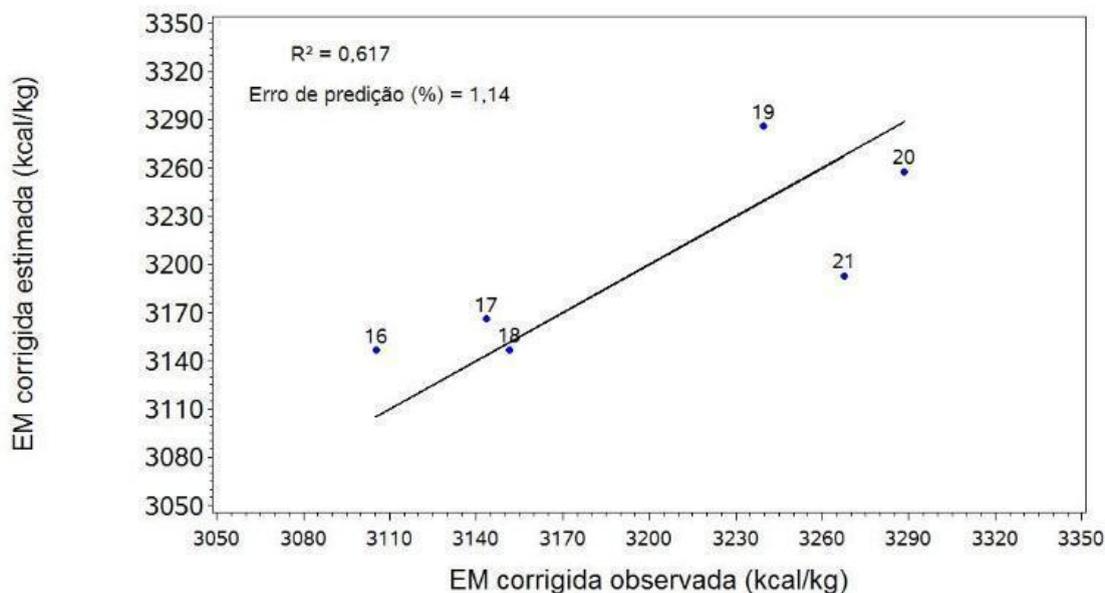
erro de predição foi baixo (39,1 kcal/kg ou 1,22%), e além disso o valor do AIC foi de 69,7. Esse modelo contemplou a EDIV do MGF e o EE, o valor encontrado foi positivo para a EDIV do MGF e negativo para o EE, indicando que quanto menor a quantidade de EE maior é a EMAn estimada. O modelo 11 também apresentou um ajuste razoável, com  $R^2=0,552$ , o erro de predição foi de 37,6 kcal/kg ou 1,17%) e o valor do AIC foi de 69,0, e esse modelo foi composto apenas pelo EE como preditor, com um valor positivo para essa variável, indicando que quanto maior o EE maior será a EMAn estimada.

Tabela 4 - Modelos testados, estimativas dos parâmetros e respectivos critérios de informação de Akaike (AIC), coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e erros de predição da EMAn para frangos de corte.

Modelo	AIC	$R^2$	Erro de predição (kcal/kg)	Erro de predição (%)
1. $\hat{y} = 3199,3$	71,8	-	65,9	2,06
2. $\hat{y} = 3432,5 - 0,1082 \times IDIV_{MGG}$	72,9	0,135	63,7	1,99
3. $\hat{y} = 902,3 + 0,7319 \times IDIV_{MGF}$	68,1	0,617	36,7	1,14
4. $\hat{y} = 5064,1 - 29,34 \times AT$	66,1	0,722	28,8	0,89
5. $\hat{y} = 3082,6 + 77,96 \times AR$	71,3	0,342	49,9	1,56
6. $\hat{y} = 5067,1 - 30,1 \times ANR$	61,5	0,872	21,4	0,67
7. $\hat{y} = 3572,7 - 6,206 \times CDIVMS_{MGG}$	72,0	0,262	57,0	1,79
8. $\hat{y} = 1867,9 + 16,396 \times CDIVMS_{MGF}$	72,2	0,149	53,6	1,67
9. $\hat{y} = 3272,7 - 50,83 \times FB$	73,8	0,006	64,5	2,02
10. $\hat{y} = -993,1 + 1,1288 \times IDIV_{MGF} + 450,09 \times FB$	62,0	0,900	18,6	0,58
11. $\hat{y} = 2541,7 + 174,36 \times EE$	69,0	0,552	37,6	1,17
12. $\hat{y} = -522,5 + 1,3884 \times IDIV_{MGF} - 168,5 \times EE$	69,7	0,637	39,1	1,22

$\hat{y}$  = Valor estimado da energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (kcal/kg); EDIV\_MGF= Energia digestível *in vitro* do milho de granulometria fina (kcal/kg); EDIV\_MGG= Energia digestível *in vitro* do milho de granulometria grossa (kcal/kg); AT= Amido total (%); AR= Amido resistente (%); ANR= Amido não resistente (%); DIGIVMS\_MGG= Digestibilidade *in vitro* da matéria seca do milho de granulometria grossa (%); DIGIVMS\_MGF= Digestibilidade *in vitro* da matéria seca do milho de granulometria fina (%); FB= Fibra bruta (%); EE= Extrato etéreo (%).

Figura 1 – Predição da EMAn para frangos de corte observada no modelo 3.



Linha cheia representa o valor obtido e os pontos representam os valores estimados.  
Identificação dos lotes de milho: 16: B; 17: A; 18: D; 19: C; 20: F; 21: E.

### 3.3.3 Equações de predição para suínos

Na Tabela 5 estão apresentadas as estimativas dos parâmetros dos melhores modelos que foram gerados para estimar a EMAn dos seis lotes de milho para suínos. A avaliação do ajuste dos modelos permite observar que a inclusão da EDIV do MGF melhorou a predição da EMAn e além disso, qualquer modelo que não contemplou a EDIV do MGF apresentou ajuste com maior erro de predição.

Os modelos 2, 4, 5, 6, 7, 8 são modelos que foram compostos por apenas uma variável preditora, as quais foram compostas por respectivamente EDIV do MGG, AT, AR, ANR, CDIVMS do MGG e CDIVMS do MGF. Em contrapartida, os modelos 9 e 11, foram compostos por mais de uma variável preditora, o primeiro pela EDIV do MGG e DGM, e o segundo pela EDIV do MGG, DN e DGM. Todos esses modelos apresentaram baixos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), com média de  $R^2=0,287$ , e os maiores erros de predição, com valor médio de 69,79 kcal/kg e 2,12% e os maiores valores do AIC, com valor médio de 76,64.

O modelo 3, que contemplou a EDIV do MGF como única variável, apresentou bom ajuste. A EDIV do MGF teve um valor moderado de coeficiente

de determinação, com  $R^2=0,569$ , e quando comparado aos modelos apresentados acima, o erro de predição melhorou razoavelmente, com 60,4 kcal ou 1,83%, corresponde a 9,39 kcal/kg e 0,29% de aumento, respectivamente, e valor do AIC foi de 72,7, correspondendo ao terceiro menor valor entre os modelos gerados. E o valor encontrado para essa variável foi positivo, indicando que quanto maior for a EDIV do MGF, maior será a EMAn estimada. Na Figura 2 estão apresentados os valores estimados da EMAn pelo modelo 3, comparados com os valores obtidos no ensaio de metabolismo.

O modelo 10, contemplou duas variáveis preditoras, a EDIV do MGF e o DGM, e foi composto por dois segmentos, condicionados pelo DGM. Esse modelo apresentou bom ajuste aos dados, apresentando um coeficiente de determinação moderado, de  $R^2=0,702$ , e teve menor erro de predição, 43,4 kcal/kg e 1,33%, quando comparado ao modelo anterior, com um incremento de 17,00 kcal/kg e 0,50%, e além disso o modelo apresentou o segundo menor valor do AIC (72,5), quando comparado aos demais modelos avaliados. A EDIV do MGF teve valor positivo, indicando que quanto maior for essa variável, maior a EMAn estimada, e além disso o modelo apresentou um ponto de quebra a partir do DGM, em que amostras com valores acima de 468,83  $\mu\text{m}$ , tendem a reduzir a EMAn. Na Figura 3 estão apresentados os valores estimados da EMAn pelo modelo 10, comparados com os valores obtidos no ensaio de metabolismo.

O modelo com melhor ajuste foi o 12, o qual contemplou três variáveis preditoras, a EDIV do MGF, DGM e a DN, e também foi composto por dois segmentos, condicionados pelo DGM. O modelo apresentou alto coeficiente de determinação, com  $R^2=0,976$ , correspondendo ao maior valor entre todos os modelos testados, e também teve o menor valor de AIC, que foi de 59,4, e além disso o erro de predição foi o menor entre todos os modelos avaliados, com 13,3 kcal/kg ou 0,41%, um incremento de 47,1 kcal/kg e 1,42%, em relação ao modelo 3 e 30,1 kcal/kg e 0,92%, em relação ao modelo 10. O valor da EDIV do MGF e da DN foram positivos, indicando que quanto maior for o valor dessas variáveis, maior será a EMAn estimada. Além disso, o modelo também apresentou um ponto de quebra a partir do DGM da amostra avaliada, em que amostras acima de 450,23  $\mu\text{m}$ , tendem a deixar de contribuir para a

EMAn estimada. Na Figura 4 estão apresentados os valores estimados da EMAn pelo modelo 12, comparados com os valores obtidos no ensaio de metabolismo.

Tabela 5 - Modelos testados, estimativas dos parâmetros e respectivos critérios de informação de Akaike (AIC), coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e erros de predição da EMAn para suínos.

Modelo	AIC	$R^2$	Erro de predição (kcal/kg)	Erro de predição (%)
1. $\hat{y} = 3298,0$	75,8	-	78,6	2,38
2. $\hat{y} = 3431,0 - 0,0617 x IDIV_{MGG}$	77,7	0,023	80,2	2,43
3. $\hat{y} = 227,2 + 0,9785 x IDIV_{MGF}$	72,7	0,569	60,4	1,83
4. $\hat{y} = 4910,7 - 25,37 x AT$	75,8	0,279	68,6	2,07
5. $\hat{y} = 3129,4 + 112,51 x AR$	75,0	0,367	66,3	2,03
6. $\hat{y} = 5075,2 - 28,63 x ANR$	74,6	0,408	64,3	1,94
7. $\hat{y} = 3627,6 - 5,478 x CDIVMS_{MGG}$	77,1	0,105	80,6	2,45
8. $\hat{y} = 2822,4 + 5,856 x CDIVMS_{MGF}$	77,7	0,010	73,3	2,22
9. $\hat{y} = \{580,9 + 0,3747 x IDIV_{MGG'} \text{ se } DGM \leq 468,83$ $1359,5 - 1,661 x DGM + 0,3747 x IDIV_{MGG'} \text{ se } DGM > 468,83$	76,9	0,383	60,4	1,83
10. $\hat{y} = \{-218,45 + 0,9387 x IDIV_{MGF'} \text{ se } DGM \leq 468,83$ $14,09 - 0,496 x DGM + 0,9387 x IDIV_{MGF'} \text{ se } DGM > 468,83$	72,5	0,702	43,4	1,33
11. $\hat{y} = \{333,2 + 0,320 x IDIV_{MGG} + 0,989 x DN, \text{ se } DGM \leq 450,23$ $943,3 - 1,355 x DGM + 0,320 x IDIV_{MGG} + 0,989 x DN, \text{ se } DGM > 450,23$	78,3	0,443	64,6	1,95

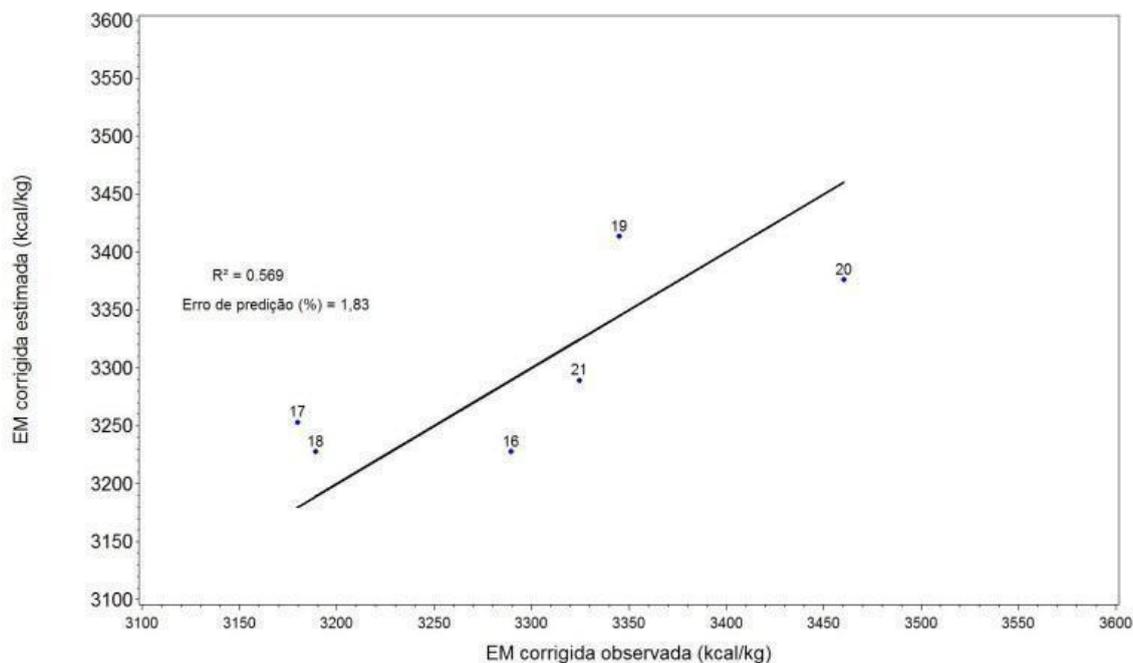
$$12. \hat{y} = \{-1889,4 + 1,091 \times IDIV_{MGF} + 2,085 \times DN, \text{ se } DGM \leq 450,23$$

$$- 1811,4 - 0,173 \times DGM + 1,091 \times IDIV_{MGF} + 2,085 \times DN, \text{ se } DGM > 450, \quad 59,4 \quad 0,976 \quad 13,3 \quad 0,41$$

---

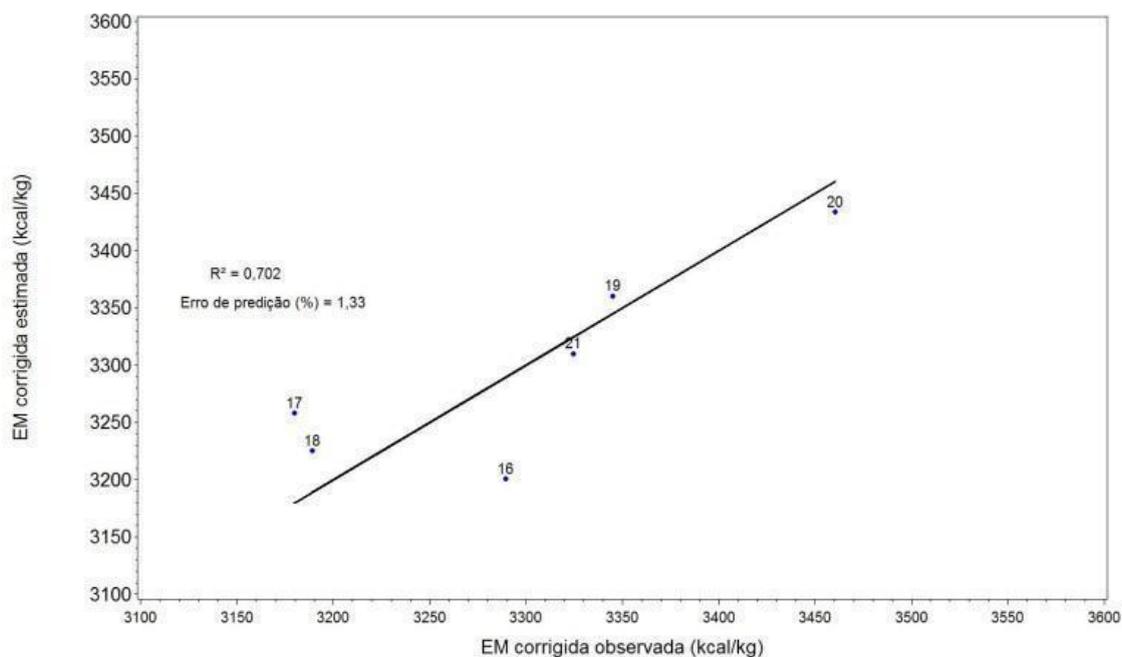
$\hat{y}$  = Valor estimado da energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (kcal/kg); EDIV\_MGF= Energia digestível *in vitro* do milho de granulometria fina (kcal/kg); EDIV\_MGG= Energia digestível *in vitro* do milho de granulometria grossa (kcal/kg); AT= Amido total (%); AR= Amido resistente (%); ANR= Amido não resistente (%); DIGIVMS\_MGG= Digestibilidade *in vitro* da matéria seca do milho de granulometria grossa (%); DIGIVMS\_MGF= Digestibilidade *in vitro* da matéria seca do milho de granulometria fina (%); DGM= Diâmetro Geométrico Médio ( $\mu\text{m}$ ); DN= Densidade (g/L).

Figura 2 – Predição da EMAn para suínos observada no modelo 3.



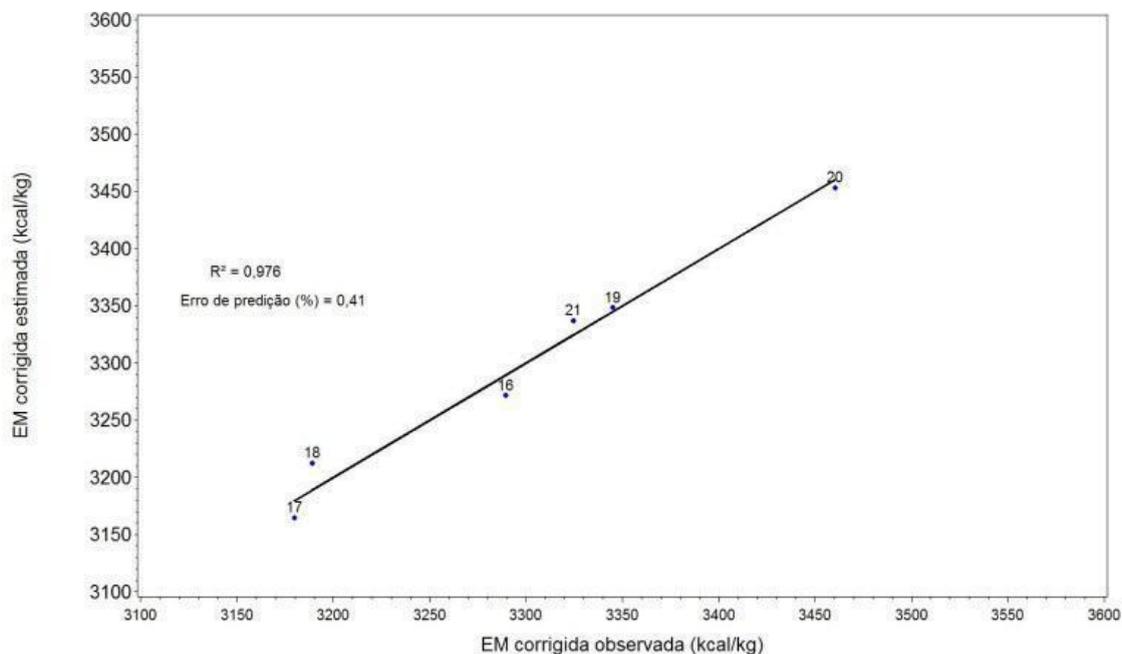
Linha cheia representa o valor obtido e os pontos representam os valores estimados.  
Identificação dos lotes de milho: 16: B; 17: A; 18: D; 19: C; 20: F; 21: E.

Figura 3 – Predição da EMAn para suínos observada no modelo 10.



Linha cheia representa o valor obtido e os pontos representam os valores estimados.  
Identificação dos lotes de milho: 16: B; 17: A; 18: D; 19: C; 20: F; 21: E.

Figura 4 – Predição da EMAn para suínos observada no modelo 12.



Linha cheia representa o valor obtido e os pontos representam os valores estimados. Identificação dos lotes de milho: 16: B; 17: A; 18: D; 19: C; 20: F; 21: E.

### 3.4 DISCUSSÃO

A partir da composição nutricional dos milhos, é possível observar as variações consideráveis que uma pequena quantidade de amostras pode apresentar, demonstrando a importância de se tratar com cautela os valores nutricionais que serão assumidos na matriz de alimentos utilizada para formular uma ração. As diferenças observadas não deixam dúvida que, tratar todos os milhos da mesma forma, pode implicar em importantes diferenças na composição da ração e é um procedimento incompatível com os princípios de nutrição de precisão, aumentando as chances de ocorrer desbalanço nutricional, perda de desempenho e afetando o resultado econômico da atividade. O uso do MGF parece promover melhores resultados de EDIV, o que poderia representar uma alternativa aos programas de qualidade das fábricas de rações. A inclusão da EDIV do MGF para gerar equações de predição da EMAn para frangos de corte e suínos se adequou bem aos modelos gerados, melhorando a predição EMAn, contudo, em algumas equações, quando incorporadas por preditores físico-químicos dos milhos, apesar de apresentar

bons resultados, o efeito foi contrário ao esperado em ensaios de digestibilidades normais, indicando uma limitação quanto a plausibilidade biológica para algumas variáveis.

#### **3.4.1 Digestibilidade *in vitro***

A composição bromatológica dos lotes de milho, apesar de apresentar variabilidade entre si, os valores médios determinados a partir dos seis lotes de milho tiveram valores comparáveis aos determinados por (ROSTAGNO et al., 2017), demonstrando a importância do trabalho desses autores para o dia a dia dos trabalhos com nutrição. Sabe-se que a genética do cultivar e as condições de cultivo do alimento afetam a sua composição química, que por sua vez exerce forte influência sobre a energia metabolizável, mas também é importante ressaltar que a qualidade do ensaio *in vivo* e dos cálculos utilizados para determinar as informações digestíveis também tem efeito sobre a qualidade dos dados, assim o método de avaliação dos alimentos também deve ser considerado para determinação das informações com precisão (WU; CHOCT; PESTI, 2020). Uma vez que a precisão das informações que compõem a matriz dos alimentos é determinante do desempenho animal, da eliminação de nutrientes em excesso no ambiente e também dos custos com a alimentação (ZAEFARIAN et al., 2021).

As diferenças encontradas entre a digestibilidade do MGG e MGF, podem ser explicadas conforme Marx et al. (2021), partículas de alimento mais finas tendem a ter maior digestibilidade, por apresentarem maior área de superfície disponível, o que favorece o contato do alimento com as enzimas digestivas e maximiza a degradação do alimento. Em suínos, esse efeito é bem conhecido, verificando-se que a redução do tamanho de partículas pode melhorar a digestibilidade do milho e o desempenho dos suínos, devendo-se cuidar com o uso de partículas excessivamente finas por possibilitar a ocorrência de ulceração estomacal de suínos (BALL *et al.*, 2015). Ainda, a redução do tamanho de partícula tem principal efeito sobre a degradação do amido, potencializando a ação enzimática sobre os grânulos de amido, colaborando para a maior digestibilidade do amido, ED e energia metabolizável dos grãos cereais para suínos (ROJAS; STEIN, 2015).

Desta forma, a diferença obtida no ensaio para determinar a DIGIVMS e a EDIV dos milhos com granulometria grossa e fina, foi um resultado normal, considerando o efeito que o tamanho das partículas tem sobre a digestibilidade, em que ao aumentar a superfície de contato das partículas do milho, por meio da moagem mais fina dos grãos, a área de superfície disponível para a ação enzimática é maior e por isso a degradação torna-se mais eficiente. Esse efeito foi semelhante ao relato por Bao et al. (2016), que verificaram aumento da digestibilidade *in vitro* da MS e da PB, com a redução do tamanho da partícula do trigo, na qual avaliaram seis níveis de granulometria, que corresponderam a 670, 580, 470, 450, 430, e 330  $\mu\text{m}$ .

Além disso, no ensaio de digestibilidade *in vitro* não há a simulação da digestão mecânica que ocorre no trato digestório dos animais. Na qual, o tamanho das partículas do alimento pode exercer influência sobre a capacidade de digestão e absorção dos nutrientes, influenciado sobre a atividade da moela, taxa de passagem do bolo alimentar, tempo de ação enzimática sobre o alimento, e também no contato do bolo alimentar com as vilosidades intestinais (MARX *et al.*, 2021). Desta forma, o uso de uma granulometria muito grande no ensaio irá promover valores de digestibilidade menores e que ficam muito distantes da digestibilidade *in vitro* do MGF e *in vivo* com frangos de corte e suínos. Assim, o uso da granulometria fina do nosso estudo (<1mm), é uma forma satisfatória para realizar o protocolo de digestibilidade *in vitro*, promovendo resultados de EDIV comparáveis a EMAn *in vivo*, e que também é o tamanho de partícula preconizado pelos autores da metodologia *in vitro* testada.

Outro fator importante, é o efeito da microbiota sobre o animal, tendo participação sobre a manutenção da saúde intestinal e na nutrição dos animais (XIAO *et al.*, 2017). Conforme Shang et al. (2018), a microbiota auxilia no desenvolvimento do sistema digestivo, no controle de microrganismos patogênicos e também atua na digestão e absorção dos nutrientes. A fermentação bacteriana permite que componentes presentes no lúmen intestinal e que não foram digeridos pelo hospedeiro, até mesmo componentes de baixa digestibilidade, possam ser utilizados pelo animal, e

consequentemente tendo um aumento do aproveitamento da energia e de outros nutrientes da dieta (RINTTILÄ; APAJALAHTI, 2013).

A simulação completa do complexo processo de digestão *in vivo* é difícil, por isso a validação com ensaios *in vivo* é necessária para comprovar a possibilidade de uso de determinada metodologia *in vitro*, e com isso atender a demanda por meios que possibilitem a determinação em tempo real da qualidade das matérias primas, com menor custo, de simples execução e que também atenda as preocupações éticas vigentes com a pesquisa com animais (ZAEFARIAN et al., 2021).

### **3.4.2 Equações de predição para frangos de corte**

As equações para frangos de corte que tiveram baixa confiabilidade, modelos 2, 5, 7, 8 e 9, foram assim consideradas por apresentar os maiores erros de predição, os menores coeficiente de correlação, os maiores valores de AIC e também em casos em que o efeito da variável foi contrário ao esperado em ensaios biológico normais. Apesar de que os modelos 8 e 9, terem apresentado plausibilidade biológica na equação, a seus baixos coeficientes de correlação e maiores erros de predição resultaram em modelos de baixa confiabilidade para uso prático.

O uso da EDIV do MGG não se ajustou bem aos dados, concordando com a discussão acima, em que o uso da granulometria grossa não promove resultados satisfatórios de digestibilidade *in vitro*, e, portanto, não colabora para a predição da EMAn de frangos de corte. Em contrapartida, o uso da EDIV do MGF foi positivamente correlacionado com a EMAn, em todos os modelos que a utilizaram como variável predidora. Efeito que foi bem visualizado no modelo 3, que somente utilizando a EMIV do MGF gerou boa correlação com menor erro de predição da EMAn. Colaborando com o estudo de Yegani et al. (2013), que obtiveram boa precisão ao gerar equações com a EDIV de trigo e triticales para determinar a EMAn para frangos de corte, nas quais o uso da EDIV como única variável preditora ou combinada com variáveis químicas dos alimentos resultou em bons resultados. O resultado obtido em nosso modelo pode indicar que o uso do protocolo *in vitro*, originalmente utilizado para gerar a

digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica, pode ser uma alternativa para determinar indiretamente os valores de energia metabolizável para frangos de corte e em menor tempo. Esse resultado pode contribuir com os estudos para avaliar o valor energético do milho, possibilitando o uso da metodologia *in vitro* em substituição dos valores médios encontrados em tabelas, uma vez que a equação 3 apresentou erro de predição de 36,7 kcal/kg.

Os resultados obtidos a partir do uso do AT ou ANR como único preditor parece não apresentar plausibilidade biológica para serem usados como preditores da EMAn, apesar das equações terem apresentado bons coeficientes de determinação e baixos erros de predição. A baixa confiabilidade da equação se baseia pelo amido corresponder a principal fonte de energia das rações, correspondendo ao carboidrato que determina mais de 50% da EMA das rações para animais não ruminantes (SAKOMURA *et al.*, 2014). Assim, o amido é um dos nutrientes de maior importância para o fornecimento de energia, podendo chegar a corresponder a até 50% da dieta na base seca (MS) (SVIHUS, 2014). Conforme Zaefarian; Abdollahi; Ravindran, (2015), a maior parcela do amido está concentrada no endosperma dos grãos cereais, que por sua vez corresponde a aproximadamente 80% do peso do grão.

Assim, o amido e a sua digestibilidade são determinantes do valor energético das rações fornecidas para as aves (BARUA *et al.*, 2021), correspondendo a grande parte da densidade energética das rações, em que sua maior parte é determinada pelo tipo de grão cereal em que a dieta é baseada, na qual dietas a base de milho podem ser verificadas uma digestibilidade do amido superior a 95% (TRUONG *et al.*, 2015). Efeito contrário ao nosso estudo foi observado no trabalho de Cerrate *et al.* (2019), com o amido contribuindo positivamente para a predição da EMAn e de forma semelhante ao relatado por Pedersen *et al.* (2021), em que também contribuiu para a predição da digestibilidade ileal da energia. O efeito negativo encontrado em nosso estudo poderia ser explicado de acordo com o relatado por Anderson *et al.* (2012), que ao avaliarem a predição de ED e EM de coprodutos de milho para suínos, verificaram que a inclusão da ED melhorou a predição da EM, contudo, verificaram efeito negativo para a PB e o EE, e positivo para FDN, segundo os autores esse efeito poderia ser explicado pelo alto valor de ED

utilizada na equação, que resultou na superestimação da EM e assim os valores negativos para a PB e o EE foram necessárias para corrigir esse efeito.

Os resultados obtidos a partir do CDIVMS do MGG e MGF, também não se ajustaram bem aos dados, apesar do CDIVMS do MGF ter apresentado valor positivo na equação. Esse efeito teria plausibilidade biológica, uma vez que o conteúdo de MS que se encontram os nutrientes que serão digeridos.

O valor negativo para FB no modelo 9 está de acordo com o relatado por Pedersen et al. (2021), na qual a FB teve valor negativo para estimar a digestibilidade ileal da energia de alimentos para frangos de corte. Porém seus baixos coeficientes de determinação e maiores erros de predição não tornaram o modelo aplicável. Apesar do modelo 10 ter apresentado o melhor coeficiente de determinação e erro de predição, sua aplicação parece não apresentar plausibilidade biológica. Embora a EDIV do MGF tenha contribuído positivamente para a equação, o valor positivo para a FB faz sua aplicabilidade pode ser questionável, uma vez que as aves tem limitada capacidade de aproveitamento das fibras e uma vez que o limite de inclusão ideal seja ultrapassado, verifica-se efeitos negativos sobre a digestibilidade da dieta, com efeito sobre a taxa de passagem do bolo alimentar e da capacidade de ação enzimática, pela dificuldade do acesso destas sobre os nutrientes.

Conforme Mateos et al. (2012), é importante garantir o fornecimento mínimo de fibras na alimentação das aves, por apresentar funções importantes para regular o consumo de ração, o aproveitamento dos nutrientes da dieta e auxiliar na manutenção do desempenho zootécnico dos animais, também tendo impacto sobre a qualidade da cama das aves, reduzindo a sua umidade. Em contrapartida, os mesmos autores salientam a importância de não utilizar altos níveis de fibras, pois o excesso promove perdas sobre o desempenho animal. Assim, quantidades moderadas de fibra podem contribuir positivamente sobre desenvolvimento dos órgãos, como a moela, na produção de enzimas e conseqüentemente na digestibilidade dos nutrientes, na qual o nível de fibra alimentar de aproximadamente 3% é seguro aos animais e ao seu desempenho (KRÁS *et al.*, 2013).

É interessante salientar que, o tipo de fibra, seu nível de inclusão e tamanho de partícula apresentam efeitos distintos sobre a digestibilidade da

dieta, como é o caso das fibras solúveis ou insolúveis, a primeira está associada a efeitos prejudiciais sobre a digestibilidade, verificam-se efeitos antinutricionais pela sua higroscopicidade, limitação do acesso das enzimas digestivas aos nutrientes do bolo alimentar, já as fibras insolúveis podem estar associadas a efeitos benéficos, atuando como nutriente funcional, podendo modular a digestão dos nutrientes devido sua baixa digestibilidade em aves, escapando da digestão intestinal, na qual níveis de 3 a 5 % são verificados benéficos sobre o aproveitamento da dieta (TEJEDA; KIM, 2021). No estudo de (KRÁS *et al.*, 2013), dietas ricas em fibras pareceram prejudicar a retenção de energia, reduzindo o aproveitamento da energia ingerida e limitando o desempenho em frangos de corte. Desta forma, a fibra parece apresentar mais funções físicas do que químicas na nutrição das aves, em que sua contribuição energética é relativamente pequena (WU *et al.*, 2019). Efeito contrário ao modelo 10 foram encontrados no estudo de Wu *et al.* (2019), em que a FB, se relacionou negativamente para a predição da EMA de rações para frangos de corte, na qual o efeito foi atribuído à baixa digestibilidade da fração de fibra que os animais apresentam.

O modelo 12, também parece não ser de uso confiável, embora tenha utilizado a EDIV do MGF como preditor, o valor negativo para o EE parece ser contraditório ao esperado nos ensaios biológicos, em que esperasse um incremento na energia metabolizável, por meio de maiores concentrações de EE, dentro do limite da capacidade de digestão enzimática da categoria animal. O uso dos óleos e gorduras promovem 2,25 mais calorias do que as proteínas e carboidratos, e são alternativas para aumentar a densidade energética da ração para aves (KHATUN *et al.*, 2017). Ao contrário do resultado obtido para o EE como preditor no modelo 12, o modelo 11 teve efeito contrário, utilizando o EE como único preditor e com valor positivo, ficando de acordo com o encontrado por Cerrate *et al.* (2019), com EE contribuindo positivamente para a predição da EMAn de rações para frangos de corte.

Assim, de todos os modelos apresentados, o que se ajustou melhor e que parece ser mais plausível para estimar a EMAn para frangos de corte, foi o modelo 3. Com coeficiente positivo relacionado a EDIV do MGF e com baixo erro de predição, quando comparado com os demais modelos.

### 3.4.3 Equações de predição para suínos

As equações para suínos que apresentaram baixa confiabilidade, modelos 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 11, foram assim determinadas pelos maiores erros de predição, pelo baixo coeficiente de correlação e também pela plausibilidade biológica relacionada aos ensaios biológicos normais. Apesar dos modelos 8, 9 e 11 demonstrarem efeitos semelhantes ao observado em ensaios biológicos.

Semelhante aos efeitos observados nas equações de predição da EMAn para frangos de corte, a EDIV do MGG também não se ajustou bem aos dados, em que a EDIV do MGF manteve-se como melhor preditor, se ajustando melhor aos modelos testados. O modelo 3, apesar de usar apenas a EDIV do MGF como única variável preditora, indicou ser uma possibilidade adequada para estimar a EMAn, mesmo com um coeficiente de determinação moderado. A equação se mostrou particularmente interessante para substituir o uso de valores médios/tabelados, por apresentar razoável erro de predição, de 60,4 kcal/kg.

A precisão da predição da EMAn foi otimizada quando as equações foram incorporadas pelas variáveis físicas do milho em conjunto com a EDIV do MGF. O modelo 10, foi o segundo melhor preditor entre todos os modelos testados, sendo composto pela EDIV do MGF e pelo DGM, na qual o erro de predição de 43,4 kcal/kg mostra-se um avanço quanto ao uso dos valores tabelados, já apresentado acima, ou pelo uso do modelo 3 com a EDIV do MGF, em ambos os casos, a aplicação do modelo 10 corresponderia a um menor erro de predição da EMAn para suínos. O modelo 12, foi o melhor modelo testado, que além de utilizar a EDIV do MGF e a DGM, também foi composta pela DN. O modelo apresentou erro de predição consideravelmente baixo, de 13,3 kcal/kg, colocando-se como uma interessante alternativa aos modelos apresentados acima e principalmente aos valores tabelados de EMAn do milho para suínos.

O efeito da DGM observada nos modelos 10 e 12, colabora com o efeito que o tamanho de partícula tem sobre a digestibilidade dos alimentos para suínos, na qual as partículas menores apresentam maior digestibilidade, pela maior área de superfície disponível para a ação das enzimas digestivas e consequentemente maior aproveitamento do alimento. Efeito que foi verificado

em ambas as equações, na qual o aumento da DGM tende a reduzir a EMAn do milho. Esses achados foram semelhantes aos resultados do estudo de Rojas e Stein (2015), na qual a redução da DGM de 865 para 339  $\mu\text{m}$  promoveu aumento linear da ED e EM do milho para suínos, colaborando com o trabalho de Lancheros, Espinosa e Stein, (2020), que destacam o aumento da digestibilidade da energia por meio da redução do tamanho de partícula. O efeito da DN, na equação 12, colabora com os achados de (BAIDOO; SHIRES; ROBBLEE, 1991), com a DN colaborando positivamente para a predição da EMAn, ou seja, os milhos com maior DN tendem a promover maiores valores de EMAn. Esse efeito também foi observado no estudo de (SILVA *et al.*, 2011), na qual os milhos de maior densidade também tiveram os maiores valores de EMAn e foi uma variável que promoveu os melhores ajustes para estimar a EMAn.

Assim, de todos os modelos apresentados, os que se ajustaram melhor a e que parecem mais plausíveis para estimar a EMAn para suínos, foram os modelos 3, 10 e 12, respectivamente. Entre os quais, o modelo 12 teve o melhor ajuste e que promoveu menor erro de predição. Além disso, todos esses modelos contemplaram a EDIV do MGF como uma das variáveis preditores, indicando ser uma metodologia interessante para a aplicação em equações.

Podemos ressaltar que a acurácia dos resultados de digestibilidade *in vitro* poderia ser mais alta se o número de milhos utilizados fosse maior e assim colaborando para aumentar a confiabilidade dos dados. Desta forma, estudos futuros com um maior número de milhos e a incorporação desses dados nas equações de predição poderão gerar novas afirmações e alternativas para aplicação na nutrição de frangos de corte e suínos.

### 3.5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos neste estudo, a utilização das variáveis determinadas *in vitro*, juntamente com as características físico-químicas dos milhos, melhoram a predição da EMAn para frangos de corte e suínos

## **ARTIGO 2: CORRELAÇÃO ENTRE DIGESTIBILIDADE EM PEPSINA E ENERGIA METABOLIZÁVEL E OS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE DE AMINOÁCIDOS DE FARINHAS DE ORIGEM ANIMAL PARA FRANGOS DE CORTE**

Os resultados desta dissertação são apresentados na forma de artigo (a ser submetido, submetido, aprovado ou publicado), com a seções de acordo com as orientações da Revista Ciência Animal Brasileira (Versão impressa ISSN: 1518-2797 e Versão on-line ISSN: 1809-6891)

Jardel Andrei Müller<sup>1</sup>, Fernando de Castro Tavernari<sup>1,2</sup>, Teresinha Marisa Bertol<sup>2</sup>, Francisco Noé da Fonseca<sup>2</sup>, Diego Surek<sup>2</sup>, João Alberto Suzin Marini<sup>2</sup>, Marcel Manente Boiago<sup>1</sup>, Arlei Coldebella<sup>2</sup>, Vicky Lilge Kawski<sup>2</sup>, Carlos Jônatas de Sousa Teixeira<sup>1</sup>, Carina Sordi<sup>1</sup> e Maria Giulia Stefanello Langone<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Zootecnia, Universidade do Estado de Santa Catarina, Chapecó, Santa Catarina, 89815-630, Brasil

<sup>2</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, Santa Catarina, 89715-899, Brasil

<sup>3</sup> Instituto Federal Catarinense – Campus Concórdia, Concórdia, Santa Catarina, 89715-899, Brasil

### **Resumo**

Três experimentos foram realizados com objetivo foi avaliar se a digestibilidade em pepsina contribui para predição da energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) e dos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos (CDAAs) de farinhas de origem animal (FOA) para frangos de corte. Foram avaliadas duas farinhas de vísceras e ossos de frangos (FVOF1 e FVOF2) e uma farinha de vísceras e ossos de suínos (FVOS). Foram realizados dois experimentos *in vivo*, para determinar a EMAn e os CDAAs, para isso os animais foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com 16 tratamentos, 8 repetições e 10 animais por unidade experimental e foi realizado um experimento *in vitro*, para determinar a digestibilidade em pepsina, composto por 16 tratamentos avaliados em

triplicata. As equações geradas apresentaram comportamentos distintos, na qual os CDAAs e a EMAn da FVOF1 tiveram efeito linear negativo ( $P < 0,05$ ) com a digestibilidade em pepsina, e para a FVOS o efeito obtido para o CDAAs foi quadrático e não houve efeito ( $P > 0,05$ ) para a EMAn e por último, a FVOF2 apresentou efeito linear positivo entre os CDAAs e a digestibilidade em pepsina, contudo não houve efeito ( $P > 0,05$ ) para a EMAn. A partir dos resultados, pode-se concluir que a digestibilidade em pepsina pode ser uma alternativa para gerar equações de predição dos CDAAs e da EMAn das farinhas de origem animal.

**Palavras-chave:** predição; *in vivo*; *in vitro*; equações.

### **Abstract**

Three experiments were carried out with the objective of evaluating whether the pepsin digestibility contributes to the prediction of the apparent metabolizable energy corrected for the nitrogen balance (AMEn) and the amino acid digestibility coefficients (CDAAs) of meals of animal origin (FOA) for broiler. Three FOA, two chicken viscera and bone meal (FVOF1 and FVOF2) and one pig viscera and bone meal (FVOS) were evaluated. Two *in vivo* experiments were carried out to determine EMAn and CDAAs, for which the animals were distributed in a completely randomized design, with 16 treatments, 8 replications and 10 animals per experimental unit, and an *in vitro* experiment was carried out to determine the pepsin digestibility, composed of 16 treatments evaluated in triplicate. The generated equations showed different behavior, in which CDAAs and AMEn of FVOF1 had a negative linear effect ( $P < 0.05$ ) with pepsin digestibility, and for FVOS the effect obtained for CDAAs was quadratic and there was no effect ( $P > 0.05$ ) for EMAn and finally, FVOF2 showed a positive linear effect between CDAAs and pepsin digestibility, however there was no effect ( $P > 0.05$ ) for EMAn. Based on the results, it can be concluded that pepsin digestibility can be an alternative to generate prediction equations for CDAAs and AMEn of animal flours.

**Keywords:** prediction; *in vivo*; *in vitro*; equations.

### 3.6 INTRODUÇÃO

As farinhas de origem animal (FOA), são subprodutos obtidos após o processamento dos resíduos resultante do processo de obtenção da carne (ABRA, 2019). Esses subprodutos podem ser utilizados na dieta de frangos de corte com o propósito de fornecer aminoácidos, fósforo disponível e também energia (BESKI; SWICK; IJI, 2015), possibilitando ajustar a inclusão dos ingredientes mais onerosos da ração e assim minimizar os custos de produção (SUH; MOSS, 2017), e também servir como um destino economicamente viável e ambientalmente correto pela indústria (TOLDRÁ *et al.*, 2012). Contudo, o seu valor nutricional tem grande variabilidade, originada pelas diferentes proporções e tipos de resíduos que são processados para gerar determinado lote de farinha (CHOI; WON; KIM, 2021), e também pelo método de processamento, que pode influenciar a qualidade final da FOA (Kim *et al.*, 2012; EYNG *et al.*, 2010; MEEKER, 2009).

Assim, uma vez que a contribuição nutricional das FOA é variável, esse fator implica sobre o resultado zootécnico dos animais, dificultando a assertividade das metas de desempenho dos animais (EAGLESON *et al.*, 2018). Esse fator faz com que seja necessário à contínua avaliação da composição nutricional (SOL *et al.*, 2017) e principalmente, determinar os coeficientes de digestibilidade das FOA, a fim de melhorar o resultado zootécnico da produção (CHOI; WON; KIM, 2021). Portanto, é importante a utilização da digestibilidade dos nutrientes e do valor de energia metabolizável, na matriz de formulação (ZAEFARIAN *et al.*, 2021), tornando possível o refinamento das dietas e aumento da quantidade de informações do banco de alimentos (BRYAN *et al.*, 2019).

Para avaliar e utilizar adequadamente os subprodutos, seguir o protocolo padrão de análise bromatológica, de digestibilidade e de desempenho *in vivo* são etapas fundamentais para determinar o seu valor nutricional, bem como o seu nível ideal de inclusão (SOL; CASTILLEJOS; GASA, 2016). No entanto, as metodologias de digestibilidade *in vivo* são onerosas e requerem muito tempo para sua execução e, portanto, são impraticáveis para serem empregadas rotineiramente nos programas de controle de qualidade (SHURSON *et al.*, 2021). Além disso, a utilização dos coeficientes de digestibilidade contidas em

banco de dados também podem levar a ajustes incorretos da fórmula de ração (BRYAN *et al.*, 2019), resultando em perda de desempenho e também no aumento do custo de produção e ambiental da atividade (ZAEFARIAN *et al.*, 2021).

Nesse sentido, as metodologias de digestibilidade *in vitro* surgem como uma alternativa, pois são métodos mais rápidos e com menor custo, com boa reprodutibilidade e não há a interferência dos fatores individuais dos animais e, portanto, uma interessante alternativa para a realização da triagem de matérias primas (EGGER *et al.*, 2017). E desde que promovam resultados precisos e rápidos, podem ser úteis para determinar a digestibilidade das FOA e auxiliar os nutricionistas de frangos de corte (ROCHELL; KUHLLERS; DOZIER, 2013).

A metodologia de digestibilidade em pepsina, é um método *in vitro* baseado nas recomendações da Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1995), para avaliar a qualidade da proteína de origem animal, com rápida execução e baixo custo, contudo com o passar dos anos o método foi sofrendo adaptações quando a concentração de pepsina utilizada na metodologia, e atualmente, a concentração de 0,0002% tem sido aplicada para melhorar a avaliação de amostras de maior e menor qualidade (BELLAVIER *et al.*, 2000). Assim, a digestibilidade em pepsina é uma ferramenta para monitorar a qualidade das amostras (DAVIS *et al.*, 2015). Contudo, essa metodologia não fornece o valor de EMAn e os CDAA's e, portanto, limita o balanceamento adequado da dieta. Uma vez que estas informações são mais adequadas para buscar a maior precisão do atendimento nutricional (SHURSON *et al.*, 2021).

Outra forma de determinar essas informações são por meio das equações de predição, que são modelos matemáticos que permitem determinar indiretamente as informações nutricionais e reduzir o efeito da variabilidade nutricional por meio da utilização da composição bromatológica do alimento na equação (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016), e desta forma pode ser uma ferramenta para aumentar a precisão nutricional das rações, podendo ser aplicada para estimar a EMAn e os CDAA's do alimento. Além disso, equações que utilizem além da composição química dos alimentos, a digestibilidade dos seus componentes, podem levar a resultados mais confiáveis na prática e

assim minimizar a dependência pelas tabelas de composição de alimentos (ALVARENGA *et al.*, 2013).

Desta forma, a busca por equações que possibilitem correlacionar a digestibilidade em pepsina com a EMAn e os CDAAs das FOA podem trazer resultados positivos sobre uso desses subprodutos nas rações e conseqüentemente no resultado zootécnico da atividade. Assim sendo, equações de predição compostas pela digestibilidade em pepsina podem melhorar a predição da EMAn e dos CDAAs das FOA utilizadas na alimentação de frangos de corte. Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar se a digestibilidade em pepsina contribui para predição da EMAn e dos CDAAs das FOA para frangos de corte.

### 3.7 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.7.1 Local do experimento

Os ensaios foram conduzidos no setor de metabolismo de aves da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Suínos e Aves, de Concórdia – Santa Catarina. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Embrapa Suínos e Aves, registrado com o número 010/2018.

Foram realizados três experimentos, dois deles foram *in vivo* e um *in vitro*.

Os ensaios *in vivo* foram realizados para determinar a energia metabolizável aparente (EMA), a energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn), e o coeficiente de digestibilidade ileal verdadeira da proteína bruta e dos aminoácidos (CDAAs), e o ensaio *in vitro* correspondeu a digestibilidade em pepsina.

Foram avaliados três lotes de farinhas de origem animal (FOA), adquiridas por meio da Fábrica de Farinhas de uma empresa parceira da Embrapa. Foram adquiridos dois lotes de farinha de vísceras e ossos de frangos (FVOF1 e FVOF2), produzidos em momentos distintos, e um lote de farinha de vísceras e ossos de suínos (FVOS). Cada lote de FOA foi adquirido com os padrões de qualidade da empresa fabricante e, com o objetivo de

explorar a avaliação da digestibilidade em pepsina, cada lote de farinha foi homogeneizado e dividido em 5 sublotos. Em seguida, cada sublote foi submetido a um diferente período de processamento térmico em autoclave a 121° C, com o intuito de gerar diferentes valores de digestibilidade, em que os tempos de processamento foram compostos por 00:00, 00:30, 01:30, 02:30 e 03:30 horas. Posteriormente, cada FOA foi submetida à análises laboratoriais no Laboratório de Análises Físico-Químicas (LAFQ) da Embrapa, em que foram determinados a matéria seca (MS), determinada pelo método gravimétrico (IAL 012/IV), cinzas (CZ), determinada por gravimetria (CBAA Método N° 36), extrato etéreo (EE), por extração com éter de petróleo a quente sob pressão com detecção gravimétrica (método indireto) (AOCS Official Procedure Am 5-04 (Ankom), energia bruta (EB), determinada por calorimetria (Leco Corporation. AC500 Automatic Calorimeter Instruction Manual. Version 1.2x/IKA® Calorimeter System C 2000 - Operating instructions), proteína bruta (PB), determinada como nitrogênio total Dumas Combustão seguida de detecção por condutividade térmica Dumas (AOAC 990.03 / AOAC 992.15 / AOAC 992.23 / AOAC 993.13; AOAC Int., 1995) e o resultado multiplicado por 6,25 e também foi determinado a composição aminoacídica, por meio da técnica de análise por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC) (AOAC int., 1995). O resultado das análises laboratoriais das FOA está apresentado na Tabela 6.

#### *Experimento 1 – Coleta total de excretas*

Para a realização dos ensaios *in vivo*, foi utilizado uma sala de metabolismo composta por gaiolas metálicas em bateria, equipadas com bebedouros tipo nipple, lâmpadas, comedouros tipo calha e com bandejas que permitiram a coleta das excretas. Foram adquiridos frangos de corte machos da linhagem Cobb 500®, com um dia de vida, vacinados e com boas condições sanitárias. A fase experimental iniciou no 14º dia de vida das aves, quando os animais foram transferidos para as gaiolas de metabolismo, nas quais foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 16 tratamentos, 8 repetições e 10 animais por unidade experimental. No mesmo dia, foram introduzidas as rações experimentais (Tabela 7), que

corresponderam a 15 rações com alimento teste (80% ração basal + 20% FOA) e uma ração referência (100% ração basal), formulada para atender as exigências nutricionais correspondente a fase de vida dos animais, de acordo com (ROSTAGNO et al., 2011). Durante todo o período experimental, os animais receberam água e ração à vontade (*ad libitum*), com o consumo de ração sendo estimulado várias vezes ao dia, e o manejo de luz e da temperatura interna do galpão foi realizado de acordo com o manual da linhagem (COBB, 2018).

A método utilizado para determinar a energia metabolizável foi o método tradicional com coleta total de excretas de (SIBBALD; SLINGER, 1963), o ensaio foi composto por cinco dias de adaptação às rações experimentais e por cinco dias para a coleta das excretas e controle do consumo da ração, que ocorreu por meio mensuração da quantidade total de ração fornecida, descontando-se as sobras ao final da fase de coleta. As coletas das excretas ocorreram duas vezes ao dia, no início da manhã e no final da tarde, e após cada coleta as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e armazenadas em um freezer. Após a fase de coleta, as amostras foram descongeladas e em seguida foi realizado a pesagem e mistura das amostras produzidas por unidade experimental e então foi coletado uma amostra representativa de cada unidade experimental e em seguida foram submetidas aos procedimentos laboratoriais necessários (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007). As amostras foram utilizadas para determinar a MS, EB e o Nitrogênio. Após a obtenção dos resultados laboratoriais, foram determinados os valores de EMA e EMAn de acordo com (MATTERSON et al., 1965).

*Tabela 6 - Composição nutricional das farinhas utilizadas no estudo.*

Farinha	Tempo (h)	Temp. °C	Dig. Pep. (%)	CZ (%)	EE (%)	MS (%)	PB (%)	EB (Kcal/kg)
FVOF1	00:00	121	52,9 8	10,0 5	11,96	93,9 3	70,0 0	5293
	00:30	121	51,1 8	12,3 8	12,0 7	93,9 9	72,5 0	5291
	01:30	121	47,8 1	9,06	11,78	94,7 8	70,0 0	5350
	02:30	121	39,0 4	8,73	11,64	94,0 5	71,8 0	5288

	03:30	121	40,7 5	11,17	11,75	94,5 1	70,6 0	5311
	00:00	121	44,5 5	27,4 9	12,1 2	95,6 2	55,1 0	4059
	00:30	121	35,0 0	28,5 0	12,2 7	95,8 7	51,8 0	4106
FVOS	01:30	121	31,3 8	25,7 8	12,4 4	95,3 2	54,6 0	4241
	02:30	121	30,2 2	28,2 1	11,89	94,7 7	54,5 0	4150
	03:30	121	35,4 3	28,0 2	11,05	95,5 2	52,7 0	4036
	00:00	121	62,0 1	9,57	13,1 5	96,7 8	67,0 6	5148
	00:30	121	65,2 4	8,77	15,0 0	96,3 2	66,6 8	5330
FVOF2	01:30	121	64,9 0	7,18	15,0 3	96,2 6	66,5 7	5372
	02:30	121	60,8 9	7,91	15,2 9	95,8 3	67,4 1	5323
	03:30	121	56,1 5	7,42	14,8 2	95,0 9	66,0 1	5303

FVOF1= Farinha de vísceras e ossos de frangos 1; FVOF2= Farinha de vísceras e ossos de frangos; FVOS= Farinha de vísceras e ossos de suínos; Temp.= Temperatura; D. Pep= Digestibilidade em pepsina; CZ= Cinzas; EE= Extrato etéreo; MS= Matéria seca; PB= Proteína bruta; EB= Energia bruta.

Tabela 7 – Rações do experimento de EMAn

Ingredientes, %	Ração Referência
Alimento Teste	0,000
Milho	56,260
Farelo de Soja	36,020
Óleo de Soja	3,540
Fosfato Bicálcico	1,820
Calcário Calcítico	0,930
Sal Comum	0,490
DL- Metionina, 99%	0,279
Lisina HCl, 79%	0,200
L- Treonina, 98%	0,060
Suplemento Mineral <sup>1</sup>	0,110
Suplemento Vitaminico <sup>2</sup>	0,110
Cloreto de Colina	0,100
Salinomicina, 12%	0,055
Antioxidante – BHT	0,010
Avilamicina (Surmax 20%)	0,005

Total	100
<b>Valores Calculados</b>	
Energia Metabolizável, kcal/kg	3000
Proteína Bruta, %	21,000
Cálcio, %	0,900
Fósforo Disponível, %	0,449
Sódio, %	0,218
Lisina Digestível, %	1,189
Metionina + Cistina, %	0,844
Treonina, %	0,773

<sup>1</sup>Composição por kg do produto:  
Mn: 77 mg; Fe: 55,0 mg; Zn: 71,5 mg; Cu: 11,0 mg; I: 1,10 mg; Se: 0,330 mg.

<sup>2</sup>Composição por kg do produto: Vit. A: 8250 UI; Vit. D3: 2090 UI; Vit. E: 31 UI; Vit. K3: 1,65 mg; Vit. B1: 2,20 mg; Vit. B2: 5,50 mg; Vit. B6: 3,08 mg; Vit. B12: 13 mcg; Ácido Pântotênico: 11,0 mg; Biotina: 0,077 mg; Ácido Fólico: 0,770 g; Ácido Nicotínico: 33,0g.

### *Experimento 2 – Digestibilidade ileal verdadeira da proteína e aminoácidos*

Na sequência do experimento com coleta total de excretas foi realizado o ensaio de digestibilidade ileal verdadeira. O ensaio foi composto por cinco dias de adaptação às rações experimentais e após esse período as aves foram abatidas. Desta forma, no 24º dia de vida das aves foram introduzidas as rações experimentais, compostas por 15 tratamentos com os alimentos teste e um tratamento com ração isenta de aminoácidos, a fórmula das rações e a composição está apresentada na Tabela 8. Em cada ração foi adicionado 1% de celite, como indicador indigestível. Os frangos receberam água e ração à vontade, o consumo de ração foi estimulado várias vezes ao dia e o controle da temperatura interna do galpão seguiu o manual da linhagem (COBB, 2018).

*Tabela 8 – Composição nutricional das rações fornecidas aos frangos de corte no ensaio de digestibilidade ileal dos aminoácidos*

<b>Ingredientes, %</b>	<b>Ração Referência</b>
Amido	81,240
Alimento Teste	-
Açúcar	5,000
Óleo de Soja	5,000
Fosfato Bicálcico	2,100
Calcário Calcítico	0,700
Sal Comum	0,450
Sabugo de Milho	4,000
Suplemento Vitamínico <sup>1</sup>	0,150
Suplemento Mineral <sup>2</sup>	0,150
Cloreto de Colina (60%)	0,200
Antioxidante - BHT	0,010
Cinza Ácida Insolúvel (Celite™)	1,000
Total	100
<b>Valores Calculados</b>	
Energia Metabolizável, kcal/kg	3000
Proteína Bruta, %	21,000
Cálcio, %	0,900
Fósforo Disponível, %	0,449
Sódio, %	0,218
Lisina Digestível, %	1,189
Metionina + Cistina, %	0,844
Treonina, %	0,773

<sup>1</sup>Composição por kg do produto: Vit. A: 8250 UI; Vit. D3: 2090 UI; Vit. E: 31 UI; Vit. K3: 1,65 mg; Vit. B1: 2,20 mg; Vit. B2: 5,50 mg; Vit. B6: 3,08 mg; Vit. B12: 13 mcg; Ácido Pântoténico: 11,0 mg; Biotina: 0,077 mg; Ácido Fólico: 0,770 g; Ácido Nicotínico: 33,0g.

<sup>2</sup>Composição por kg do produto: Mn: 77 mg; Fe: 55,0 mg; Zn: 71,5 mg; Cu: 11,0 mg; I: 1,10 mg; Se: 0,330 mg.

No 29º dia de vida dos frangos, duas horas antes do abate, o consumo de ração foi estimulado várias vezes. Foi realizado o abate de todas as aves de cada unidade experimental, por deslocamento cervical e posteriormente, por meio da incisão abdominal, o íleo foi exposto e delimitado, pelo segmento localizado após o divertículo de Meckel até  $\pm 4$  cm da junção ileo-cecal, este segmento foi seccionado em várias partes para facilitar a coleta do conteúdo ileal por pressão manual. O conteúdo ileal de cada unidade experimental foi depositado em bandejas de alumínio e utilizadas para fazer um pool das amostras e na sequência as bandejas foram congeladas e posteriormente liofilizadas a vácuo a  $-40$  °C por 72 horas (JJ Científica LJI-030) (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007). Na sequência, as amostras foram submetidas aos

procedimentos laboratoriais necessários para quantificar os valores do indicador indigestível (cinza insolúvel em ácido - CIA), determinados por gravimetria, pelo método adaptado de (VAN KEULEN; YOUNG, 1977), e dos aminoácidos e posteriormente foram calculados os coeficientes de digestibilidade ileal verdadeiro (CDIv) (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007).

### *Experimento 3 – Digestibilidade em pepsina*

A digestibilidade em pepsina consistiu em obter aproximadamente 100g de amostra de cada das cinco partes de, passados em peneira de número 20 (0,841 mm). Posteriormente, foram pesados  $1 \pm 0,01$ g de amostra de FOA em triplicata, com auxílio de uma balança analítica de precisão (0,0001) (Shimadzu - AUY-220) e desengorduradas. A amostra desengordurada foi transferida para os frascos de incubação de 250 mL e foi adicionado 75 mL da solução de ácido-pepsina a 0,0002% (Pepsina Sigma Aldrich diluída em ácido clorídrico (HCl) 0,00744 N). O frasco foi agitado até que toda a amostra estivesse misturada com a solução. Em seguida, as amostras foram fechadas com parafilm e incubadas (NT715 – Incubadora Shaker de Laboratório Refrigerada com movimento orbital - NovaTecnica) por 16 horas, a 39 e 300 rpm. Após finalizada a fase de incubação, foi realizada a centrifugação das amostras (Solab SL-701 - Centrífuga de Bancada Refrigerada) por 15 minutos a 2.500 rpm. Após isso, foi coletado o sobrenadante para determinar o nitrogênio total (AOAC 984.13; AOAC 981.10, AOAC Int., 1995) e o valor obtido convertido para proteína bruta utilizando o fator de conversão de 6,25.

Para determinar a PB da amostra digerida, foi utilizado o cálculo a seguir.

$$PB (\%) = \frac{(V_a - V_b) * F * N * 5 * 6,25 * 0,014 * 100}{\text{Peso da amostra (g)}}$$

Peso da amostra (g)

Em que:  $V_a$  = Volume de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) utilizado na titulação da amostra;  $V_b$  = Volume de  $H_2SO_4$  utilizado na titulação da prova em branco;  $F$  = Fator de correção para padronização do  $H_2SO_4$ ;  $N$  = Normalidade do  $H_2SO_4$ ; 5 = Fator de correção para expressar o teor de proteína no total da amostra ( $15 \times 5 = 75$  ml); 6,25 = Fator de conversão do nitrogênio total para proteína; 0,014 = Miliequivalente grama do nitrogênio.

Com base no valor de proteína da amostra original e da amostra digerida em pepsina foi determinado o coeficiente de digestibilidade em pepsina da proteína bruta por meio do cálculo  $CDPPB (\%) = (PB \text{ final} / PB \text{ inicial}) * 100$ .

### 3.7.2 Análise estatística

A metodologia estatística utilizada foi a Análise de Variância, através do procedimento GLIMMIX do SAS™ (2012), testando-se o efeito de tratamento e bloco (excluído quando não significativo) e contrastes polinomiais. A comparação entre os tratamentos foi realizada pela opção DIFF do comando LSMEANS. Havendo diferença significativa entre tratamentos, a equação de regressão foi gerada. Para atender às suposições do modelo para a FVOS, foi necessário realizar alguns ajustes. Primeiro, os valores discrepantes (outliers) foram identificados e excluídos, em seguida, foi feita a transformação de variáveis para a escala logarítmica (\*). Ainda, em alguns casos, o teste de verossimilhança indicou variâncias residuais heterogêneas significativas entre tratamentos, modelando-as pela opção GROUP do comando RANDOM (\*\*). As médias apresentadas estão na escala original da variável.

## 3.8 RESULTADOS

Os resultados obtidos a partir do ensaio de digestibilidade ileal da proteína bruta e dos aminoácidos da FVOF1 estão representados na Tabela 9. Não houve interação ( $P > 0,05$ ) entre a digestibilidade da PB e a digestibilidade em pepsina. Os aminoácidos Metionina, Cistina, Metionina + Cistina, Lisina, Treonina, Isoleucina, Leucina, Valina, Histidina, Glicina, Serina, Prolina, Alanina e Aspartato não apresentaram interação ( $P > 0,05$ ) entre os seus respectivos CDIV e digestibilidade em pepsina.

Houve efeito linear negativo ( $P < 0,05$ ) entre o CDIV do aminoácido Arginina e a digestibilidade em pepsina, em que o CDIV aumentou com a redução da digestibilidade em pepsina. Na Tabela 10, está apresentado a equação gerada ( $CD \text{ Arg} = 89.91 - 0,21 * \text{Dig Pep}$ ;  $R^2 = 0,57$ ), em que a correlação foi do tipo moderada. Houve efeito linear negativo ( $P < 0,05$ ) entre o CDIV do aminoácido Fenilalanina e a digestibilidade em pepsina, em que o CDIV aumentou com a redução da digestibilidade em pepsina. Na Tabela 10,

está apresentado a equação gerada ( $CD\text{ Fen} = 101,06 - 0,50 * \text{Dig Pep}$ ;  $R^2=0,90$ ), em que a correlação foi do tipo forte. Houve efeito linear negativo ( $P<0,05$ ) entre o CDlv do aminoácido Glutamina e a digestibilidade em pepsina, em que o CDlv aumentou com a redução da digestibilidade em pepsina. Na Tabela 10, está apresentado a equação gerada ( $CD\text{ Glu} = 98,63 - 0,33 * \text{Dig Pep}$ ;  $R^2=0,76$ ), em que a correlação foi do tipo forte.

Os resultados obtidos a partir do ensaio de digestibilidade ileal dos aminoácidos da FVOF2 estão representados na Tabela 11. Os aminoácidos Metionina, Cistina, Metionina + Cistina, Treonina, Arginina, Isoleucina, Leucina, Valina e Fenilalanina não apresentaram interação ( $P>0,05$ ) entre os seus respectivos CDlv e digestibilidade em pepsina. Houve efeito linear positivo ( $P<0,05$ ) entre o CDlv do aminoácido Lisina e a digestibilidade em pepsina, em que o CDlv aumentou com o aumento da digestibilidade em pepsina. Na Tabela 12, está apresentado a equação gerada ( $CD\text{ Lis} = 90,38 + 0,117 * \text{Dig Pep}$ ;  $R^2\ 0,7014$ ), em que a correlação foi do tipo moderada. Houve efeito linear positivo ( $P<0,05$ ) entre o CDlv do aminoácido Histidina e a digestibilidade em pepsina, em que o CDlv aumentou com o aumento da digestibilidade em pepsina. Na Tabela 12, está apresentado a equação gerada ( $CD\text{ His} = 91,40 + 0,103 * \text{Dig Pep}$ ;  $R^2\ 0,8289$ ), em que a correlação foi do tipo forte.

Houve efeito linear positivo ( $P<0,05$ ) entre o CDlv do aminoácido Glicina e a digestibilidade em pepsina, em que o CDlv aumentou com o aumento da digestibilidade em pepsina. Na Tabela 12, está apresentado a equação gerada ( $CD\text{ Gli} = 86,82 + 0,135 * \text{Dig Pep}$ ;  $R^2\ 0,7134$ ), em que a correlação foi do tipo moderada. Houve efeito linear positivo ( $P<0,05$ ) entre o CDlv do aminoácido Serina e a digestibilidade em pepsina, em que o CDlv aumentou com o aumento da digestibilidade em pepsina. Na Tabela 12, está apresentado a equação gerada ( $CD\text{ Ser} = 88,85 + 0,125 * \text{Dig Pep}$ ;  $R^2\ 0,6760$ ), em que a correlação foi do tipo moderada.

Tabela 9 – Coeficiente de digestibilidade ileal verdadeira da proteína bruta e dos aminoácidos da farinha de vísceras e ossos de frangos 1 com diferentes digestibilidades em pepsina para frangos de corte.

(continua)

Dig. Pep	PB	Met	Cis	Met+Cis	Lis	Tre
52,98	71,67±1,612	82,37±1,054	55,54±2,116	71,30±1,488	80,70±0,992	69,33±1,881
51,18	71,71±1,686	82,93±0,995	54,97±2,330	71,77±1,532	81,76±0,909	72,09±1,728
47,81	71,24±0,554	82,23±0,347	53,97±0,977	71,15±0,586	81,46±0,663	70,73±0,563
40,75	73,82±1,831	82,81±1,310	60,61±2,121	74,65±1,599	83,22±1,140	75,15±1,834
39,04	72,44±0,983	83,35±1,152	58,53±1,806	73,84±1,392	82,52±1,269	74,02±1,675
Análise Estatística						
P	0,7721	0,9433	0,0824	0,247	0,4676	0,0617
EPM	0,616	0,429	0,908	0,619	0,443	0,759
CV, %	5,26	3,19	9,89	5,27	3,34	6,48
Dig. Pep	Arg	Ile	Leu	Val	His	Fen
52,98	78,57±1,208 b	74,12±1,596	76,85±1,430	72,59±1,673	78,01±1,360	75,25±1,625 b
51,18	80,36±1,106 ab	76,24±1,402	78,56±1,301	74,21±1,513	78,99±1,269	76,51±1,467 b
47,81	78,95±0,504 b	74,97±0,442	77,41±0,405	72,78±0,491	77,50±0,594	75,96±0,646 b
40,75	82,85±1,239 a	78,31±1,440	79,54±1,397	77,10±1,643	80,09±1,481	82,11±1,428 a
39,04	80,93±1,103 ab	77,35±1,495	78,47±1,320	76,07±1,619	79,72±1,550	81,41±1,353 a
Análise Estatística						
P	0,0242L	0,1496	0,516	0,1199	0,5744	0,0001L
EPM	0,511	0,615	0,538	0,675	0,561	0,738
CV, %	3,92	4,98	4,25	5,59	4,39	5,83

Dig. Pep= Digestibilidade em pepsina; PB= Proteína bruta; Met= Metionina; Cis= Cistina; Met+Cis= Metiona + Cistina; Lis= Lisina; Tre=Treonina; Arg=Arginina; Ile=Isoleucina; Leu=Leucina; Val=Valina; His=Histidina; Fen=Fenilalanina; Gli=Glicina; Ser=Serina; Pro=Prolina; Ala=Alanina; Asp=Aspartato; Glu=Glutamina.

a,b,c Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem significativamente pelo teste t-Student ( $P \leq 0,05$ ); L= Linear.

Tabela 9 – Coeficiente de digestibilidade ileal verdadeiro da proteína bruta e dos aminoácidos da farinha de vísceras e ossos de frangos 1 com diferentes digestibilidades em pepsina para frangos de corte.

Dig. Pep	Gli	Ser	Pro	Ala	Asp	Glu	(conclusão)
52,98	72,91±1,517	68,95±1,763	81,15±1,776	85,59±1,451	61,94±2,271	80,88±1,494	b
51,18	74,66±1,468	71,55±1,691	80,85±1,736	86,81±1,370	66,45±2,127	82,96±1,389	ab
47,81	72,21±0,522	69,53±0,553	79,26±0,664	85,35±0,489	64,90±1,105	81,93±0,523	b
40,75	75,92±2,253	74,27±1,905	84,04±2,559	89,47±2,065	70,31±2,854	86,68±2,006	a
39,04	74,83±1,596	72,57±1,556	81,82±1,532	87,92±1,561	68,41±2,151	84,93±1,469	ab
<b>Análise Estatística</b>							
P	0,436	0,0856	0,4414	0,2701	0,0703	0,0082L	
EPM	0,682	0,729	0,77	0,656	1,018	0,69	
CV, %	5,68	6,31	5,83	4,65	9,48	5,1	

Dig. Pep= Digestibilidade em pepsina; PB= Proteína bruta; Met= Metionina; Cis= Cistina; Met+Cis= Metiona + Cistina; Lis= Lisina; Tre=Treonina; Arg=Arginina; Ile=Isoleucina; Leu=Leucina; Val=Valina; His=Histidina; Fen=Fenilalanina; Gli=Glicina; Ser=Serina; Pro=Prolina; Ala=Alanina; Asp=Aspartato; Glu=Glutamina.

a,b,c Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem significativamente pelo teste t-Student ( $P \leq 0,05$ ); L= Linear.

*Tabela 10 - Correlação entre digestibilidade em pepsina e coeficiente de digestibilidade ileal verdadeiro dos aminoácidos da farinha de vísceras e ossos de frangos 1.*

<b>Aminoácido</b>	<b>Modelo</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
Arginina	CD = 89,91 – 0,21 * Dig Pep; R <sup>2</sup> =0,57	0,57
Fenilalanina	CD = 101,06 – 0,50 * Dig Pep; R <sup>2</sup> =0,90	0,90
Glutamina	CD = 98,63 – 0,33 * Dig Pep; R <sup>2</sup> =0,76	0,76

Dig. Pep= Digestibilidade em pepsina; CD= Coeficiente de digestibilidade.

Houve efeito linear positivo ( $P < 0,05$ ) entre o CD<sub>lv</sub> do aminoácido Prolina e a digestibilidade em pepsina, em que o CD<sub>lv</sub> aumentou com o aumento da digestibilidade em pepsina. Na Tabela 12, está apresentado a equação gerada ( $CD_{Pro} = 89,33 + 0,122 * Dig\ Pep; R^2\ 0,6454$ ), em que a correlação foi do tipo moderada. Houve efeito linear positivo ( $P < 0,05$ ) entre o CD<sub>lv</sub> do aminoácido Alanina e a digestibilidade em pepsina, em que o CD<sub>lv</sub> aumentou com o aumento da digestibilidade em pepsina. Na Tabela 12, está apresentado a equação gerada ( $CD_{Ala} = 92,26 + 0,087 * Dig\ Pep; R^2\ 0,7075$ ), em que a correlação foi do tipo moderada.

Houve efeito linear positivo ( $P < 0,05$ ) entre o CD<sub>lv</sub> do aminoácido Aspartato e a digestibilidade em pepsina, em que o CD<sub>lv</sub> aumentou com o aumento da digestibilidade em pepsina. Na Tabela 12, está apresentado a equação gerada ( $CD_{Asp} = 79,33 + 0,208 * Dig\ Pep; R^2\ 0,7238$ ), em que a correlação foi do tipo moderada. Houve efeito linear positivo ( $P < 0,05$ ) entre o CD<sub>lv</sub> do aminoácido Glutamina e a digestibilidade em pepsina, em que o CD<sub>lv</sub> aumentou com o aumento da digestibilidade em pepsina. Na Tabela 12, está apresentado a equação gerada ( $CD_{Glu} = 91,05 + 0,097 * Dig\ Pep; R^2\ 0,6806$ ), em que a correlação foi do tipo moderada.

*Tabela 11 – Coeficiente de digestibilidade ileal verdadeiro dos aminoácidos de farinha de vísceras e ossos de frangos 2 com diferentes digestibilidades em pepsina para frangos de corte.*

(continua)

<b>Dig Pep</b>	<b>Met</b>	<b>Cis</b>	<b>Met+Cis</b>	<b>Lis</b>	<b>Tre</b>	<b>Arg</b>
65,24	98,42±0,214	93,40±0,555	97,25±0,318	97,92±0,217 a	97,52±0,384	98,00±0,248
64,90	98,69±0,209	94,22±0,213	97,74±0,203	98,18±0,186 a	97,82±0,207	98,33±0,174
62,01	98,19±0,205	93,43±0,329	97,05±0,240	97,21±0,212 bc	97,56±0,278	97,70±0,177
60,89	98,42±0,355	93,59±0,602	97,33±0,448	97,80±0,345 ab	97,72±0,513	98,17±0,326
56,15	97,87±0,145	92,54±0,333	96,58±0,205	96,94±0,150 c	96,64±0,290	97,56±0,176
<b>Análise Estatística</b>						
P	0,1224	0,0989	0,0748	0,0002L	0,0804	0,0651
EPM	0,109	0,202	0,14	0,123	0,163	0,107
CV, %	0,7	1,37	0,91	0,8	1,06	0,69
<b>Dig Pep</b>	<b>Ile</b>	<b>Leu</b>	<b>Val</b>	<b>His</b>	<b>Fen</b>	<b>Gli</b>
65,24	97,52±0,379	98,37±0,319	97,07±0,344	98,12±0,216 a	97,62±0,316	95,17±0,417 a
64,90	97,95±0,212	98,59±0,193	97,62±0,212	98,14±0,236 a	97,95±0,223	95,78±0,242 a
62,01	97,51±0,245	98,13±0,230	97,09±0,229	97,57±0,251 ab	97,50±0,217	95,40±0,275 a
60,89	97,76±0,494	98,53±0,410	97,35±0,442	97,93±0,402 a	97,88±0,426	95,29±0,438 a
56,15	96,83±0,291	97,76±0,236	96,57±0,255	97,16±0,183 b	97,21±0,242	94,20±0,200 b
<b>Análise Estatística</b>						
P	0,1161	0,1693	0,1033	0,0042L	0,2933	0,0018L
EPM	0,156	0,132	0,142	0,129	0,132	0,163
CV, %	1,01	0,85	0,93	0,83	0,86	1,08

Dig. Pep= Digestibilidade em pepsina; Met= Metionina; Cis= Cistina; Met+Cis= Metiona + Cistina; Lis= Lisina; Tre=Treonina; Arg=Arginina; Ile=Isoleucina; Leu=Leucina; Val=Valina; His=Histidina; Fen=Fenilalanina; Gli=Glicina; Ser=Serina; Pro=Prolina; Ala=Alanina; Asp=Aspartato; Glu=Glutamina.  
a,b,c Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem significativamente pelo teste t-Student ( $P \leq 0,05$ ); L= Linear.

*Tabela 11 – Coeficiente de digestibilidade ileal verdadeiro dos aminoácidos de farinha de vísceras e ossos de frangos 2 com diferentes digestibilidades em pepsina para frangos de corte.*

(conclusão)					
Dig Pep	Ser	Pro	Ala	Asp	Glu
65,24	96,59±0,426 a	96,83±0,449 ab	97,67±0,302 ab	92,20±0,520 a	97,26±0,296 ab
64,90	97,12±0,214 a	97,47±0,279 a	98,04±0,198 a	93,09±0,231 a	97,56±0,185 a
62,01	96,53±0,284 ab	97,02±0,315 a	97,68±0,215 ab	92,73±0,314 a	96,80±0,203 bc
60,89	96,86±0,466 a	97,11±0,502 a	97,81±0,377 a	92,08±0,540 a	97,30±0,372 ab
56,15	95,64±0,268 b	95,97±0,258 b	97,01±0,183 b	90,73±0,269 b	96,47±0,173 c
P	0,0072L	0,0059L	0,0104L	0,0001L	0,0040L
EPM	0,167	0,177	0,125	0,212	0,126
CV, %	1,09	1,16	0,81	1,45	0,82

Dig. Pep= Digestibilidade em pepsina; Met= Metionina; Cis= Cistina; Met+Cis= Metiona + Cistina; Lis= Lisina; Tre=Treonina; Arg=Arginina; Ile=Isoleucina; Leu=Leucina; Val=Valina; His=Histidina; Fen=Fenilalanina; Gli=Glicina; Ser=Serina; Pro=Prolina; Ala=Alanina; Asp=Aspartato; Glu=Glutamina.  
a,b,c Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem significativamente pelo teste t-Student ( $P \leq 0,05$ ); L= Linear.

*Tabela 12 - Correlação entre digestibilidade em pepsina e coeficiente de digestibilidade ileal verdadeiro dos aminoácidos da farinha de vísceras e ossos de frangos 2.*

<b>Aminoácido</b>	<b>Modelo</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
Lisina	CD = 90,38 + 0,117 * Dig Pep	0,7014
Histidina	CD = 91,40 + 0,103 * Dig Pep	0,8289
Glicina	CD = 86,82 + 0,135 * Dig Pep	0,7134
Serina	CD = 88,85 + 0,125 * Dig Pep	0,6760
Prolina	CD = 89,33 + 0,122 * Dig Pep	0,6454
Alanina	CD = 92,26 + 0,087 * Dig Pep	0,7075
Aspartato	CD = 79,33 + 0,208 * Dig Pep	0,7238
Glutamina	CD = 91,05 + 0,097 * Dig Pep	0,6806

Dig. Pep= Digestibilidade em pepsina; CD= Coeficiente de digestibilidade.

Os resultados obtidos a partir do ensaio de digestibilidade ileal da proteína bruta e dos aminoácidos da FVOS estão representados na Tabela 13. Houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) entre a CD<sub>IV</sub> da PB e a digestibilidade em pepsina. Na Tabela 14, está apresentado a equação gerada ( $CD_{PB} = 174,10 - 6,590 * Dig\ Pep + 0,097 * Dig\ Pep^2$ ;  $R^2 = 0,8408$ ), em que a correlação foi do tipo forte. Houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) entre o CD<sub>IV</sub> da Metionina e a digestibilidade em pepsina. Na Tabela 14, está apresentado a equação gerada ( $CD_{Met} = 2,57 - 0,046 * Dig\ Pep + 0,001 * Dig\ Pep^2$ ;  $R^2 = 0,9498$ ), em que a correlação foi do tipo forte. Houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) entre o CD<sub>IV</sub> da Cistina e a digestibilidade em pepsina. Na Tabela 14, está apresentado a equação gerada ( $CD_{Cis} = 165,51 - 8,29 Dig\ Pep + 0,13 Dig\ Pep^2$ ,  $R^2 = 0,7295$ ), em que a correlação foi do tipo forte.

Houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) entre o CD<sub>IV</sub> da Metionina + Cistina e a digestibilidade em pepsina. Na Tabela 14, está apresentado a equação gerada ( $CD_{Met+Cis} = 2,68 - 0,057 * Dig\ Pep + 0,001 * Dig\ Pep^2$ ;  $R^2 = 0,8614$ ), em que a correlação foi do tipo forte. Houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) entre o CD<sub>IV</sub> da Lisina e a digestibilidade em pepsina. Na Tabela 14, está apresentado a equação gerada ( $CD_{Lis} = 2,46 - 0,038 * Dig\ Pep + 0,001 * Dig\ Pep^2$ ;  $R^2 = 0,8957$ ), em que a correlação foi do tipo forte. Houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) entre o CD<sub>IV</sub> da Treonina e a digestibilidade em pepsina. Na Tabela 14, está

apresentado a equação gerada ( $CD\ Tre = 2,51 - 0,047 * Dig\ Pep + 0,001 * Dig\ Pep^2$ ;  $R^2 = 0,8382$ ), em que a correlação foi do tipo forte.

Houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) entre o CDIV da Arginina e a digestibilidade em pepsina. Houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) entre o CDIV da Isoleucina e a digestibilidade em pepsina. Na Tabela 14, está apresentado a equação gerada ( $CD\ Ile = 2,38 - 0,036 * Dig\ Pep + 0,002 * Dig\ Pep^2$ ;  $R^2 = 0,9768$ ), em que a correlação foi do tipo forte. Houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) entre o CDIV da Leucina e a digestibilidade em pepsina. Na Tabela 14, está apresentado a equação gerada ( $CD\ Leu = 2,36 - 0,036 * Dig\ Pep + 0,001 * Dig\ Pep^2$ ;  $R^2 = 0,9982$ ), em que a correlação foi do tipo forte. Houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) entre o CDIV da Valina e a digestibilidade em pepsina. Na Tabela 14, está apresentado a equação gerada ( $CD\ Val = 2,13 - 0,021 * Dig\ Pep + 0,0004 * Dig\ Pep^2$ ;  $R^2 = 0,9720$ ), em que a correlação foi do tipo forte.

Houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) entre o CDIV da Histidina e a digestibilidade em pepsina. Na Tabela 14, está apresentado a equação gerada ( $CD\ His = 2,45 - 0,040 * Dig\ Pep + 0,001 * Dig\ Pep^2$ ;  $R^2 = 0,8881$ ), em que a correlação foi do tipo forte. Houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) entre o CDIV da Fenilalanina e a digestibilidade em pepsina. Na Tabela 14, está apresentado a equação gerada ( $CD\ Fen = 2,38 - 0,037 * Dig\ Pep + 0,001 * Dig\ Pep^2$ ;  $R^2 = 0,7154$ ), em que a correlação foi do tipo moderada. Houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) entre o CDIV da Glicina e a digestibilidade em pepsina. Na Tabela 14, está apresentado a equação gerada ( $CD\ Gli = 1,70 + 0,004 * Dig\ Pep$ ;  $R^2 = 0,8053$ ), em que a correlação foi do tipo forte.

Houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) entre o CDIV da Serina e a digestibilidade em pepsina. Na Tabela 14, está apresentado a equação gerada ( $CD\ Ser = 2,48 - 0,044 * Dig\ Pep + 0,001 * Dig\ Pep^2$ ;  $R^2 = 0,8169$ ), em que a correlação foi do tipo forte. Houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) entre o CDIV da Prolina e a digestibilidade em pepsina. Houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) entre o CDIV da Alanina e a digestibilidade em pepsina. Na Tabela 14, está apresentado a equação gerada ( $CD\ Ala = 1,75 + 0,005 * Dig\ Pep$ ;  $R^2 = 0,8600$ ), em que a correlação foi do tipo forte. Houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) entre o CDIV da Aspartato e a digestibilidade em pepsina. Na Tabela 14, está apresentado a equação gerada ( $CD\ Asp = 1,45 + 0,008 * Dig\ Pep$ ;  $R^2 = 0,6443$ ),

em que a correlação foi do tipo moderada. Houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) entre o CDlv da Glutamina e a digestibilidade em pepsina. Na Tabela 14, está apresentado a equação gerada ( $CD\ Glu = 1,69 + 0,006 * Dig\ Pep$ ;  $R^2 = 0,8033$ ), em que a correlação foi do tipo forte.

Os resultados obtidos a partir do ensaio de coleta total de excretas das FOA de aves e suínos estão representados na Tabela 15. Houve efeito linear negativo ( $P < 0,05$ ) entre a EMAn da FVOF1 e a digestibilidade em pepsina, em que a EMAn tendeu a aumentar com a redução da digestibilidade em pepsina. Na Figura 5, está representado o comportamento dos dados e a equação gerada ( $EMAn = 4288,75 - 15,36 * Dig\ Pep$ ;  $R^2 = 0,91$ ), em que a correlação foi do tipo alta. Quando avaliado a FVOS e a FVOF2, não houve interação ( $P > 0,05$ ) entre a EMAn e a digestibilidade em pepsina.

Tabela 13 - Coeficiente de digestibilidade ileal verdadeiro dos aminoácidos da farinha de vísceras e ossos suínos com diferentes digestibilidades em pepsina para frangos de corte.

(continua)

Dig Pep	PB	Met*	Cis*	Met+Cis	Lis*	Tre*
44,55	72,71±2,240 a	78,45±1,045 a	54,99±2,028 a	71,63±1,349 a	78,43±1,155 a	72,36±1,563 a
35,43	62,13±1,410 b	63,54±1,189 b	28,67±3,213 d	52,93±1,766 c	65,52±1,796 b	54,53±2,100 c
35,00	59,74±1,661 b	66,80±1,890 b	41,17±3,830 b	59,20±2,507 b	69,65±2,171 b	60,51±2,558 b
31,38	64,26±2,543 b	65,61±0,401 b	38,58±2,259 bc	57,15±0,754 bc	67,85±0,520 b	59,06±0,744 bc
30,22	64,39±1,690 b	65,39±1,126 b	30,52±2,641 cd	55,15±1,591 bc	67,74±1,517 b	55,68±2,059 bc
Análise Estatística						
P	0,0237Q	0,0003 Q	0,0381 Q	0,0029 Q	0,0106 Q	0,0217 Q
EPM	1,093	1,043	2,049	1,332	1,013	1,365
CV, %	9,49	8,68	30,29	12,69	8,14	12,73
Dig Pep	Arg**	Ile*	Leu*	Val*	His*	Fen*
44,55	83,68±0,757 a	76,09±1,138 a	77,58±1,044 a	77,76±1,059 a	75,83±1,223 a	83,21±0,899 a
35,43	73,74±1,063 b	61,98±1,199 b	66,58±1,156 b	66,88±1,129 b	60,91±1,820 c	60,54±1,277 d
35,00	74,21±1,628 b	64,21±2,059 b	66,51±1,889 b	66,87±1,925 b	65,66±2,340 b	72,82±1,576 b
31,38	74,30±0,418 b	62,36±0,687 b	66,52±0,603 b	67,00±0,509 b	63,66±0,449 bc	65,59±2,038 c
30,22	73,51±0,838 b	62,30±1,353 b	66,39±1,242 b	64,81±1,192 b	62,45±1,618 bc	63,32±1,264 cd
Análise Estatística						
P	0,0158 Q	0,0062 Q	0,0059 Q	0,0409 Q	0,0118 Q	0,0063 Q
EPM	0,787	1,077	0,913	0,941	1,141	1,547
CV, %	5,8	9,25	7,45	7,68	9,76	12,63

Dig. Pep= Digestibilidade em pepsina; PB= Proteína bruta; Met= Metionina; Cis= Cistina; Met+Cis= Metionina + Cistina; Lis= Lisina; Tre=Treonina; Arg=Arginina; Ile=Isoleucina; Leu=Leucina; Val=Valina; His=Histidina; Fen=Fenilalanina; Gli=Glicina; Ser=Serina; Pro=Prolina; Ala=Alanina; Asp=Aspartato; Glu=Glutamina.

a,b,c Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem significativamente pelo teste t-Student ( $P \leq 0,05$ ); Q= Quadrático.

*Tabela 13 - Coeficiente de digestibilidade ileal verdadeiro dos aminoácidos da farinha de vísceras e ossos suínos com diferentes digestibilidades em pepsina para frangos de corte.*

(continua)

<b>Dig Pep</b>	<b>Gli**</b>	<b>Ser**</b>	<b>Pro*</b>	<b>Ala**</b>	<b>Asp**</b>	<b>Glu**</b>
44,55	78,82±1,114 a	73,23±1,499 a	86,25±1,476	92,62±1,033 a	66,20±2,455 a	88,86±1,325 a
35,43	68,21±1,797 b	56,30±2,373 b	79,67±2,402	80,22±1,423 b	47,97±3,623 b	73,27±1,682 b
35,00	71,15±2,328 b	62,32±2,352 b	76,46±2,958	82,45±2,162 b	57,01±4,218 ab	77,67±2,386 b
31,38	70,45±0,460 b	60,91±0,487 b	79,66±1,579	82,03±0,514 b	53,12±0,704 b	76,50±0,581 b
30,22	67,38±1,053 b	57,43±1,765 b	76,87±1,511	78,04±1,143 b	49,34±2,916 b	72,55±1,475 b
<b>Análise Estatística</b>						
P	<0,0001 Q	<0,0001 Q	0,0115 Q	<0,0001 Q	0,0007 Q	0,0630 Q
EPM	0,944	1,305	1,063	1,036	1,731	1,214
CV, %	7,43	11,85	7,45	6,99	17,86	8,77

Dig. Pep= Digestibilidade em pepsina; PB= Proteína bruta; Met= Metionina; Cis= Cistina; Met+Cis= Metiona + Cistina; Lis= Lisina; Tre= Treonina; Arg= Arginina; Ile= Isoleucina; Leu= Leucina; Val= Valina; His= Histidina; Fen= Fenilalanina; Gli= Glicina; Ser= Serina; Pro= Prolina; Ala= Alanina; Asp= Aspartato; Glu= Glutamina.

a,b,c Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem significativamente pelo teste t-Student ( $P \leq 0,05$ ); Q= Quadrático

*Tabela 14 - Correlação entre digestibilidade em pepsina e coeficiente de digestibilidade ileal verdadeiro dos aminoácidos da FVOF2.*

Aminoácido	Modelo	R <sup>2</sup>
Proteína Bruta	CD = 174,10 – 6,590 * Dig Pep + 0,097 * DigPep <sup>2</sup>	0,8408
Metionina	CD = 2,57 – 0,046 * Dig Pep + 0,001 * Dig Pep <sup>2</sup>	0,7295
Cistina	CD = 165.51 – 8.29 Dig Pep + 0.13 Dig Pep <sup>2</sup>	0,7295
Metionina + Cistina	CD = 2,68 – 0,057 * Dig Pep + 0,001 * Dig Pep <sup>2</sup>	0,8614
Lisina	CD = 2,46 – 0,038 * Dig Pep + 0,001 * Dig Pep <sup>2</sup>	0,8957
Treonina	CD = 2,51 – 0,047 * Dig Pep + 0,001 * Dig Pep <sup>2</sup>	0,8382
Isoleucina	CD = 2,38 – 0,036 * Dig Pep + 0,002 * Dig Pep <sup>2</sup>	0,9768
Leucina	CD = 2,36 – 0,036 * Dig Pep + 0,001 * Dig Pep <sup>2</sup>	0,9982
Valina	CD = 2,13 – 0,021 * Dig Pep + 0,0004 * Dig Pep <sup>2</sup>	0,9720
Histidina	CD = 2,45 – 0,040 * Dig Pep + 0,001 * Dig Pep <sup>2</sup>	0,8881
Fenilalanina	CD = 2,38 – 0,037 * Dig Pep + 0,001 * Dig Pep <sup>2</sup>	0,7154
Glicina	CD = 1,70 + 0,004 * Dig Pep	0,8053
Serina	CD = 2,48 – 0,044 * Dig Pep + 0,001 * Dig Pep <sup>2</sup>	0,8169
Alanina	CD = 1,75 + 0,005 * Dig Pep	0,8600
Aspartato	CD = 1,45 + 0,008 * Dig Pep	0,6443
Glutamina	CD = 1,69 + 0,006 * Dig Pep	0,8033

Dig. Pep= Digestibilidade em pepsina; CD= Coeficiente de digestibilidade.

*Tabela 15 - Valores médios da energia metabolizável das farinhas utilizadas no estudo.*

Farinha	Dig Pep (%)	EMAn (kcal/kg)	P	SEM	CV (%)
FVOF1	52,98	3466±37,24 c	0,0006L	21,6 8	3,83
	51,18	3535±40,15 bc			
	47,81	3568±48,43 abc			
	40,75	3646±27,56 ab			
	39,04	3668±55,77 a			
FVOS	44,55	2716±66,99	0,623	22,7 4	5,4
	35,43	2662±52,21			
	35,00	2678±62,52			
	31,38	2658±22,97			
	30,22	2599±41,76			
FVOF2	65,24	3773±72,72	0,1651	34,5 6	5,96
	64,90	3611±75,81			
	62,01	3771±66,91			
	60,89	3566±102,5			

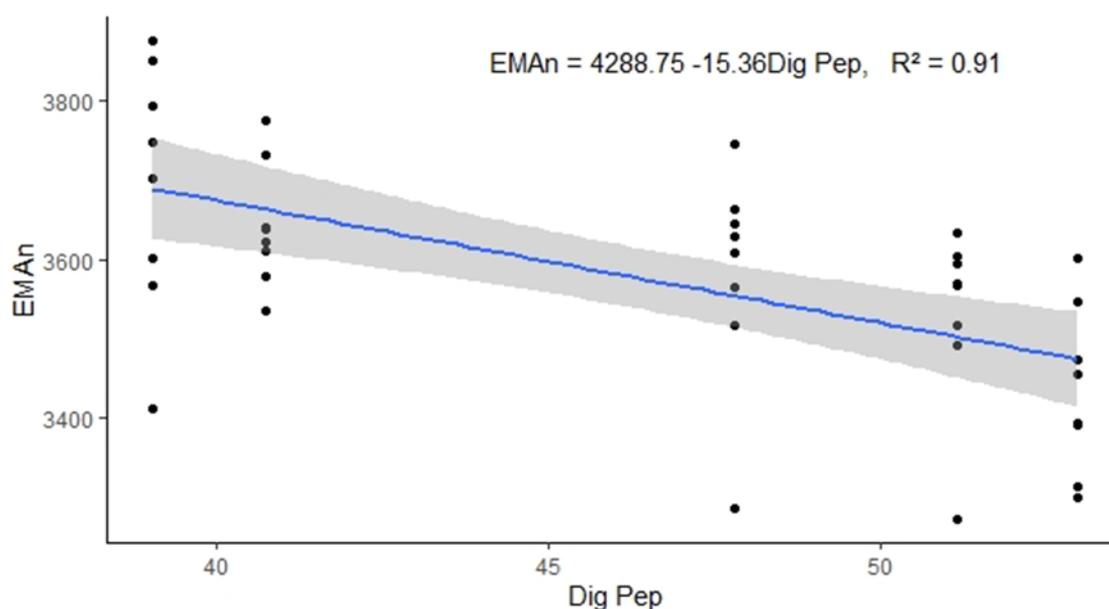
---

56,15      3612±41,86

---

Dig Pep: Digestibilidade em pepsina; EMAn: Energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio;  
a,b,c Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem significativamente pelo teste t-Student ( $P \leq 0,05$ ).  
L Linear.

*Figura 5 – Correlação entre digestibilidade em pepsina (Dig Pep) e a EMAn da farinha de vísceras e ossos de frangos.*



Fonte: elaborado pelos autores.

### 3.9 DISCUSSÃO

A partir dos resultados obtidos no presente estudo, observou-se que foi possível correlacionar a digestibilidade em pepsina com os CDAA's e EMAn das FOA para frangos de corte. Contudo, ocorreram efeitos distintos nas equações para as diferentes FOA utilizadas no estudo, na qual o CDAA's e a EMAn tenderam a aumentar com a redução da digestibilidade em pepsina da FVOF1, efeito que foi contrário ao observado na FVOF2, que apresentou aumento do CDAA's com o aumento da digestibilidade em pepsina, e quando avaliado o efeito sobre a EMAn, não houve interação. Na FVOS, as equações geradas foram quadráticas para os CDAA's e geraram as maiores correlações, contudo não houve interação para com a EMAn.

A digestibilidade em pepsina consiste em um método rápido para a obtenção de valores indicativos da qualidade proteica da FOA, na qual esperasse que valores maiores de digestibilidade em pepsina correspondam a maiores valores biológicos da proteína da FOA avaliada. Conforme Bellaver e Zanotto (2004), FOA que apresentarem solubilidade proteica acima de 55%, podem ser consideradas de boa qualidade, já as farinhas com solubilidade abaixo de 45%, poderia ser um indicativo de uma FOA de má qualidade. A redução da digestibilidade em pepsina muitas vezes pode estar associada a efeitos prejudiciais do processamento inadequado da FOA, principalmente nos casos em que ocorra o super processamento. Desta forma, a redução do valor biológico da proteína pode estar correlacionada com o dano causado aos aminoácidos sensíveis ao calor, que consequentemente resultam na perda de digestibilidade desses aminoácidos e com isso também ocorre uma redução da digestibilidade geral da proteína, ocorrendo alterações na sua estrutura e determinado uma menor susceptibilidade à degradação pelas proteases, e consequentemente se observa uma redução na qualidade do alimento (LEWIS *et al.*, 2019).

Dentro disso, o tempo, a temperatura e a pressão envolvida durante o processamento das FOA podem afetar o seu valor nutricional, na qual o superprocessamento pode carbonizar a matéria orgânica, diminuir a digestibilidade do produto e a disponibilidade de aminoácidos (SILVA *et al.*, 2020). Além disso o superaquecimento também pode gerar danos aos ácidos graxos do produto e com isso, também reduzir a qualidade da FOA (LEWIS *et al.*, 2019), uma vez que a contribuição energética dos óleos e gorduras nas rações tem grande efeito sobre o valor energético, contribuindo com 2,25 mais calorias do que os carboidratos e proteínas (KHATUN *et al.*, 2017) e desta forma poderia ser um fator que implicaria na redução do valor de EMAn do alimento.

Em contrapartida, o subprocessamento também pode levar a menor qualidade do produto, pois é um processo envolvido na remoção das gorduras, da umidade e também promove a inativação de microrganismo indesejáveis como bactérias, vírus, protozoários e parasitas e desta forma corresponde a um processo importante para a garantia de qualidade do produto (MEEKER,

2009). Desta forma, quando o processamento térmico for adequado, pode-se obter ganhos sobre o valor biológico de proteína e segurança alimentar do produto (MAZUTTI; TREICHEL; DI LUCCIO, 2010).

No caso da FVOF1, três aminoácidos (Arginina, Fenilalanina e Glutamina) apresentaram aumento da sua digestibilidade com a redução da digestibilidade em pepsina, o que poderia indicar um aumento da exposição desses componentes a degradação enzimática, enquanto os demais aminoácidos, assim como a digestibilidade da PB, não apresentaram efeito significativo. No estudo de (CARVALHO *et al.*, 2009), ao avaliarem o efeito da temperatura de secagem do milho, obtiveram redução do conteúdo de aminoácidos essenciais e não essenciais, além da diminuição da digestibilidade da proteína, que segundo os autores poderia estar relacionado com a desnaturação excessiva da proteína e até mesmo pela ocorrência da reação de Maillard, que também forma compostos que reduzem a capacidade de digestão enzimática. O efeito obtido na EMAn da FVOF1, também pareceu aumentar à medida que a digestibilidade em pepsina reduz. Contudo, esse efeito também pareceu contrário ao esperado em ensaios biológicos normais, uma vez que o valor proteico do alimento contribui para o valor de energia dos alimentos. E conforme Scotta *et al.* (2016), o valor energético obtido de um alimento corresponde ao resultado da oxidação dos componentes do alimento, como os carboidratos, lipídeos, proteína e parte da fibra.

Conforme Pozza *et al.* (2008a), a qualidade e a quantidade de proteína podem influenciar a energia metabolizável da farinha de vísceras, na qual tanto o excesso quanto a baixa qualidade proteica da farinha podem acarretar em redução do valor de energia metabolizável, isso pode ser explicado pelos animais conseguirem utilizar aminoácidos, que não foram catabolizados no processo de síntese proteica, como fonte de energia, e no caso do excesso de aminoácidos, as perdas de nitrogênio via urina são maiores e reduzem os valores de energia metabolizável. Assim, como a digestibilidade em pepsina serve como um indicativo de qualidade proteica das farinhas, o efeito obtido na FVOF1 parece ser pouco confiável para uso prático. Adicionalmente, no estudo de Pozza *et al.* (2008b), os autores geraram equações para predição da

energia metabolizável da farinha de carne e ossos para suínos com valor positivo para a proteína bruta.

Além disso, quando observamos os resultados obtidos na FVOF1, o aumento dos CDAA's poderia colaborar para o aumento da EMAn observada, contudo, pelo o efeito negativo da digestibilidade em pepsina indicar uma redução do valor biológico da proteína, isso torna-se um comportamento questionável. Uma vez que os valores de energia metabolizável refletem a quantidade de energia que o animal realmente consegue aproveitar a partir da digestão do alimento, e este processo pode ser influenciado por diversos fatores, entre eles, a capacidade de digestão e utilização do alimento pelo animal (TRONI *et al.*, 2016)

Em contrapartida, os resultados obtidos a partir da FVOF2, parecem promover resultados mais plausíveis com os ensaios de digestibilidade normais, uma vez que os valores dos CDAA's tenderam a reduzir à medida que a digestibilidade em pepsina reduziu e as equações geradas a partir desses dados promoveram correlações com valores mais altos. Assim, os efeitos obtidos a partir das FVOF2, podem ser explicados de acordo com as informações relatadas acima, na qual efeitos prejudiciais sobre a digestibilidade dos aminoácidos colaboram para redução da digestibilidade geral da proteína, conseqüentemente a qualidade da FOA é reduzida e pode-se verificar uma redução dos valores de digestibilidade em pepsina. Um estudo semelhante foi desenvolvido por Kawauchi *et al.* (2014), na qual os autores buscaram gerar equações que correlacionassem a digestibilidade em pepsina com a digestibilidade da PB da farinha de carne e osso (FCO) e da farinha de vísceras (FVA) de aves para cães, na qual as melhores equações geradas tiveram valor positivo significativo da digestibilidade em pepsina, porém os coeficientes de determinação obtidos no estudo foram baixos (Digestibilidade da PB da FCO =  $61,7 + 0,2644 \times \text{Dig Pep}$  a 0,0002 %;  $R^2$  0,126 e Digestibilidade de PB do FVA =  $54,1 + 0,3833 \times \text{Dig Pep}$  a 0,02 %;  $R^2$  0,216), o que seria uma limitação para a aplicação dos modelos gerados no estudo dos autores.

Semelhante aos resultados obtidos na FVOF2, no estudo de Rochell *et al.* (2013), os coeficientes de correlação entre a digestibilidade em pepsina e os

coeficientes de digestibilidade ileal da FOA também foram positivos para praticamente todos os aminoácidos com efeito significativo, na qual os maiores coeficientes de correlação foram compostos pela Treonina, Valina e Leucina, com respectivamente 0,714, 0,699 e 0,698. No mesmo estudo, os autores também obtiveram uma correlação negativa significativa, quando avaliado o aminoácido Glicina, contudo o coeficiente de correlação foi baixo ( $r^2= 0,272$ ).

Quando observamos o efeito obtido a partir da FVOS, apesar de todos os aminoácidos avaliados terem apresentado significância, a utilização dessas equações podem ser um entrave para sua aplicação na prática, uma vez que implicaria na necessidade de determinar com precisão se o valor de digestibilidade em pepsina obtido está na parte ascendente ou descende na curva da equação quadrática. Contudo, no estudo de Adler et al. (2018), avaliando o efeito de diferentes tempos de autoclavagem da farinha de penas, os modelos indicaram um aumento da digestibilidade em pepsina quando o tempo aumentou para 80 e 100 minutos de processamento e após esses períodos, verificaram uma redução da digestibilidade nos tempos subsequentes, desta forma, esse efeito poderia estar relacionado a algum tipo de efeito benéfico do processamento térmico sobre a capacidade de digestão dos componentes da farinha.

A partir dos resultados obtidos e das equações geradas por meio da avaliação das diferentes fontes de FOA utilizadas no presente estudo, aquelas obtidas a partir da FVOF2 parecem ser mais confiáveis para serem aplicadas na prática e podem servir como base para evoluirmos em novos estudos, testando mais lotes de FOA, e explorando a possibilidade de correlacionar os CDAAs e EMAn. Contudo, torna-se importante realizar maior número de estudos, avaliando diferentes lotes de FOA e a partir disso avaliar quais modelos são mais adequados para estimar essas informações e melhorar a precisão das fórmulas de ração para frangos de corte.

### 3.10 CONCLUSÃO

A digestibilidade em pepsina das FOA contribui para a correlação de equações para predição da EMAn e dos CDAAs para frangos de corte.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

É possível utilizar variáveis determinadas *in vitro* e de composição físico-químicas para melhorar equações de predição da EMAn e dos CDAAAs de matérias primas utilizadas na nutrição de frangos de corte e suínos.

## REFERÊNCIAS

- ABRA. **Associação Brasileira de Reciclagem Animal. II Diagnóstico Da Indústria Brasileira de Reciclagem Animal.** Brasília. 2016. Disponível em: <<https://abra.ind.br/abra/wp-content/uploads/2020/06/II-Diagnóstico.pdf>>.
- ABRA. **Associação Brasileira de Reciclagem Animal: Anuário.** Brasília. 2019. Disponível em: <<https://abra.ind.br/anuario2019/>>.
- ADEOLA, O. Digestion and Balance Techniques in Pigs. *Em: Swine Nutrition.* [s.l.] CRC Press, 2000. p. 923–936.
- ADLER, S. A.; SLIZYTE, R.; HONKAPÄÄ, K.; LØES, A. K. *In vitro* pepsin digestibility and amino acid composition in soluble and residual fractions of hydrolyzed chicken feathers. **Poultry Science**, v. 97, n. 9, p. 3343–3357, 1 set. 2018. Acesso em: 16 jan. 2023.
- AGUSTINI, M. A. B.; NUNES, R. V.; SILVA, Y. L. da; VIEITES, F. M.; EYNG, C.; CALDERANO, A. A.; GOMES, P. C. Coeficiente de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros de diferentes cultivares de milho para aves. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 1091, 22 abr. 2015. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996917306154>>.
- ALVARENGA, R. R. et al. Formulação de dietas para aves: a importância das equações de predição para estimar os valores energéticos. **Archivos de Zootecnia**, v. 62, p. 1-11, 2013. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/495/49558826001.pdf>>. Acesso em: 26 maio. 2022.
- ANDERSON, P. v.; KERR, B. J.; WEBER, T. E.; ZIEMER, C. J.; SHURSON, G. C. Determination and prediction of digestible and metabolizable energy from chemical analysis of corn coproducts fed to finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 4, p. 1242–1254, 1 abr. 2012. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jas/article/90/4/1242/4764545>>. Acesso em: 26 maio. 2022.
- AOAC. Association Of Official Analytical Chemists. Pepsin digestibility of animal protein feeds. In: **Official Methods Of Analysis Of AOAC.** International. 16th ed. Arlington, Virginia: Patricia Cunniff, 1995. Cap.4. p.15-16.

BAIDOO, S. K.; SHIRES, A.; ROBBLEE, A. R. Effect of Kernel Density on the Apparent and True Metabolizable Energy Value of Corn for Chickens. **Poultry Science**, v. 70, n. 10, p. 2102–2107, out. 1991. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0032579119333577>>.

BALL, M. E. E.; MAGOWAN, E.; MCCRACKEN, K. J.; BEATTIE, V. E.; BRADFORD, R.; THOMPSON, A.; GORDON, F. J. An investigation into the effect of dietary particle size and pelleting of diets for finishing pigs. **Livestock Science**, v. 173, p. 48–54, 1 mar. 2015. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S187114131400571X>>. Acesso em: 24 maio. 2022.

BAO, Z.; LI, Y.; ZHANG, J.; LI, L.; ZHANG, P.; HUANG, F. R. Effect of particle size of wheat on nutrient digestibility, growth performance, and gut microbiota in growing pigs. **Livestock Science**, v. 183, p. 33–39, 1 jan. 2016. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1871141315300408>>.

BARUA, M.; ABDOLLAHI, M. R.; ZAEFARIAN, F.; WESTER, T. J.; GIRISH, C. K.; RAVINDRAN, V. Influence of feed form on the standardised ileal amino acid digestibility of common grains for broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 272, p. 114743, 1 fev. 2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377840120306477>>. Acesso em: 26 maio. 2022.

BELLAVER, C. Uso de resíduos de origem animal na alimentação de frangos de corte. In: SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA 2002, **Anais...** [s.l.: s.n.] Disponível em: <[http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc\\_publicacoes/anais0204\\_bsa\\_bellaver.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais0204_bsa_bellaver.pdf)>.

BELLAVER, C.; ZANOTTO, D. L. Parâmetros de qualidade em gorduras e subprodutos protéicos de origem animal. In: CONFERENCIA APINCO 2004, **Anais...** [s.l.: s.n.] Disponível em: <[https://www.nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigosBK/Artigo04\\_bellaver.pdf](https://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigosBK/Artigo04_bellaver.pdf)>.

BELLAVER, C.; ZANOTTO, D. L.; GUIDONI, A. L.; KLEIN, C. H. *In vitro* solubility of meat and bone meal protein with different pepsin concentrations. **Ciência Rural**, v. 30, n. 3, p. 489–492, jun. 2000. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782000000300020&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782000000300020&lng=en&tlng=en)>.

BESKI, S. S. M.; SWICK, R. A.; IJI, P. A. Specialized protein products in broiler chicken nutrition: A review. **Animal Nutrition**, v. 1, n. 2, p. 47–53, 1 jun. 2015. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2405654515000281>>. Acesso em: 30 out. 2022.

BOISEN, S.; FERNÁNDEZ, J. A. Prediction of the apparent ileal digestibility of protein and amino acids in feedstuffs and feed mixtures for pigs by *in vitro* analyses. **Animal Feed Science and Technology**, v. 51, n. 1–2, p. 29–43, 1 jan. 1995. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0377840194006864>>. Acesso em: 17 maio. 2021.

BOISEN, S.; FERNÁNDEZ, J. A. Prediction of the total tract digestibility of energy in feedstuffs and pig diets by *in vitro* analyses. **Animal Feed Science and Technology**, v. 68, n. 3–4, p. 277–286, 1 out. 1997. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377840197000588>>. Acesso em: 17 maio. 2021.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa N° 34, de 28 de maio de 2008.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=284275208>>.

BRYAN, D. D. S. L.; ABBOTT, D. A.; VAN KESSEL, A. G.; CLASSEN, H. L. *In vivo* digestion characteristics of protein sources fed to broilers. **Poultry Science**, v. 98, n. 8, p. 3313–3325, 1 ago. 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0032579119301944>>. Acesso em: 4 nov. 2022.

BUTOLO, J. E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal.** Colégio Brasileiro de Nutrição Animal. Campinas, SP, 430p., 2002.

CAMPOS, A. da S. et al. **Guia brasileiro de produção, manutenção ou utilização de animais em atividades de ensino ou pesquisa científica**. 54p. 2016. Disponível em: <<https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/14259>>.

CARVALHO, C. M. C.; FERNANDES, E. A.; CARVALHO, A. P.; CAIRES, R. M.; FAGUNDES, N. S. Uso de farinhas de origem animal na alimentação de frangos de corte. **Revista Portuguesa de ciencias veterinarias**, v. 111, n. 1, p. 69–73, 2012. Disponível em: <[http://www.fmv.ulisboa.pt/spcv/PDF/pdf6\\_2012.old/69-73.pdf](http://www.fmv.ulisboa.pt/spcv/PDF/pdf6_2012.old/69-73.pdf)>.

CARVALHO, D. C. de O.; ALBINO, L. F. T.; VARGAS JUNIOR, J. G. de; TOLEDO, R. S.; OLIVEIRA, J. E. de; SOUZA, R. M. de. Coeficiente de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos e valores de aminoácidos digestíveis do milho submetido a diferentes temperaturas de secagem e períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 5, p. 850–856, maio 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-3598200900050010&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-3598200900050010&lng=pt&tlng=pt)>.

CBAA. **Compêndio Brasileiro De Nutrição Animal**. São Paulo - BR: Sindirações - Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal, 2013.

CERRATE, S.; EKMAI, R.; ENGLAND, J. A.; COON, C. Predicting nutrient digestibility and energy value for broilers. **Poultry Science**, v. 98, n. 9, p. 3994–4007, 1 set. 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0032579119306923>>. Acesso em: 26 maio. 2022.

CHOI, H.; WON, C. S.; KIM, B. G. Protein and energy concentrations of meat meal and meat and bone meal fed to pigs based on *in vitro* assays. **Animal Nutrition**, v. 7, n. 1, p. 252–257, mar. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.07.007>>.

DAVIS, T. M.; PARSONS, C. M.; UTTERBACK, P. L.; KIRSTEIN, D. Evaluation of the pepsin digestibility assay for predicting amino acid digestibility of meat and bone meals. **Poultry Science**, v. 94, n. 5, p. 1003–1008, 1 maio 2015. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0032579119324939>>. Acesso em: 16 nov. 2022.

DIGGS, B. G.; BECKER, D. E.; JENSEN, A. H.; NORTON, H. W. Energy Value of Various Feeds for the Young Pig. **Journal of Animal Science**, v. 24, n. 2, p. 555–558, 1 maio 1965. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jas/article/24/2/555-558/4701528>>. Acesso em: 4 maio. 2022.

EAGLESON, C.; CLARK, T.; HILL, B.; DANIELS, B.; EAGLESON, A.; GOODWIN, H. L.; WATKINS, S. Impact of meat and bone meal nutritional variability on broiler performance. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 27, n. 2, p. 172–179, 1 jun. 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1056617119301643>>. Acesso em: 30 out. 2022.

EGGER, L.; SCHLEGEL, P.; BAUMANN, C.; STOFFERS, H.; GUGGISBERG, D.; BRÜGGER, C.; DÜRR, D.; STOLL, P.; VERGÈRES, G.; PORTMANN, R. Physiological comparability of the harmonized INFOGEST *in vitro* digestion method to *in vivo* pig digestion. **Food Research International**, v. 102, n. July, p. 567–574, dez. 2017. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996917306154>>.

EYNG, C.; NUNES, R. V.; POZZA, P. C.; POZZA, M.; SANTOS<sup>1</sup>, S. dos; NUNES, C. G. V.; NAVARINI, F.; CLENICE; SILVA, W. T. M.; APPELT, M. D. Composição química e valores energéticos de cultivares de milho para aves. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, p. 60–72, 2009. Disponível em: <<https://periodicos.ufba.br/index.php/rbspa/article/view/40026>>.

EYNG, C.; NUNES, R. V.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; NUNES, C. G. V.; BRUNO, L. D. G. Composição química, valores energéticos e aminoácidos digestíveis verdadeiros de farinhas de vísceras para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 4, p. 779–786, abr. 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-35982010000400012&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982010000400012&lng=pt&tlng=pt)>.

FERNANDES, J. I. M.; CONTINI, J. P.; PROKOSKI, K.; GOTTARDO, E. T.; CRISTO, A. B.; PERINI, R. Desempenho produtivo de frangos de corte e utilização de energia e nutrientes de dietas iniciais com milho classificado ou não e suplementadas com complexo enzimático. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 69, n. 1, p. 181–190, fev. 2017.

Disponível em:  
<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-09352017000100181&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352017000100181&lng=pt&tlng=pt)>.

HENZ, J. R.; NUNES, R. V.; POZZA, P. C.; FURLAN, A. C.; SCHERER, C.; EYNG, C.; SILVA, W. T. M. da. Valores energéticos de diferentes cultivares de milho para aves. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 5, p. 2403, 17 out. 2013.

Disponível em:  
<<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/11868>>.

KAWAUCHI, I. M.; SAKOMURA, N. K.; PONTIERI, C. F. F.; REBELATO, A.; PUTAROV, T. C.; MALHEIROS, E. B.; DE, M.; GOMES, O. S.; CASTRILLO, C.; CARCIOFI, A. C. Prediction of crude protein digestibility of animal by-product meals for dogs by the protein solubility in pepsin method\*. **Journal of Nutritional Science**, v. 3, p. e36, 2014. Disponível em:

<<https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-nutritional-science/article/prediction-of-crude-protein-digestibility-of-animal-byproduct-meals-for-dogs-by-the-protein-solubility-in-pepsin-method/500F7F2B2F6902F6E09018BF814D174F>>.

Acesso em: 16 jan. 2023.

KHATUN, J.; LOH, T. C.; AKIT, H.; FOO, H. L.; MOHAMAD, R. Influence of different sources of oil on performance, meat quality, gut morphology, ileal digestibility and serum lipid profile in broilers.

<http://www.tandfonline.com/action/journalInformation?show=aimsScope&journalCode=taar20#.VsXoziCLRhE>, v. 46, n. 1, p. 479–485, 13 jun. 2017.

Disponível em:  
<<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09712119.2017.1337580>>.

Acesso em: 24 abr. 2022.

KRÁS, R. V.; KESSLER, A. de M.; RIBEIRO, A. M. L.; HENN, Jd.; DOS SANTOS, I.; HALFEN, D. P.; BOCKOR, L. Effect of Dietary Fiber and Genetic Strain on the Performance and Energy Balance of Broiler Chickens. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 15, p. 15–19, 2013. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/rbca/a/PjVSXTFBNBRyP8M9wvNHZ6j/?format=pdf&lang=en>>. Acesso em: 29 maio. 2022.

KUHN, O. J.; NUNES, R. V.; STANGARLIN, J. R.; RAMPIM, L.; FEY, R.; COSTA, N. V.; COSTA, P. B.; GUIMARÃES, V. F.; ZAMBOM, M. A. **Ciências**

**Agrárias: Tecnologias e Perspectivas.** Marechal Cândido Rondon: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2015. 98–138 p. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Andre-Battistus/publication/301676190\\_Uso\\_de\\_bacterias\\_diazotroficas\\_no\\_Oeste\\_do\\_Parana\\_eficiencia\\_agronomica\\_de\\_bacterias\\_promotoras\\_de\\_crescimento\\_de\\_plantas\\_dos\\_generos\\_Azospirillum\\_e\\_Herbaspirillum\\_em\\_gramineas/links/57210ace08aea92aff8b2394/UsodebacteriasdiazotroficasnoOeste-do-Parana-eficiencia-agronomica-debacterias-promotoras-decrescimento-deplantas-dosgenerosAzospirillum-eHerbaspirillum-em-gramineas.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Andre-Battistus/publication/301676190_Uso_de_bacterias_diazotroficas_no_Oeste_do_Parana_eficiencia_agronomica_de_bacterias_promotoras_de_crescimento_de_plantas_dos_generos_Azospirillum_e_Herbaspirillum_em_gramineas/links/57210ace08aea92aff8b2394/UsodebacteriasdiazotroficasnoOeste-do-Parana-eficiencia-agronomica-debacterias-promotoras-decrescimento-deplantas-dosgenerosAzospirillum-eHerbaspirillum-em-gramineas.pdf)>. Acesso em: 29 maio. 2022.

LANCHEROS, J. P.; ESPINOSA, C. D.; STEIN, H. H. Effects of particle size reduction, pelleting, and extrusion on the nutritional value of ingredients and diets fed to pigs: A review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 268, p. 114603, 1 out. 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377840120305071>>. Acesso em: 30 maio. 2022.

LEE, S. A.; JO, H.; KONG, C.; KIM, B. G. Use of digestible rather than total amino acid in diet formulation increases nitrogen retention and reduces nitrogen excretion from pigs. **Livestock Science**, v. 197, p. 8–11, 1 mar. 2017. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S187114131630292X>>. Acesso em: 20 maio. 2021.

LEWIS, M. J.; FRANCIS, D. S.; BLYTH, D.; MOYANO, F. J.; SMULLEN, R. P.; TURCHINI, G. M.; BOOTH, M. A. A comparison of in-vivo and in-vitro methods for assessing the digestibility of poultry by-product meals using barramundi (lates calcarifer); impacts of cooking temperature and raw material freshness. **Aquaculture**, v. 498, p. 187–200, 1 jan. 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0044848618304149>>. Acesso em: 16 jan. 2023.

LOY, D. D.; LUNDY, E. L. Nutritional Properties and Feeding Value of Corn and Its Coproducts. *Em: Corn: Chemistry and Technology, 3rd Edition.* [s.l.] Elsevier, 2019. p. 633–659.

LUDKE, J. V.; ZANOTTO, D. L.; COLDEBELLA, A.; JÚNIOR, A. C. **Avaliação da granulometria do milho para suínos e frangos de corte analisada com**

**amostra seca e com amostra natural Avaliação da granulometria do milho para suínos e frangos de corte analisada com amostra seca e com amostra natural.** Concórdia, SC. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/207704/1/COT568.pdf>>.

MALLMANN, A. O.; DILKIN, P.; VIDAL, J. K.; MEINERZ, G. R.; OLIVEIRA, M. S.; MALLMANN, C. A. Influência da qualidade micotoxicológica e nutricional de híbridos de milho no custo da ração de frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, n. 5, p. 1659–1668, out. 2019. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-09352019000501659&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352019000501659&tlng=pt)>.

MARX, F. O.; MASSUQUETTO, A.; BASSI, L. S.; KRABBE, E. L.; ROCHA, C.; OLIVEIRA, S. G.; MAIORKA, A. Different soybean meal particle sizes on growth performance, nutrient ileal digestibility, digestible energy, and carcass yield of broiler chickens. **Livestock Science**, v. 247, p. 1871–1413, 1 maio 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104467>>. Acesso em: 21 abr. 2022.

MATEOS, G. G.; JIMÉNEZ-MORENO, E.; SERRANO, M. P.; LÁZARO, R. P. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 21, n. 1, p. 156–174, 1 mar. 2012. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1056617119306038>>. Acesso em: 29 maio. 2022.

MATTERSON, L. D.; POTTER, L. M.; STUTZ, M. W.; SINGSEN, E. P. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **Agricultural Experiment Station**, 1965.

MAZUTTI, M. A.; TREICHEL, H.; DI LUCCIO, M. Esterilização de farinha de subprodutos animais em esterilizador industrial. **Food Science and Technology**, v. 30, n. 1, p. 48–54, 12 fev. 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-2061201000010007&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-2061201000010007&lng=pt&tlng=pt)>.

MEEKER, D. L. North American Rendering: processing high quality protein and fats for feed. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. spe, p. 432–440, jul.

2009. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-35982009001300043&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982009001300043&lng=en&tlng=en)>.

MELO, A.; QUEIROZ, J.; OLIVEIRA, V.; DIAS, F.; FERNANDES, R.; MARINHO, J.; SOUZA, R.; SANTOS FILHO, C.; SOUZA, A.; ARRUDA, A. Formas físicas de rações para aves. **PubVet**, v. 10, n. 2, p. 173–178, jan. 2016. Disponível em: <<http://www.pubvet.com.br/artigo/2612/pstrongformas-fiacutesicas-de-raccedilotildees-para-avesstrongp>>.

NOBLET, J.; JAGUELIN-PEYRAUD, Y. Prediction of digestibility of organic matter and energy in the growing pig from an *in vitro* method. **Animal Feed Science and Technology**, v. 134, n. 3–4, p. 211–222, abr. 2007. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377840106002811>>.

ODJO, S. D. P.; MALUMBA, P. K.; BECKERS, Y.; BÉRA, F. Impact of drying and heat treatment on the feeding value of corn. A review. **Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement**, v. 19, n. 3, p. 301–312, 2015. Disponível em: <<https://orbi.uliege.be/handle/2268/195172>>.

OLIVEIRA, C. R. C.; LUDKE, M. C. M. M.; LUDKE, J. V.; LOPES, E. C.; PEREIRA, P. S.; CUNHA, G. T. G. Composição físico-química e valores energéticos de farinhas de silagem de peixe para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 3, p. 933–939, jun. 2014. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-09352014000300933&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352014000300933&lng=pt&tlng=pt)>.

OLIVEIRA, H. F. de; SOUTO, C. N.; CRUVINEL, I.; CASTRO, D.; ZOOTECHNIA, D. de; VETERINÁRIA, E. de; DE, U. F. Resíduos agroindustriais do processamento de frutas na alimentação de frangos de corte: Revisão. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 113, p. 1–10, 2018. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/332448621\\_Residuos\\_agroindustriais\\_do\\_processamento\\_de\\_frutas\\_na\\_alimentacao\\_de\\_frangos\\_de\\_corte\\_Revisao](https://www.researchgate.net/publication/332448621_Residuos_agroindustriais_do_processamento_de_frutas_na_alimentacao_de_frangos_de_corte_Revisao)>.

PEDERSEN, N. B.; ZAEFARIAN, F.; STORM, A. C.; RAVINDRAN, V.; COWIESON, A. J. Mathematical prediction of ileal energy and protein digestibility in broilers using multivariate data analysis. **Poultry Science**, v. 100,

n. 6, p. 101106, 1 jun. 2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0032579121001401>>. Acesso em: 26 maio. 2022.

PORTES, J. V.; LACERDA, V. V. de; NETO, J. B.; SOUZA, Â. R. L. de. Análise dos custos da cadeia produtiva de suínos no Sul do Brasil. **Custos e Agronegócio**, v. 15, n. July, p. 18–41, 2019. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Viviane\\_De\\_Lacerda/publication/334783313\\_Analise\\_dos\\_custos\\_da\\_cadeia\\_produtiva\\_de\\_suinos\\_no\\_Sul\\_do\\_Brasil/links/5d4107b34585153e5930170b/Analise-dos-custos-da-cadeia-produtiva-de-suinos-no-Sul-do-Brasil.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Viviane_De_Lacerda/publication/334783313_Analise_dos_custos_da_cadeia_produtiva_de_suinos_no_Sul_do_Brasil/links/5d4107b34585153e5930170b/Analise-dos-custos-da-cadeia-produtiva-de-suinos-no-Sul-do-Brasil.pdf)>.

POZZA, Paulo Cesar et al. Determinação e predição dos valores de energia digestível e metabolizável da farinha de vísceras para suínos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n. 4, p. 734-742, 2008a. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Juarez-Donzele/publication/343994947\\_Determinacao\\_e\\_predicao\\_dos\\_valores\\_de\\_energia\\_digestivel\\_e\\_metabolizavel\\_da\\_farinha\\_de\\_visceras\\_para\\_suinos\\_Determination\\_and\\_prediction\\_of\\_the\\_digestible\\_and\\_metabolizable\\_energy\\_values\\_of\\_poultry\\_b/links/5f4d0d24299bf13c5067e1a7/Determinacao-e-predicao-dos-valores-de-energia-digestivel-e-metabolizavel-da-farinha-de-visceras-para-suinos-Determination-and-prediction-of-the-digestible-and-metabolizable-energy-values-of-poultry-b.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Juarez-Donzele/publication/343994947_Determinacao_e_predicao_dos_valores_de_energia_digestivel_e_metabolizavel_da_farinha_de_visceras_para_suinos_Determination_and_prediction_of_the_digestible_and_metabolizable_energy_values_of_poultry_b/links/5f4d0d24299bf13c5067e1a7/Determinacao-e-predicao-dos-valores-de-energia-digestivel-e-metabolizavel-da-farinha-de-visceras-para-suinos-Determination-and-prediction-of-the-digestible-and-metabolizable-energy-values-of-poultry-b.pdf)>. Acesso em: 16 fevereiro. 2023.

POZZA, Paulo Cesar et al. Composição química, digestibilidade e predição dos valores energéticos da farinha de carne e ossos para suínos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 30, n. 1, p. 33-40, 2008b. Disponível em: <<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/view/3597/2664>>. Acesso em: 16 fevereiro. 2023.

RINTTILÄ, T.; APAJALAHTI, J. Intestinal microbiota and metabolites—Implications for broiler chicken health and performance. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 22, n. 3, p. 647–658, 1 out. 2013. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1056617119305227>>. Acesso em: 1 abr. 2023.

- ROCHELL, S. J.; KUHLLERS, D. L.; DOZIER, W. A. Relationship between *in vitro* assays and standardized ileal amino acid digestibility of animal protein meals in broilers. **Poultry Science**, v. 92, n. 1, p. 158–170, 1 jan. 2013. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0032579119398384>>. Acesso em: 31 out. 2022.
- ROJAS, O. J.; STEIN, H. H. Effects of reducing the particle size of corn grain on the concentration of digestible and metabolizable energy and on the digestibility of energy and nutrients in corn grain fed to growing pigs. **Livestock Science**, v. 181, p. 187–193, 1 nov. 2015. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1871141315004242>>. Acesso em: 25 maio. 2022.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; DE OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. **Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4 ed, p. 488. Viçosa, 2017.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, PAULO CEZAR; OLIVEIRA, R. F. de; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. de T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3 ed, p.352. Viçosa, 2011.
- ROSTAGNO, H. S.; BÜNZEN, S.; SAKOMURA, N. K.; ALBINO, L. F. T. Avanços metodológicos na avaliação de alimentos e de exigências nutricionais para aves e suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. suppl, p. 295–304, jul. 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-3598200700100027&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-3598200700100027&lng=pt&tlng=pt)>.
- SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 2.ed. Jaboticabal: Funep, 2016. 262p.
- SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.

SAKOMURA, N. K.; SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de Não Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2014. v. 11–678 p.

SCOTTA, B. A.; ALBINO, L. F. T.; BRUSTOLINI, P. C.; GOMIDE, A. P. C.; CAMPOS, P. F.; RODRIGUES, V. V. DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA E DOS VALORES DE ENERGIA METABOLIZÁVEL DE ALGUNS ALIMENTOS PROTEICOS PARA FRANGOS DE CORTE. **Ciência Animal Brasileira**, v. 17, n. 4, p. 501–508, dez. 2016. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1809-68912016000400501&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-68912016000400501&lng=pt&tlng=pt)>. Acesso em: 17 jan. 2023.

SHANG, Y.; KUMAR, S.; OAKLEY, B.; KIM, W. K. Chicken Gut Microbiota: Importance and Detection Technology. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 5, n. OCT, p. 254, 23 out. 2018. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fvets.2018.00254/full>>. Acesso em: 1 abr. 2023.

SHURSON, G. C.; HUNG, Y.-T.; JANG, J. C.; URRIOLOA, P. E. Measures Matter—Determining the True Nutri-Physiological Value of Feed Ingredients for Swine. **Animals**, v. 11, n. 5, p. 1259, 27 abr. 2021. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-2615/11/5/1259>>.

SIBBALD, I. R.; SLINGER, S. J. A Biological Assay for Metabolizable Energy in Poultry Feed Ingredients Together With Findings Which Demonstrate Some of the Problems Associated With the Evaluation of Fats. **Poultry Science**, v. 42, n. 2, p. 313–325, 1 mar. 1963. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S003257911942912X>>. Acesso em: 4 maio. 2022.

SILVA, C. S.; MENTEN, J. F. M.; TRALDI, A. B.; SANTAROSA, J.; PEREIRA, P. W. Z. Avaliação de milhos de diferentes densidades para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p. 1554–1561, jul. 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-35982011000700022&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982011000700022&lng=pt&tlng=pt)>.

SILVA, J. M. S. da; SOUZA, C. S.; GOUVEIA, A. B. V. S.; SILVA, W. J. da; PAULO, L. M. de; SOUSA, F. E. de; SOUSA, J. G.; REZENDE, C. S. M. e;

SANTOS, F. R. dos; MINAFRA, C. S. Composition, Digestibility, and Microbiological Quality of the Animal-Origin Meal. **Journal of Agricultural Studies**, v. 8, n. 1, p. 424, 2 mar. 2020. Disponível em: <<http://www.macrothink.org/journal/index.php/jas/article/view/16531>>.

SOL, C.; CASTILLEJOS, L.; GASA, J. Digestibility of some conventional and non-conventional feedstuff and co-products to be used in liquid feed growing-finishing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 222, p. 168–179, dez. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.10.013>>.

SOL, C.; CASTILLEJOS, L.; LÓPEZ-VERGÉ, S.; GASA, J. Prediction of the digestibility and energy contents of non-conventional by-products for pigs from their chemical composition and *in vitro* digestibility. **Animal Feed Science and Technology**, v. 234, n. July, p. 237–243, dez. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.10.003>>.

SUH, D. H.; MOSS, C. B. Decompositions of corn price effects: implications for feed grain demand and livestock supply. **Agricultural Economics**, v. 48, n. 4, p. 491–500, jul. 2017. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/agec.12350>>.

SVIHUS, B. Starch digestion capacity of poultry. **Poultry Science**, v. 93, n. 9, p. 2394–2399, 1 set. 2014. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0032579119323946>>. Acesso em: 26 maio. 2022.

TEJEDA, O. J.; KIM, W. K. Role of Dietary Fiber in Poultry Nutrition. **Animals** **2021**, Vol. 11, Page 461, v. 11, n. 2, p. 461, 9 fev. 2021. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-2615/11/2/461/htm>>. Acesso em: 29 maio. 2022.

TOLDRÁ, F.; ARISTOY, M.-C.; MORA, L.; REIG, M. Innovations in value-addition of edible meat by-products. **Meat Science**, v. 92, n. 3, p. 290–296, 1 nov. 2012. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0309174012001179>>. Acesso em: 21 maio. 2021.

TRONI, A. R.; GOMES, P. C.; MELLO, H. H. de C.; ALBINO, L. F. T.; ROCHA, T. C. da. Chemical and energy composition of broiler feeds. **REVISTA CIÊNCIA**

**AGRONÔMICA**, v. 47, n. 4, p. 755–760, 2016. Disponível em: <<http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/1806-6690.20160090>>.

TRUONG, H. H.; LIU, S. Y.; SELLE, P. H.; TRUONG, H. H.; LIU, S. Y.; SELLE, P. H. Starch utilisation in chicken-meat production: the foremost influential factors. **Animal Production Science**, v. 56, n. 5, p. 797–814, 9 jul. 2015. Disponível em: <<https://www.publish.csiro.au/an/AN15056>>. Acesso em: 26 maio. 2022.

VALADARES, C. G.; SANTOS, J. S.; LÜDKE, M. C. M. M.; LÜDKE, J. V.; SILVA, J. C. N. S.; PEREIRA, P. S. Determinação da energia metabolizável do farelo residual do milho com e sem enzima em dietas para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 68, n. 3, p. 748–754, jun. 2016. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-09352016000300748&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352016000300748&lng=pt&tlng=pt)>.

VAN KEULEN, J.; YOUNG, B. A. Evaluation of Acid-Insoluble Ash as a Natural Marker in Ruminant Digestibility Studies. **Journal of Animal Science**, v. 44, n. 2, p. 282–287, 1 fev. 1977. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jas/article/44/2/282/4697314>>. Acesso em: 17 jan. 2023.

WU, S. B.; SWICK, R. A.; NOBLET, J.; RODGERS, N.; CADOGAN, D.; CHOCT, M. Net energy prediction and energy efficiency of feed for broiler chickens. **Poultry Science**, v. 98, n. 3, p. 1222–1234, 1 mar. 2019. . Acesso em: 29 maio. 2022.

WU, S.-B.; SWICK, R. A.; NOBLET, J.; RODGERS, N.; CADOGAN, D.; CHOCT, M. Net energy prediction and energy efficiency of feed for broiler chickens. **Poultry Science**, v. 98, n. 3, p. 1222–1234, 1 mar. 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0032579119303967>>. Acesso em: 29 maio. 2022.

XIAO, Y.; XIANG, Y.; ZHOU, W.; CHEN, J.; LI, K.; YANG, H. Microbial community mapping in intestinal tract of broiler chicken. **Poultry Science**, v. 96, n. 5, p. 1387–1393, 1 maio 2017. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0032579119313112>>. Acesso em: 1 abr. 2023.

YEGANI, M.; SWIFT, M. L.; ZIJLSTRA, R. T.; KORVER, D. R. Prediction of energetic value of wheat and triticale in broiler chicks: A chick bioassay and an *in vitro* digestibility technique. **Animal Feed Science and Technology**, v. 183, n. 1–2, p. 40–50, 28 jun. 2013. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377840113000679>>. Acesso em: 29 maio. 2022.

ZAEFARIAN, F.; ABDOLLAHI, M. R.; RAVINDRAN, V. Starch digestion in broiler chickens fed cereal diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 209, p. 16–29, 1 nov. 2015. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377840115002485>>. Acesso em: 26 maio. 2022.

ZAEFARIAN, F.; COWIESON, A. J.; PONTOPPIDAN, K.; ABDOLLAHI, M. R.; RAVINDRAN, V. Trends in feed evaluation for poultry with emphasis on *in vitro* techniques. **Animal Nutrition**, v. 7, n. 2, p. 268–281, 1 jun. 2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2405654521000019>>. Acesso em: 31 out. 2022.

## ANEXO A – COMPROVANTE DO CEUA

	Certificado*	ETICA 1/1
---	--------------	--------------

\*Em concordância com a Orientação Técnica CONCEA no 8, de 18 de março de 2016 (Anexo I)

Certificamos que a proposta intitulada **“Correlação entre a digestibilidade em pepsina e digestibilidade in vivo de farinhas de origem animal para frangos de corte”**, registrada com o nº **010/2018**, sob a responsabilidade de **Fernando de Castro Tavernari** – que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica (ou ensino) – encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovada pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA) DO(A) Embrapa Suínos e Aves, em reunião de **28/06/2018**.

Finalidade	( ) Ensino ( X ) Pesquisa Científica
Vigência da Autorização	01/08/2018 – 01/08/2019
Espécie/linhagem/raça	<i>Gallus gallus</i>
Nº de animais	1980
Peso/Idade	43gr/ Um dia até 21 dias
Sexo	Machos
Origem	Aviário comercial (incubatório Seara/ linhagem: COBB)



\_\_\_\_\_  
Presidente CEUA/CNPISA

**Paulo Augusto Esteves**  
CRB: 2563603D  
Matrícula: 320571

FQ4-053-13  
Rev(01)