

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Veterinária
Programa de Pós-graduação em Ciência Animal
Área de concentração de Tecnologia e Inspeção de Produtos de Origem Animal

**Potencial de uso de aminoácidos e aminos bioativas livres como índice
de autenticidade e qualidade de farinhas de origem animal**

DOUGLAS EVANGELISTA BRAGA

Belo Horizonte, MG
Escola de Veterinária da UFMG
2019

Douglas Evangelista Braga

Potencial de uso de aminoácidos e aminos bioativas livres como índice de autenticidade e qualidade de farinhas de origem animal

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal, área de concentração: Tecnologia e Inspeção de Produtos de Origem Animal

Orientadora: Prof^ª. Dra. Maria Beatriz Abreu Glória

Belo Horizonte, MG
Escola de Veterinária da UFMG
2019

B813p Braga, Douglas Evangelista, 1986-
Potencial de uso de aminoácidos e aminos bioativas livres como índice de autenticidade e
qualidade de farinhas de origem animal / Douglas Evangelista Braga. – 2019.
78 p. : il.

Orientadora: Maria Beatriz Abreu Glória
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária.
Inclui bibliografia

1. Farinhas – Indústria – Teses. 2. Resíduos – Subprodutos – Teses. 3. Aminoácidos – Teses.
4. Aminos – Teses. 5. Produtos animais – Inspeção – Teses. I. Glória, Maria Beatriz Abreu.
II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

CDD – 664

FOLHA DE APROVAÇÃO

DOUGLAS EVANGELISTA BRAGA

Dissertação submetida à banca examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIA ANIMAL, como requisito para obtenção do grau de MESTRE em CIÊNCIA ANIMAL, área de concentração TECNOLOGIA E INSPEÇÃO DE PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL .

Aprovada em 08 de Fevereiro de 2019, pela banca constituída pelos membros:

Prof.ª. Maria Beatriz Abreu Glória
Presidente - Orientador

Prof. Bruno Gonçalves Botelho
Departamento de Química - UFMG

Prof.ª. Débora Cristina Sampaio de Assis
Escola de Veterinária - UFMG



AGRADECIMENTOS

À minha família e amigos, que sempre estiveram apoiando e confiando.

À professora Maria Beatriz de Abreu Glória pela orientação e apoio.

À equipe do LBqA, Gisela de Magalhães Machado Moreira, Edinéia Xavier, Naiara Ciriaco, Nilton Almeida, Guilherme Reis, José Maria Soares e Valterney Lima Deus, pela ajuda e apoio.

À Audecir Giombelli, pela ajuda na idealização do trabalho e fornecimento de amostras.

A todos que contribuíram de alguma forma para realização deste trabalho.

Muito obrigado

SUMÁRIO

	RESUMO	1
	ABSTRACT	2
1.	INTRODUÇÃO	3
2.	REVISÃO DA LITERATURA	4
2.1	Os resíduos da indústria de produtos cárneos	4
2.2	Farinhas de origem animal	6
2.2.1.	Produção de farinhas de origem animal	7
2.2.2.	Uso de farinhas de origem animal	8
2.2.3.	Tipos de farinha de origem animal	8
2.2.3.1	Farinha de ossos	8
2.2.3.2.	Farinha de carne e ossos	8
2.2.3.3.	Farinha de penas e vísceras	9
2.2.3.4.	Farinha de penas hidrolisadas	9
2.2.3.5.	Farinha de vísceras de aves	10
2.2.3.6.	Farinha de vísceras suínas	10
2.3.	Qualidade de farinhas de origem animal	10
2.3.1.	Composição	11
2.3.1.1.	Umidade	11
2.3.1.2.	Proteína bruta	11
2.3.1.3.	Gordura	12
2.3.1.4.	Cinzas	12
2.3.1.5.	Minerais	12
2.3.1.6.	Aminoácidos	12
2.3.1.7.	Aminas bioativas	13

2.3.1.7.1.	Poliaminas	15
2.3.1.7.2.	Aminas biogênicas	15
2.3.2.	Características físico-químicas das farinhas de origem animal	18
2.3.2.1.	Índice de peróxidos	18
2.3.2.2.	Acidez titulável	18
2.3.3.	Contaminantes	18
2.3.3.1.	<i>Salmonella spp.</i>	18
2.3.3.2.	Mercúrio	19
3.	OBJETIVOS	19
3.1.	Objetivo geral	19
3.2.	Objetivos específicos	20
4.	MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1.	Material	20
4.1.1.	Amostras	20
4.1.2.	Reagentes	21
4.2.	Métodos de análise	21
4.2.1.	Análises físico-químicas e composição centesimal	21
4.2.2.	Análise microbiológica	22
4.2.3.	Determinação da atividade de água	22
4.2.4.	Determinação do mercúrio total	22
4.2.5.	Determinação dos aminoácidos e aminas bioativas livres	22
4.2.6.	Análises das farinhas por infravermelho com transformada de Fourier FTIR	23
4.3.	Análises estatísticas	23
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1.	Características microbiológicas	24

5.1.1.	Pesquisa de <i>Salmonella spp.</i>	24
5.2.	Composição centesimal	24
5.2.1.	Influência do local de fabricação na composição centesimal	24
5.2.2.	Influência do tipo de farinha na composição centesimal	27
5.2.3.	Teores de umidade	28
5.2.4.	Atividade de água	28
5.2.5	Teores de proteína bruta	29
5.2.6.	Teores de gordura	29
5.2.7.	Teores de cinzas	29
5.2.8.	Teores de cálcio e fósforo	30
5.3.	Características físico-químicas	30
5.3.1.	Índice de peróxido	30
5.3.2.	Acidez total titulável	31
5.4.	Contaminantes	32
5.4.1.	Teores de mercúrio	32
5.5.	Teores de aminoácidos livres	32
5.6.	Ocorrência de aminas bioativas em farinhas de origem animal	39
5.7.	Análise multivariada	45
5.8.	Análise das farinhas por infravermelho.....	49
5.9.	Parâmetros de índice de autenticidade e qualidade das farinhas	50
6.	CONCLUSÕES	51
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

LISTA DE TABELAS

1	Padrões de identidade e qualidade de alguns tipos de farinha de origem animal	6
2	Vantagens do uso de farinha de carne e ossos	9
3	Composição média de aminoácidos totais(%), baseados na de proteína bruta (em matéria seca) de algumas farinhas de origem animal	14
4	Métodos utilizados no preparo das farinhas de origem animal.....	20
5	Tipo de farinha e fábrica produtora	21
6	Composição centesimal, atividade de água, acidez, teores de alguns minerais e de mercúrio em farinhas de vísceras de aves em função das fábricas produtoras	25
7	Composição centesimal, atividade de água, acidez, teores de alguns minerais e de mercúrio em farinhas de vísceras suínas em função das fábricas produtoras	26
8	Composição centesimal, atividade de água, acidez, teores de alguns minerais e de mercúrio em farinhas de carne bovina em função das fábricas produtoras	26
9	Composição centesimal, atividade de água, acidez, teores de alguns minerais e de mercúrio em farinhas de penas de aves hidrolisadas em função das fábricas produtoras	27
10	Composição centesimal, atividade de água, acidez e teores de alguns minerais em farinhas de origem animal – vísceras de aves, vísceras suínas, carne bovina e penas hidrolisadas de aves obtidas em três dias consecutivos de produção	28
11	Teores medianos (mínimo-máximo) de aminoácidos livres e de amônia (mg/kg, base seca) em farinhas de vísceras de aves em função das fábricas produtoras	33
12	Teores medianos (mínimo-máximo) de aminoácidos livres e de amônia (mg/kg, base seca) em farinhas de vísceras suínas em função das fábricas produtoras	35
13	Teores medianos (mínimo-máximo) de aminoácidos livres e de amônia (mg/kg, base seca) em farinhas de carne e ossos em função das fábricas produtoras	36
14	Teores medianos (mínimo-máximo) de aminoácidos livres e de amônia (mg/kg, base seca) em farinhas de penas hidrolisadas de aves em função das fábricas produtoras	37
15	Teores médios (\pm desvio padrão) de aminoácidos livres e de amônia (mg/kg, base seca) em farinhas de origem animal – vísceras de aves, vísceras suínas,	

	carne e ossos e penas de aves hidrolisadas obtidas em três dias consecutivos de produção	38
16	Medianas (mínimo-máximo) de aminos bioativos livres (mg/kg) em farinhas de vísceras de aves em função das fábricas produtoras.....	40
17	Medianas (mínimo-máximo) de aminos bioativos livres (mg/kg) em farinhas de vísceras suínas em função das fábricas produtoras (em base seca).....	41
18	Medianas (mínimo-máximo) de aminos bioativos livres (mg/kg) em farinhas de carne bovina em função das fábricas produtoras (em base seca).....	42
19	Medianas (mínimo-máximo) de aminos bioativos livres (mg/kg) em farinhas de penas hidrolisadas de aves em função das fábricas produtoras (em base seca)	43
20	Mediana (mínimo-máximo) das aminos bioativos livres em mg/kg nos quatro tipos de farinha analisadas.....	44
21	Correlação de Spearman entre teor de aminos bioativos e proteína bruta, aminoácidos e proteína bruta, teor de aminoácidos e aminos bioativos, nos quatro tipos de farinha analisados.....	45
22	Parâmetros capazes de diferenciar a identidade e ou qualidade das farinhas de origem animal	51

LISTA DE FIGURAS

1	Produção brasileira de farinha de origem animal em 2016.....	5
2	Fluxograma do processamento das farinhas de origem animal (de animais não ruminantes).....	7
3	Uma das rotas da síntese de espermina e espermidina	15
4	Rota metabólica para a formação de aminos bioativas.....	16
5	Relação Ca/P encontrada para farinhas de vísceras de aves, vísceras suínas, carne bovina e penas hidrolisadas.....	30
6	Teores médios de mercúrio (mg/kg) em base seca, de farinhas de origem animal – vísceras de aves, vísceras suínas, carne bovina e penas de aves hidrolisadas.....	32
7	Contribuição (%) de cada aminoácido ao teor total em cada tipo de farinha analisada	39
8	Contribuição (%) de cada amina ao teor total médio de aminos bioativas de cada tipo de farinha analisada.....	44
9	Gráfico de escores pela análise de componentes principais para as médias dos resultados obtidos nas análises físico-químicas, contaminantes, aminoácidos e aminos bioativas livres dos quatro tipos de farinha de origem animal.....	46
10	Gráfico de loading pela análise de componentes principais para as médias dos resultados obtidos nas análises físico-químicas, contaminantes, aminoácidos e aminos bioativas livres dos quatro tipos de farinha de origem animal.....	47
11	Dendograma da análise do grupamento hierárquico pela análise de componentes principais para as médias dos resultados obtidos nas análises físico-químicas, contaminantes, aminoácidos e aminos bioativas livres dos quatro tipos de farinha de origem animal	48
12	Dendograma da análise do grupamento hierárquico de similaridade dos grupos formados pelas variáveis, pela análise de componentes principais para as médias dos resultados obtidos nas análises físico-químicas, contaminantes, aminoácidos e aminos bioativas livres dos quatro tipos de farinha de origem animal	48
13	Gráfico de score pela análise de componentes principais para as médias dos resultados obtidos nas análises de FTIR para os quatro tipos de farinhas de origem animal	50

LISTA DE ABREVIATURAS

°C	Graus Célsius
AGM	Agmatina
Ala	Alanina
AQC	6-aminoquinolil-N-hidroxisuccinimidilcarbamato
Arg	Arginina
Asp	Asparagina
Ca	Cálcio
CAD	Cadaverina
CV	Coefficiente de variação
Cys	Cistina
DAO	Diaminoxidases
Dp	Desvio Padrão
EPD	Espermidina
FEM	Feniletilamina
G	Gordura
Glu	Ácido glutâmico
Gly	Glicina
HIM	Histamina
HMT	Histamina <i>N</i> -metil transferase
HPLC	Do inglês 'High Performance Liquid Chromatography'
Ile	Isoleucina
Leu	Leucina
Lys	Lisina
Meq	Miliequivalente
Met	Metionina
P	Fósforo
p.a.	Para análise
PB	Proteína bruta
Phe	Fenilalanina
Pmol	Picomol
Pro	Prolina
PUT	Putrescina
Ser	Serina
SRT	Serotonina
TCA	Ácido tricloroacético
Tyr	Tirosina
TIM	Tiramina

TRM	Triptamina
Trp	Triptofano
Thr	Treonina
Val	Valina

RESUMO

A indústria de proteína animal gera uma grande quantidade de resíduos e subprodutos não comestíveis e com elevado poder poluente. As farinhas de origem animal são boas fontes de proteína e uma boa alternativa para aproveitamento destes resíduos na alimentação animal. Entretanto, a qualidade e autenticidade destas devem ser garantidas. O objetivo deste trabalho foi investigar a qualidade de quatro tipos de farinha de origem animal (vísceras de aves, vísceras suínas, carne e ossos, e penas de aves hidrolisadas) produzidas por uma indústria sob Inspeção Federal e propor índice para qualidade e autenticidade. Foram realizadas análises de composição centesimal, físico-químicas e microbiológicas conforme legislação vigente. Foram também analisados aminoácidos, aminas bioativas e mercúrio por infravermelho (FTIR). Todas as amostras analisadas atenderam a legislação vigente com relação aos parâmetros de composição centesimal, físico-químicas e microbiológicas, mesmo havendo diferença ($p < 0,05$) nos resultados entre fábricas. Todas as farinhas continham mercúrio em teores $\leq 0,1$ mg/kg, não havendo diferença entre os tipos de farinha. Houve diferença significativa no perfil e teores de aminoácidos e aminas para os diferentes tipos de farinha. Análise multivariada com todos os constituintes analisados e com dados do FTIR diferenciou apenas a farinha de penas de aves hidrolisadas das demais.

Palavras-chave: Resíduo, subproduto, aminas biogênicas, mercúrio.

ABSTRACT

The animal protein industry generates a large amount of waste and non-edible by-products with high pollutant power. Animal meals are good sources of protein and a good alternative for the use of these residues in animal feed. However, the quality and authenticity of these products must be guaranteed. The objective of this work was to investigate the quality of four types of animal meal (poultry viscera, swine viscera, meat and bones, and hydrolyzed poultry feathers) produced by an industry under federal inspection and to investigate the possibility of generating indexes for quality and authenticity. Analyses of, physic-chemical composition and microbiological characteristics were performed according to current legislation. Amino acids, bioactive amines and mercury were also analyzed by UPLC. Samples were also analyzed by infrared (FTIR). All samples complied with current legislation, even though there was a difference ($p < 0.05$) in the results among factories. All animal meals contained mercury at contents ≤ 0.1 mg/kg, with no difference among the different types of meal. There was significant difference on the profile and contents of amino acids and amines for the different types of meal. Multivariate analysis with all constituents analyzed and FTIR data differentiated only the feather meal from the others.

Keywords: Residue, by-product, biogenic amines, mercury.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de proteína animal do mundo, sendo o segundo maior produtor de carnes bovina e de frango e o quarto maior produtor de carne suína (USDA, 2018). Com esta alta produção, surgem problemas relativos ao sistema produtivo e também devido à geração de resíduos e sua destinação ideal, os quais têm elevado valor proteico e podem ser aproveitados como ingredientes para ração na forma de farinhas de origem animal (MEEKER, 2009).

As farinhas de origem animal, como as de carne e ossos, são boas fontes de aminoácidos essenciais e vitaminas do grupo B, utilizadas principalmente na alimentação animal (JAYATHILAKAN et al., 2012; TOLDRÁ et al., 2016). Proteínas hidrolisadas também são utilizadas com sucesso na aquicultura (GILBERT, WONG, & WEBB, 2008; TOLDRÁ et al., 2016). Estes compostos proteicos hidrolisados, derivados de proteína animal, representam uma alternativa interessante ao farelo de soja, como fonte proteica, na alimentação animal, com ausência de fatores antinutricionais e presença de grandes quantidades de aminoácidos essenciais (MARTÍNEZ-ALVAREZ et al., 2015; TOLDRÁ et al., 2016)

Por se tratarem de subprodutos da indústria de produtos de origem animal, existem dificuldades em relação à qualidade e na padronização em função do processo produtivo e da origem dos resíduos que irão compor as farinhas de origem animal, sendo de grande importância com relação ao valor nutricional, econômico e de segurança alimentar (MEEKER, 2009). Os principais riscos relacionados à segurança destes produtos são as contaminações microbiológicas, de amins biogênicas e também a preocupação quanto à Encefalopatia Espongiforme Bovina (BSE). Com o intuito de minimizar a possível ocorrência de qualquer um destes riscos, é necessário que a indústria processadora de subprodutos animais opere sob rígido padrão de qualidade e que a utilização das farinhas de origem animal limite-se às rações para monogástricos (SCHEUERMANN, 2008).

A portaria nº 07 de 9 novembro de 1988 (BRASIL, 1988), estabeleceu os padrões mínimos (umidade, proteína bruta, digestibilidade em pepsina, extrato etéreo, acidez e matéria mineral) das diversas matérias primas empregadas na alimentação animal. Entretanto, esta foi revogada pela Instrução Normativa (IN) nº 30, de 5 de agosto de 2009 (BRASIL, 2009). No ano de 2003 surgiu a IN nº 15 (BRASIL, 2008), a qual aprovou o regulamento técnico sobre as condições higiênic-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos que processam resíduos animais destinados à alimentação animal, o modelo do documento comercial e o roteiro da inspeção das boas práticas de fabricação. Esta IN significou um importante avanço para assegurar a qualidade dos subprodutos de origem animal. Alguns pontos importantes considerados são o tratamento térmico, visando a esterilização – “deverá utilizar vapor saturado direto, em temperatura não inferior a 133 °C, com tempo mínimo de 20 minutos e pressão de 3 bar, na massa do produto em processamento“, implantação de programa de boas práticas de fabricação (BPF), de procedimentos padrão de higiene operacional e pré-operacional (PPHO), e de programa de análise de perigos e pontos críticos de controle (HACCP ou APPCC) (SCHEUERMANN, 2008).

Pelo fato da matéria prima das farinhas de origem animal ser rica em proteína, e ser susceptível a proteólise, com liberação de amino ácidos, a presença e formação de aminos bioativas devem ser investigadas. Algumas aminos podem ser inerentes à matéria prima, entretanto, pode ocorrer aumento na concentração e formação de outras aminos em decorrência da descarboxilação térmica de aminoácidos livres ou pela ação de enzimas de bactérias contaminantes (ALVAREZ & ARRIBAS, 2014). Algumas aminos, em baixas concentrações são benéficas à saúde e crescimento animal; entretanto, outras, em concentração elevada, podem ser prejudiciais à saúde como a histamina que age como neurotransmissor e como vasodilatador no sistema nervoso central e no sistema cardiovascular, mas que, em altas concentrações, pode causar intoxicações (GLORIA, 2005; EFSA, 2011; TABANELLI et al., 2018). Assim, as aminos bioativas são relevantes do ponto de vista sanitário e toxicológico, podendo indicar a qualidade da matéria prima e das condições higiênico-sanitárias prevalentes na produção de alimentos e ingredientes.

Portanto torna-se fundamental conhecer essas substâncias e estudar cada vez mais sua presença em ingredientes e produtos alimentícios, como nas farinhas de origem animal, produzidas e comercializadas no Brasil. Dessa forma, este trabalho poderá, além de elucidar as aminos bioativas presentes nestas farinhas de origem animal, colaborar na manutenção da saúde animal (uma vez que algumas aminos bioativas apresentam toxicidade) e contribuir com informações relevantes para os trabalhos que porventura sejam realizados na busca de uma padronização de um produto com requisitos mínimos de qualidade e identidade assistidos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Os resíduos da indústria da carne e de produtos cárneos

O processamento industrial de animais de produção, tais como bovinos e aves, gera significativa quantidade de resíduos, incluindo vísceras, carne, gordura ou banha, pele, pés, conteúdos intestinais, ossos, penas e sangue. Dados sobre a quantidade de resíduos gerados são relativamente escassos e variam de cerca de 33 a 43% (massa/massa) do peso vivo do animal (HAMILTON, 2004; IRSHAD et al., 2015; MARTÍNEZ-ALVAREZ et al., 2015; HOU et al., 2017). No caso específico dos frangos de corte, o sangue representa cerca de 2-6% do peso total das aves, e as penas podem ser de até 10% (JAMDAR & HARIKUMAR, 2005; LASEKAN, ABU BAKAR, & HASHIM, 2013; MARTÍNEZ-ALVAREZ et al., 2015).

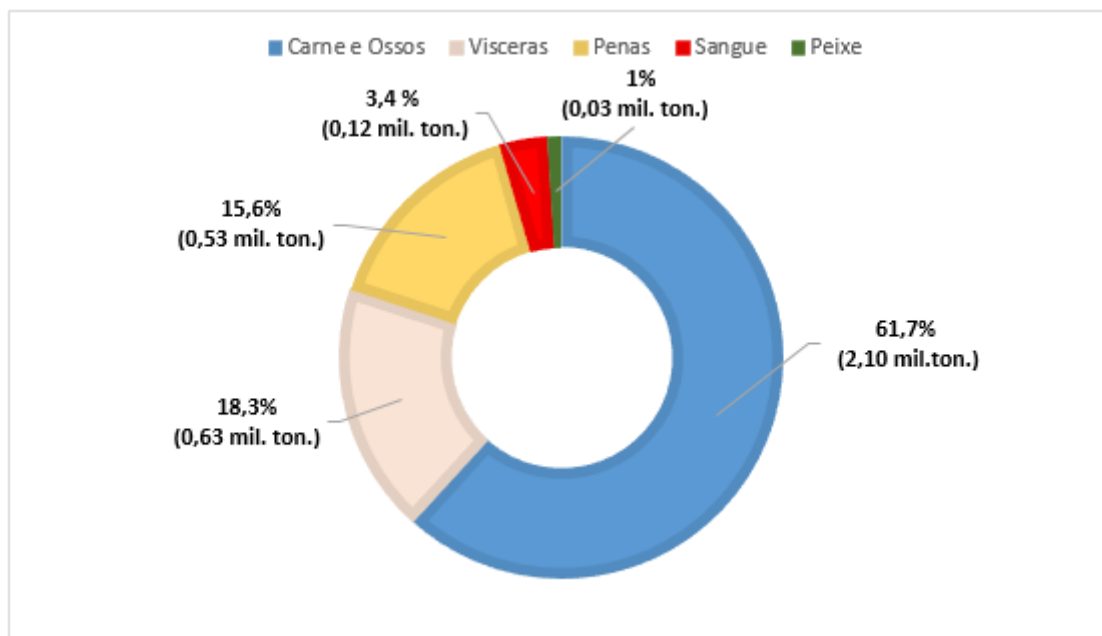
Segundo MEEKER (2009), o volume de subprodutos animais gerados pela indústria norte americana, em 2009, foi de quase 24,49 milhões de toneladas por ano. A não utilização ou subutilização de subprodutos animais não só leva à perda de receitas potenciais como também leva ao aumento do custo de descarte desses produtos. Por esse motivo, a indústria começou a desenvolver diversas tecnologias para aproveitamento desses resíduos, principalmente na forma de produtos de baixo valor agregado, reduzindo ao menos os custos derivados da sua eliminação (MARTÍNEZ-ALVAREZ et al., 2015).

De acordo com HAMILTON (2004), a indústria processa aproximadamente 60 milhões de toneladas por ano de subprodutos animais, dos quais 25 milhões de toneladas são processadas na América do Norte e 15 milhões de toneladas na União Européia. A Argentina, Austrália, Brasil e Nova Zelândia processam coletivamente outros 10 milhões de toneladas de subprodutos animais por ano. No entanto, a realidade é que consideráveis quantidades de subprodutos animais são dificilmente recuperadas e, em muitos casos, se depara com limitações impostas pela legislação existente (MARTÍNEZ-ALVAREZ et al., 2015) ou ainda pela falta de legislação específica. O uso de subprodutos animais é realizado principalmente como ingredientes de ração animal ou de fertilizantes.

Segundo a Associação Brasileira de Reciclagem Animal (ABRA, 2016), em 2016 o Brasil processou aproximadamente 12,4 milhões de toneladas de subprodutos de origem animal (farinhas, óleos) que não foram destinados para o consumo humano, gerando aproximadamente 5,3 milhões de toneladas de farinhas e óleos, produtos ricos em energia, proteína e minerais.

Subprodutos derivados da indústria de processamento de gado são usados também na produção de ração para de animais aquáticos, embora, em menor grau, devido às limitações impostas, para impedir a possibilidade de transmissão de doenças priônicas pelo consumo de peixes de viveiro (FRIEDLAND, PETERSEN, & RUBENSTEIN, 2009; MARTÍNEZ-ALVAREZ et al., 2015). A este respeito, a legislação europeia permite a utilização de proteínas hidrolisadas de ruminantes e de não ruminantes para a preparação de alimentos para animais (MARTÍNEZ-ALVAREZ et al., 2015). Com relação ao volume de farinhas de origem animal produzidas no Brasil, em 2016, foi de 3,41 milhões de toneladas. A distribuição da produção de farinhas de origem animal brasileira em 2016 pode ser observada na figura 1 (ABRA, 2016).

Figura 1. Produção Brasileira de Farinha de Origem Animal em 2016



Fonte: Adaptado de ABRA (2016).

2.2. Farinhas de origem animal

Segundo a legislação vigente (BRASIL, 2008), farinha de origem animal é o subproduto não comestível, resultante do processamento de resíduos animais, que atenda ao padrão de identidade e qualidade pré-estabelecido (tabela 1), nos aspectos higiênico-sanitários, tecnológicos e nutricionais. As farinhas de origem animal são o produto resultante da trituração e cocção de despojos não comestíveis obtidos da carcaça de animais de açougue (BRASIL, 2009).

De acordo com o artigo 327 do Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal - RIISPOA (BRASIL, 2017), poderá ser autorizada a fabricação de ingredientes ou insumos destinados à alimentação animal, tais como a farinha de carne, a farinha de sangue, a farinha de carne e ossos, a farinha de vísceras, a farinha de penas, a farinha de penas e vísceras, a farinha de pescado e outros, nas dependências anexas aos estabelecimentos de abate destinados ao processamento dos subprodutos industriais.

As farinhas de carne e ossos não devem conter sangue, pêlos ou cerdas, cascos, chifres, pedaços de pele, conteúdo estomacal ou do rúmen e esterco (BELLAYER & ZANOTTO, 2004; BELLAYER et al., 2005; BRUMANO et al., 2006a). Levando ainda em conta que a composição dos subprodutos de origem animal pode variar de acordo com o processamento, o tipo e a proporção de seus componentes originais, o conhecimento da composição química é de grande importância para a formulação de rações (NUNES et al., 2006).

Tabela 1. Padrões de identidade e qualidade de alguns tipos de farinha de origem animal

Parâmetro	Unidade	Tipo de Farinha			
		Penas hidrolisadas	Vísceras de aves	Vísceras suínas	Carne e ossos
Umidade (máx.)	g/100 g	10	8	8	8
Proteína bruta (min.)	g/100 g	80	55	46	45
Extrato etéreo (min.)	g/100 g	2	10	12	8
Matéria mineral (máx.)	g/100 g	4	15	33	40
Cálcio (máx.)	g/100 g	-	5	-	-
Fósforo (min.)	g/100 g	-	1,5	2,5	5
Relação Ca/P	-	-	-	2,15	2,15
Acidez (máx.)	mg NaOH/g	2	3	6	2
Índice de Peróxido (máx.)	meq/kg	10	10	10	10

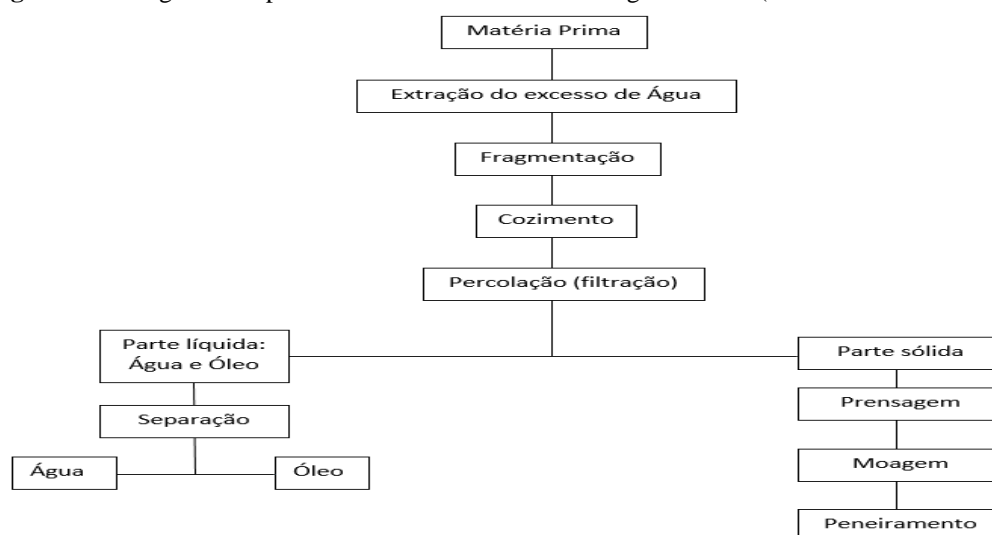
Fonte: Adaptado do Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2007).

O surto de Encefalite Espongiforme Bovina (BSE) na Europa durante os anos 90 levou à proibição do uso de material dos matadouros como ingrediente alimentar para ruminantes, por ser esta uma via de transmissão. Embora a BSE tenha sido quase erradicada em todo o mundo, a realidade é que o uso de subprodutos animais é hoje em dia restrito e eles são usados principalmente como ingredientes de ração animal para animais não ruminantes ou fertilizantes (MARTÍNEZ-ALVAREZ et al., 2015).

2.2.1. Produção de farinhas de origem animal

A produção de farinhas de origem animal segue diferentes processamentos em função do tipo de produto de origem animal, como exemplo, aqueles de ruminante ou não ruminante. Para a produção de farinhas de resíduos de animais não ruminantes, os resíduos não comestíveis de animais de açougue abatidos são encaminhados à unidade de beneficiamento de produtos não comestíveis, onde passam por diversos processos, em geral na seguinte sequência: fragmentação, cozimento, percolação, prensagem, moagem e peneiramento. Ao final do processamento, o produto terá sido submetido, em média, a temperaturas acima de 110 °C por tempo superior à uma hora. A eficiência no controle sanitário é resultante do tratamento descrito para inativar a maioria dos agentes etiológicos das doenças de controle oficial, com exceção dos príons (MEEKER, 2006; MEEKER, 2009; BRASIL, 2009). O fluxograma do processo de fabricação de farinhas de origem animal pode ser visto na Figura 2.

Figura 2. Fluxograma do processamento das farinhas de origem animal (de animais não ruminantes)



Fonte: Adaptado de BELLAVER (2005).

Entretanto, para a produção de farinhas de resíduos de animais ruminantes, os resíduos passam por processamento semelhante aos de não ruminantes, atingindo, entretanto, temperaturas superiores a 133 °C, a 3 bars de pressão, pelo tempo mínimo de 20 minutos, conforme preconizado pela Instrução Normativa nº 34 de 28 de maio de 2008 (BRASIL, 2008). Ao contrário do que ocorre com as peles, as farinhas são sempre processadas em um único estabelecimento, desde sua fragmentação até o peneiramento. A eficiência do controle sanitário é realizada pela esterilização que diminui em até 1000 vezes a infectividade de príons (BRASIL, 2009). Basicamente o processo de fabricação consiste em retirar o excesso de água, picar e/ou triturar os resíduos não comestíveis de matança, cocção com ou sem pressão em digestores por tempo variável. A gordura deve ser drenada, prensada ou centrifugada e o resíduo sólido deve ser moído na forma de farinha com especificações de granulometria variáveis (BELLAVER & ZANOTTO, 2004; BELLAVER et al., 2005; MEEKER, 2006; MEEKER, 2009)

2.2.2. Uso de farinhas de origem animal

A utilização das farinhas de origem animal pode ocorrer na alimentação de animais de companhia, cães e gatos, como ingredientes proteicos de origem animal na formulação de rações. São utilizadas as farinhas de vísceras de aves, farinha de penas hidrolisadas, farinha de peixe, farinha de carne e ossos nas rações para linha pet (FRANÇA et al., 2011). Mas pelo fato de ocorrer alta variabilidade na composição e qualidade nutricional destas farinhas, relacionadas com a origem das matérias-primas, o conteúdo de cinzas e a temperatura durante o processamento podem reduzir a digestibilidade do alimento (CARCIOFI, 2008; FRANÇA et al., 2011).

As farinhas de carne e ossos, farinha de sangue, farinha de penas e farinha de vísceras são utilizadas como ingredientes em dietas de frangos de corte como fonte proteica podendo substituir parcialmente o farelo de soja (CARVALHO et al., 2012).

Farinhas de subprodutos animais processados, como farinha de carne, farinha de sangue e farinha de penas têm sido utilizados há décadas em rações de salmonídeos e são aplicados também em rações comerciais para outros animais aquáticos. Por outro lado, proteínas hidrolisadas de subprodutos de gado ou aves foram raramente incorporadas em rações comerciais para animais aquáticos (MARTÍNEZ-ALVAREZ et al., 2015).

2.2.3. Tipos de farinhas de origem animal

2.2.3.1. Farinhas de ossos

Existem dois tipos de farinha de ossos: a autoclavada e a calcinada. A autoclavada é obtida a partir de ossos não decompostos, submetidos a tratamento térmico em autoclave, secos e moídos. A segunda, por sua vez, é derivada de ossos submetidos à moagem e à calcinação, que consiste em tratamento térmico a temperaturas superiores a 500 °C (BRASIL, 2009; MATIAS et al., 2012).

O uso de farinhas de ossos autoclavadas na alimentação de ruminantes é proibido no Brasil pela Instrução Normativa nº 8 de 25 de março de 2004 (BRASIL, 2004). O mesmo instrumento legal autoriza, por outro lado, a utilização de farinhas de ossos calcinados para o mesmo fim. A eficiência no controle sanitário é garantida pela autoclavagem que é suficiente para inativar a maioria dos agentes etiológicos das doenças de controle oficial, com exceção dos príons. A calcinação, por sua vez, é considerada suficiente para mitigar o risco de transmissão de príons (BRASIL, 2009).

2.2.3.2. Farinha de carne e ossos

A farinha de carne e ossos é produzida em unidades de beneficiamento de produtos não comestíveis por coleta de resíduos, ou em dependências anexas aos estabelecimentos de abate a partir de ossos e tecidos, após a desossa completa da carcaça de bovinos, picados, cozidos, prensados para extração de gorduras. Não deve conter sangue, cascos, unhas, chifres, pêlos, conteúdo estomacal, a não ser os obtidos involuntariamente dentro dos princípios de boas práticas de fabricação e não deve conter matérias estranhas (BELLAVÉR & ZANOTTO, 2004; BELLAVÉR et al., 2005; MATIAS et al., 2012).

As farinhas de carne e ossos são caracterizadas como aquelas produzidas a partir de bovinos, suínos e de aves em combinação ou não. A farinha de origem bovina apresenta uma maior proporção de ossos em relação à suína e de aves. Ainda, a farinha de carne e ossos pode ser obtida a partir da mistura de materiais de duas ou mais espécies, sendo que a tendência é de que se adicione menor proporção de ossos (GARCIA & PHILLIPS, 2009).

A farinha de carne e ossos é geralmente comercializada a granel e em embalagens de polipropileno valvuladas, personalizadas e padronizadas, de 50 kg, aprovadas pelo Ministério da Agricultura (ABRA, 2016). A farinha de carne e ossos é usada como ingrediente para a fabricação balanceada de rações para animais, sendo comercializada para avicultura, suinocultura e rações para pequenos animais - linha pet (ABRA, 2016). As principais vantagens do uso deste tipo de farinha estão apresentadas na tabela 2.

Tabela 2. Vantagens do uso de farinha de carne e ossos

Parâmetro	Vantagem
Nutrientes	Minerais de alta disponibilidade, elevado teor protéico, otimização dos custos, além de propiciar dietas com níveis nutricionais mais elevados
Palatabilidade	Melhorias no odor, sabor e textura da dieta, deixando-as mais palatáveis aos animais
Segurança	Não apresentam fatores alergênicos ou antinutricionais, podendo ser amplamente utilizadas nas mais diversas espécies comerciais

Fonte: Adaptado de ABRA (2016).

2.2.3.3. Farinha de penas e vísceras

A farinha de penas e vísceras é o produto resultante das penas limpas e não decompostas, hidrolisadas sob pressão e misturadas com resíduos do abate de aves cozidos e prensados para extração do óleo e moídos (vísceras, pescoço, pés), sendo permitida a participação de carcaças de aves abatidas e sangue desde que a sua inclusão não altere significativamente a composição estipulada (BUTOLO, 2002; BELLAVER & ZANOTTO, 2004; BELLAVER et al., 2005). Antioxidantes são utilizados em sua composição para evitar a oxidação das gorduras presentes. Devido às características nutricionais, pela presença de proteína e gordura, a farinha de penas e vísceras é um produto que apresenta vantagens na formulação de rações para animais, como rações para frangos de corte (SILVA et al., 2011). É utilizada como ingrediente na fabricação balanceada de rações para animais não ruminantes (ABRA, 2016).

2.2.3.4. Farinha de penas hidrolisadas

A farinha de penas hidrolisadas é o produto resultante da cocção, sob pressão, de penas limpas e não decompostas, obtidas no abate de aves (BELLAVER & ZANOTTO, 2004; BELLAVER et al., 2005; MATIAS et al., 2012).

As penas são constituídas por 80 a 90% de queratina, que possuem um alto teor de cisteína (SCAPIM et al., 2003; EYNG et al., 2012; MAZOTTO et al., 2017). No entanto, sem processamento adequado, as farinhas apresentam baixo valor nutritivo, uma vez que a queratina

não é degradada pela maioria das enzimas proteolíticas (COWARD-KELLY et al., 2006; EYNG et al., 2012).

Segundo a Organização Mundial da Saúde Animal, quando destinadas à produção de farinhas, as penas devem ser submetidas a tratamento específico para a inativação dos vírus da Influenza Aviária e da doença de Newcastle. Estes tratamentos devem fazer uso do calor úmido com uma temperatura mínima de 118 °C durante, pelo menos, 40 minutos, ou pelo processo de hidrólise contínua sob pressão de vapor de, pelo menos, 3,79 bar a uma temperatura mínima de 122 °C durante, pelo menos, 15 minutos (BRASIL, 2009).

Para a inativação dos vírus da Influenza Aviária e da doença de Newcastle, também é considerado eficiente, pelo Departamento de Saúde Animal (DSA - MAPA), o processo de fumigação. Este se baseia no uso de mistura de formalina (formaldeído a 40%) com cristais de permanganato de potássio, na proporção de 45 mL de formalina para 30 g de permanganato de potássio por metro cúbico, a uma temperatura não inferior a 21 °C e umidade relativa mínima de 50%, por 10 horas, em um container hermeticamente fechado (BRASIL, 2009).

2.2.3.5. Farinha de vísceras de aves

A farinha de vísceras de aves é o produto resultante da cocção, prensagem e moagem de vísceras de aves, sendo permitida a inclusão de cabeças e pés. Não deve conter penas, exceto aquelas que podem ocorrer não intencionalmente. Não deve conter também resíduos de incubatório e de outras matérias estranhas à sua composição. Não deve apresentar contaminação com casca de ovo (BELLAVÉR & ZANOTTO, 2004; BELLAVÉR et al., 2005; MATIAS et al., 2012). A farinha de vísceras de aves é utilizada como ingrediente na fabricação balanceada de rações para animais não ruminantes, sendo comercializada geralmente em embalagens de 50 kg ou à granel (ABRA, 2016).

2.2.3.6. Farinha de vísceras suínas

A farinha de vísceras suínas é um produto triturado, em pó, semi-desengordurado resultante do cozimento de matéria-prima de origem suína, constituído principalmente por partes cárneas, vísceras e ossos de suínos (ABRA, 2016).

Antioxidantes podem ser utilizados em sua composição para evitar a oxidação das gorduras presentes. Devido às características nutricionais, relacionadas a proteína, cálcio, fósforo e gordura, é um produto que apresenta vantagens na formulação de rações para animais, possibilitando a fabricação de rações com menor custo de formulação. Ainda, destaca-se entre as principais vantagens da utilização deste tipo de farinha, a riqueza do produto com relação a aminoácidos essenciais, minerais como cálcio e fósforo, e a ausência de fatores alergênicos ou antinutricionais. A farinha de vísceras suínas é utilizada como ingrediente na fabricação balanceada de rações para animais não ruminantes, sendo comercializada geralmente em embalagens de 50 kg ou à granel (ABRA, 2016).

2.3. Qualidade de farinhas de origem animal

A qualidade das farinhas de origem animal pode ser influenciada pela natureza da matéria-prima, presença de impurezas e matérias estranhas (incluindo os animais mortos), tempo entre o

abate e o processamento e da estocagem (BELLAYER, 2009), características estas que interferem na relevância da farinha utilizada na alimentação animal a qual pode afetar a performance e a sanidade dos rebanhos animais (BELLAYER et al., 2005).

Os padrões de identidade e qualidade dos produtos de que trata o caput do artigo 327 do RIISPOA (BRASIL, 2017), devem ser definidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, mas até a realização deste trabalho ainda não foram publicados.

Os padrões de qualidade seguidos até então se referem aos teores de umidade, proteína bruta, extrato etéreo (gordura), matéria mineral, cálcio e fósforo, acidez e índice de peróxido (SINDIRAÇÕES, 2007).

2.3.1. Composição

Segundo BELLAYER (2001), existem várias fontes de consulta sobre a composição das farinhas animais, entre as quais pode-se destacar EMBRAPA (1991), World Poultry Science Association -WPSA (1992), National Research Council - NRC (1994 e 1998), NOVUS (1997), ROSTAGNO et al. (2000) e AMIPIG (2000). As formulações de rações, que levam em consideração o conceito de proteína ideal, pressupõe a adequada relação entre os aminoácidos e o conhecimento dos valores de aminoácidos digestíveis. A digestibilidade dos aminoácidos pode não seguir uma mesma tendência de digestão e por isso é importante conhecer os valores estimados separadamente, mas para as mesmas amostras (BELLAYER & LIMA, 2004).

2.3.1.1. Umidade

Os teores de umidade máximos para as farinhas de origem animal eram de 8 g/100 g (%) segundo Portaria nº 7, 1988 (BRASIL, 1988). De acordo com BELLAYER e ZANOTTO (2004) e o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2007), o teor de umidade das farinhas de origem animal deve estar entre 4 e 6%, mas não deve exceder a 10%, sendo que para as farinhas de penas hidrolisadas o máximo de umidade é de 10% e para as farinhas de vísceras de aves, carne e ossos e vísceras suínas, o máximo é de 8% de umidade (SINDIRAÇÕES, 2007). Entretanto, o ideal seria controlar a atividade de água das farinhas, pois os dados de atividade de água refletiriam diretamente na susceptibilidade das rações a alterações químicas, bioquímicas e microbiológicas.

2.3.1.2. Proteína bruta

Os teores mínimos de proteína bruta estabelecidos pela legislação brasileira em 1988 para as farinhas de penas hidrolisadas, fara farinhas de vísceras de aves e farinha de carne e ossos eram de 80%, 50 % e 60% respectivamente, e para a farinha de vísceras suínas não era exigido um teor mínimo de proteína bruta. Entretanto, após a revogação da Portaria nº 7 de 1988 não existem mais critérios estabelecidos pela legislação brasileira para teores de proteína bruta.

Dependendo das fontes proteicas, o teor de proteína bruta situa-se entre 35% (farinha de carne e ossos) e 90% (farinha de sangue), sendo o mínimo de 52% para farinha de vísceras de aves, 80% para farinha de penas hidrolisadas e 46% para farinha de vísceras suínas e 55% para as farinhas de carne bovina (BELLAYER & ZANOTTO, 2004; SINDIRAÇÕES, 2007).

2.3.1.3. Gordura

Os teores de gordura aceitáveis para farinhas de origem animal, segundo a Portaria nº 7 de 1988 (BRASIL, 1988) para as farinhas eram expressos em % do extrato etéreo mas não foi atribuído um valor específico ou limites para este.

De acordo com BELLAVER e ZANOTTO (2004) e o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2007), a gordura nas farinhas de origem animal, em geral está entre 8 e 16%. Sendo que a farinha de carne e ossos com 45% de proteína bruta deve ter no mínimo 8% de gordura; a farinha de vísceras suínas deve ter o mínimo de gordura de 12%; para a farinha de penas hidrolisadas o teor mínimo de gordura deve ser de 2% e para a farinha de vísceras de aves o teor mínimo de gordura deve ser de 10%.

2.3.1.4. Cinzas

De acordo com o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2007), os teores máximos de cinzas para a farinha de carne e ossos é de 40% (em base seca); para a farinha de vísceras suínas o valor máximo de cinzas é de 33%; para as farinhas de penas o valor máximo é de 4% e para as farinhas de vísceras de aves o valor máximo de cinzas é de 22%.

2.3.1.5. Minerais

Os teores de matéria mineral aceitáveis para farinhas de origem animal segundo a Portaria nº 7, 1988 (BRASIL, 1988), eram de 3% para as farinhas de penas hidrolisadas, de 13% para a farinha de vísceras de aves; e de no máximo 22% para a farinha de carne e ossos. Para o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2007), o teor de matéria mineral máximo para as farinhas varia de 4 a 33%, sendo que para a farinha de penas hidrolisadas este teor é de 4%, para a farinha de vísceras de ave de 15%, farinha de carne e ossos de 28% e para a farinha de vísceras suínas de 33%.

Com relação aos teores de cálcio e de fósforo, o limite mínimo para fósforo, segundo o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2007), é de 3,0% para a farinha de carne e ossos, de 2,5% para farinhas de vísceras suínas e de aves. Para o cálcio, o limite máximo é de 8,5%. Por outro lado, para a farinha de penas hidrolisadas não foi atribuído um teor mínimo de fósforo nem o máximo para cálcio.

Com relação à relação cálcio/fósforo, o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2007) estipula que esta relação seja de 2,5 para farinhas de vísceras suínas e de carne e ossos. Para as farinhas de penas hidrolisadas e de vísceras de aves não foi estabelecido um limite.

2.3.1.6. Aminoácidos

Os requisitos ideais de aminoácidos por espécies animais têm sido estudados ao longo dos anos para ruminantes (FIRKINS et al., 2006), suínos (WU et al., 2007), aves (BAKER, 2008), peixes (LI et al., 2009) e humanos (ELANGO et al., 2009) sob vários aspectos nutricionais, de desenvolvimento, condições ambientais e patológicas (WU, 2009). Embora cada aminoácido possua seu próprio caminho catabólico, o catabolismo de muitos aminoácidos exibe um número de características comuns nos organismos.

Os aminoácidos são tradicionalmente classificados como nutricionalmente essenciais (indispensáveis) ou não essenciais (dispensáveis) para humanos e animais com base nas necessidades da dieta para o equilíbrio ou crescimento (WU, 2009). Existem várias tabelas nutricionais que apresentam a composição média de aminoácidos das farinhas de origem animal na matéria seca com base na porcentagem de proteína bruta de cada farinha, para serem fornecidas na ração animal, estes valores podem ser observados na tabela 3.

Entretanto, são escassos os dados em relação ao perfil e teores de aminoácidos livres em farinhas de origem animal. Estas informações são relevantes, pois podem ser úteis na diferenciação de diferentes farinhas de origem animal, e na previsão do potencial de formação de aminas biogênicas, oriundas da descarboxilação de aminoácidos livres por enzimas descarboxilantes de aminoácidos. Além disto, alguns aminoácidos podem afetar as características sensoriais da ração, podendo influenciar na aceitação das rações contendo farinhas de origem animal.

2.3.1.7. Aminas bioativas

As aminas bioativas são compostos nitrogenados orgânicos alifáticos, alicíclicos ou heterocíclicos de baixa massa molecular. Estas substâncias são formadas por processos metabólicos e bioquímicos nos organismos vivos e desempenham atividades biológicas nos mesmos (LIMA & GLÓRIA, 1999; GLÓRIA, 2005; TABANELLI et al., 2018).

As aminas bioativas são denominadas, em sua maioria, de acordo com o seu aminoácido precursor, por exemplo, a histamina origina-se da histidina, a tiramina da tirosina. Outras como a cadaverina e putrescina possuem essa denominação por terem sido isoladas em produtos em decomposição ou putrefação. A espermina e espermidina foram isoladas pela primeira vez em fluido seminal e seus nomes remetem a este fato (LIMA & GLÓRIA, 1999; TABANELLI et al., 2018).

As aminas bioativas podem ser classificadas quanto ao número de grupamentos amina na molécula, da estrutura química e função. Devido ao número de grupos amina, as aminas podem ser classificadas em monoaminas (tiramina e 2-feniletilamina); diaminas (histamina, serotonina, triptamina, putrescina, cadaverina, putrescina) e poliaminas (agmatina, espermina, espermidina). Quanto à estrutura química, as aminas são classificadas em aromáticas (tiramina e 2-feniletilamina), alifáticas (putrescina, cadaverina, espermina, espermidina e agmatina) e heterocíclicas (histamina e triptamina) (LIMA & GLÓRIA, 1999; TABANELLI et al., 2018), e de acordo com as funções que exercem, as aminas podem ser biogênicas ou poliaminas.

A concentração de aminas bioativas pode aumentar (cadaverina, putrescina e tiramina), diminuir (espermina e espermidina) ou permanecer constante durante o processamento e armazenamento de alguns produtos alimentícios como carne, e produtos à base de carne (STADNIK et al., 2010). A utilidade das aminas bioativas como índice de qualidade depende da natureza do produto e também de seu tratamento térmico e armazenamento no processo de fabricação (PAPAGEORGIU et al., 2018).

Tabela 3. Composição média de aminoácidos totais (%), baseados na quantidade de proteína bruta (em base seca) de algumas farinhas de origem animal

Farinhas	Aminoácidos																Referências							
	PB	Lys	Tyr	Met	Cys	M+C	Trp	Ile	Val	Leu	Phe	Try	P+T	His	Arg	Ala		Asp	Glu	Gly	Ser	G+S	Pro	
Penas	80,5	1,74	3,64	0,47	3,72	4,19	0,52	3,83	6,07	6,72	3,94	2,27	6,2	0,6	5,28	3,71	5,35	8,67	6,15	8,85	-	-	7,83	AmiPig (2000)
Penas	74,7	2,29	3,73	0,64	-	3,74	0,53	3,68	5,7	6,56	3,84	-	6,03	1,08	5,07	-	-	-	-	-	-	14,37	-	Rostagno et al. (2000)
Penas	83,9	2,4	3,86	0,67	-	4,05	0,58	3,92	6	6,96	4,06	-	6,52	1,13	5,57	-	-	-	-	-	-	15,16	-	-
Penas e visceras	65,5	2,84	2,81	0,89	-	2,8	0,56	2,82	3,86	4,98	2,93	-	5,24	1,18	4,47	-	-	-	-	-	-	-	10,1	-
Carne e Ossos bov	51,1	2,51	1,56	0,68	0,49	1,17	0,31	1,44	2,19	2,97	1,66	1,13	2,79	1,04	3,41	3,56	3,61	5,98	6,15	1,94	-	-	4,09	AmiPig (2000)
C.O. Bov.	54,7	2,77	1,99	0,8	0,85	1,65	0,33	1,7	2,8	3,7	2,03	1,26	3,29	0,99	3,62	3,79	4,07	6,48	6,25	2,63	-	-	4,27	-
C.O. Bov.	41,26	1,51	-	0,36	-	0,82	0,18	1,14	1,83	2,41	1,28	-	-	-	3,28	-	-	-	-	-	-	7,73	-	Rostagno et al. (2000)
C.O. Sui.	41,85	2,42	-	0,75	-	0,75	0,26	1,29	1,77	2,5	1,93	-	-	-	3,8	-	-	-	-	-	-	-	8,65	-

C.O: Carne e ossos; PB: Proteína Bruta; Lys: Lisina; Tyr: Tirosina; Met: Metionina; Cys: Cistina; M+C: Metionina + Cistina; Trp: Triptofano; Ile: Isoleucina; Val: Valina; Leu: Leucina; Phe: Fenilalanina, Try: Treonina; P+T: Fenilalanina mais Treonina; His: Histamina; Arg: Arginina; Ala: Alanina; Asp: Aspartato; Glu: Ácido Glutâmico; Gly: Glicina; Ser: Serina; G+S: Glicina mais Serina; Pro: Prolina - não detectado.

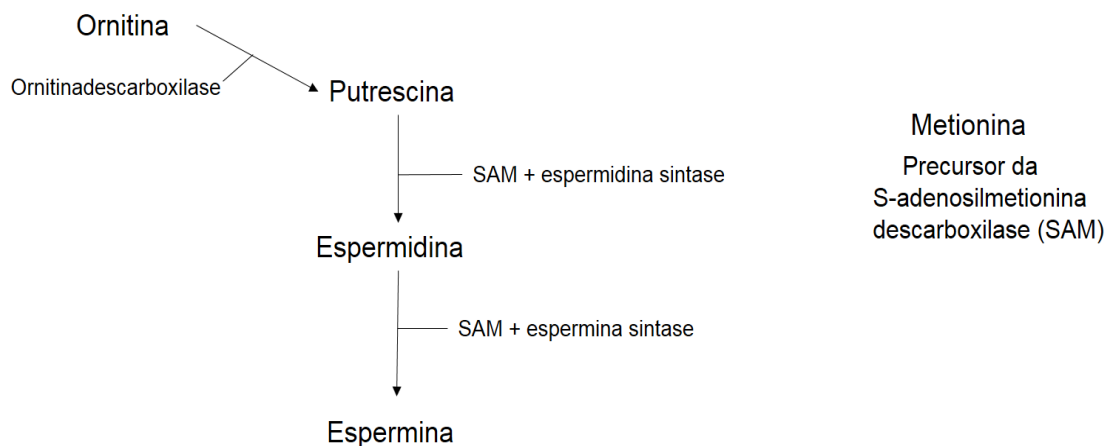
Fonte: Adaptado de AmiPig (2000); ROSTAGNO et al. (2005)

2.3.1.7.1. Poliaminas

As poliaminas espermina e espermidina pertencem ao grupo maior das aminas bioativas. Estas estão presentes em todas as células vivas, onde desempenham funções relevantes, essenciais ao crescimento e saúde. Especificamente, atuam no crescimento e proliferação celular devido ao envolvimento na síntese de DNA, RNA e proteínas, sendo considerados fatores de crescimento. Ainda, as poliaminas tem efeito antioxidante (GLORIA, 2005).

De acordo com GLORIA (2005) e KALAČ (2014), a espermidina e a espermina são poliaminas formadas de forma endógena pelas células, e também fornecidas pela dieta. Dentre suas funções biológicas, estão a participação no crescimento e proliferação celular com regulação da função de ácidos nucleicos e síntese de proteínas. A putrescina é um intermediário na formação das poliaminas sendo formada por descarboxilação da ornitina, pela enzima ornitina descarboxilase (JEEVANANDAM & PETERSEN, 2001). A espermidina é formada a partir da putrescina em uma reação que envolve duas enzimas, a S-adenosilmetionina (SAM) descarboxilase que descarboxila a SAM e a espermidina sintase; por outro lado, a espermina é formada pela mesma enzima a SAM e espermina sintase sobre a espermidina (JEEVANANDAM e PETERSEN, 2001). As sínteses de espermidina e espermina (figura 3) requerem a disponibilidade do aminoácido metionina que é o precursor da SAM (LARQUÉ et al., 2007).

Figura 3. Uma das rotas da síntese de espermina e espermidina.



Fonte: Adaptado de JEEVANANDAM & PETERSEN (2001); GLORIA (2005); LARQUÉ et al. (2007); e Kalač (2014).

2.3.1.7.2. Aminas biogênicas

As aminas biogênicas também fazem parte das aminas bioativas, e estão relacionadas a uma categoria de compostos que apresentam propriedades vasoativas (tiramina, triptamina, 2-feniletilamina, histamina e serotonina) e psicoativas (noropinefrina, serotonina e dopamina) (GIROTO et al., 2010; TABANELLI et al., 2018).

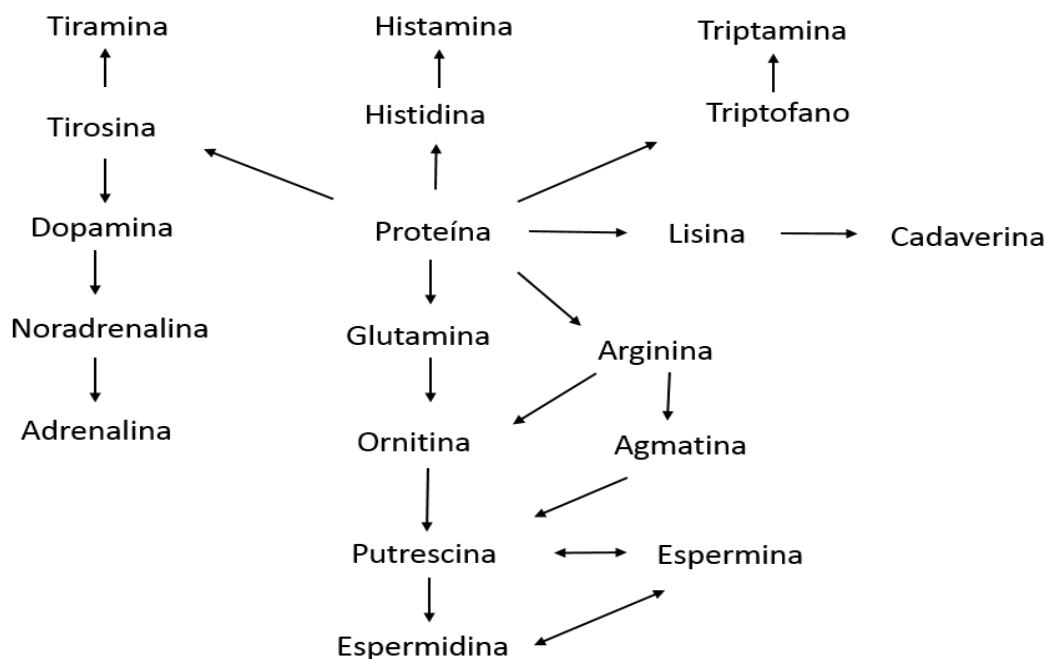
As aminas biogênicas podem ser inerentes a algumas células ou tecidos, entretanto, podem também ser formadas durante o processamento. A formação destas aminas pode ocorrer pela descarboxilação de aminoácidos (figura 4) durante o tratamento térmico e também pela ação de

bactérias descarboxilantes que podem estar naturalmente presentes ou advirem de contaminação em condições higiênico-sanitárias inadequadas (GLORIA, 2005). As amins biogênicas, em elevadas concentrações podem causar efeito adverso à saúde humana e animal. Desta forma, as amins podem ser índices de qualidade, refletindo as condições higiênicas prevalentes e o potencial toxicológico.

MILES et al. (2000) avaliaram o efeito de oito amins (cadaverina, histamina, putrescina, espermidina, espermina, tiramina, triptamina e feniletilamina), usadas em várias concentrações (0 a 1500 ppm) em dietas de frangos e não encontraram efeito prejudicial no desempenho dos animais.

Por outro lado, estudos realizados com dietas comerciais na alimentação de frangos de corte encontraram altos teores de amins bioativas, em especial feniletilamina, putrescina, cadaverina, histamina e tiramina, que podem ser tóxicos ao organismo animal (KEIRS & BENNETT, 1993; POOLE, 1994; TAMIM & DOERR, 2003). Segundo KEIRS e BENNETT (1993), os altos teores de amins biogênicas na dieta podem resultar na queda do desempenho, promovem uma condição intestinal prejudicada, além das aves poderem apresentar sintomas como aumento de erosão de moela e proventrículo (POOLE, 1994; BARNES et al., 2001), redução de taxa de crescimento e presença de muco excessivo no intestino superior (TAMIM & DOERR, 2003).

Figura 4. Rota metabólica para a formação de amins bioativas



Fonte: Adaptado de HÁLÁSZ et al. (1994).

A histamina tem sido associada a erosões de moela e " vômito negro " observados em aves domésticas (GJEVRE et al., 2013). Esta amina age estimulando a produção e secreção do ácido gástrico secretado pelas células parietais através dos receptores H₂, e se a ingestão de

histamina excede a capacidade de degradação, pode causar estimulação contínua da secreção ácida gástrica com subsequente erosão de moela (OHH et al., 2016). A histamina pura só é capaz de induzir a erosão de moela quando presente em altas concentrações na alimentação de aves (GJEVRE et al., 2013), sendo que níveis superiores a 200 mg/kg de histamina induzem esta patologia em aves (BARNES et al., 2001).

Segundo VINCI et al. (2002), a tiramina pode indicar “envelhecimento” em carnes, enquanto a cadaverina e a putrescina podem indicar deterioração (STRATTON et al., 1991; PIRCHER et al., 2007).

TAMIM e DOERR (2003) reportaram a ocorrência das aminas feniletilamina, putrescina, cadaverina, histamina e tiramina em uma variedade de dietas animais, incluindo farinha de aves, farinha de carne e ossos e farinha de peixe. Em farinha de aves os teores médios de aminas foram: 12,5 mg/kg de feniletilamina, 92 mg/kg de putrescina, 154 mg/kg de cadaverina, 36 mg/kg de histamina e 50 mg/kg de tiramina, sendo que valores de 28 mg/kg de feniletilamina, 28 mg/kg de putrescina, 363 mg/kg de cadaverina, 144 mg/kg de histamina e 118 mg/kg de tiramina foram considerados altos com base em rações comerciais.

Em 2017, a EMBRAPA Suínos e Aves realizou a coleta de amostras de farinhas de origem animal relativas a um Projeto Piloto, no município de Seara, SC juntamente com amostras de farinhas comercializadas no mercado nacional, com sua origem exclusivamente de estabelecimentos com SIF. As amostras comerciais eram de integrações de aves e suínos do país, bem como indústrias fabricantes de PetFood. Em média, a soma das aminas bioativas (cadaverina, feniletilamina, histamina, putrescina e tiramina) presentes nas farinhas produzidas no âmbito do Projeto Piloto de SC foi de 410 mg/kg contra 131 mg/kg encontrado nas farinhas comerciais. Os níveis elevados de aminas foram justificados em razão do uso de matéria-prima com avançado estado de decomposição, muitas vezes associado a questões de logística ou ambiente (elevada temperatura) (BENDEDO et al., 2018).

Existem poucos estudos sobre o perfil e teores de aminas bioativas e aminoácidos livres em farinhas de origem animal, a maioria dos estudos é referente aos teores de aminas e aminoácidos presentes nas carcaças de animais alimentados com estas farinhas (LIMA et al., 2017).

Em geral é possível encontrar aminas bioativas em quase todas as matérias primas, principalmente naquelas ricas em proteínas, como os subprodutos de origem animal, os quais são susceptíveis a atividade proteolítica por enzimas inerentes aos produtos e ainda por enzimas de microrganismos contaminantes antes, durante ou depois de seu processamento. Como as aminas biogênicas podem ser produtos do metabolismo dos microrganismos, estas podem ser utilizadas como indicadores de deterioração proteica dos alimentos e matérias primas, como também da qualidade higiênico sanitária dos produtos (BELITZ et al., 2009; GOMES, 2014; LIMA et al., 2017; TABANELLI et al., 2018).

2.3.2. Características físico-químicas das farinhas de origem animal

2.3.2.1. Índice de peróxidos

O índice de peróxidos é a quantidade de peróxidos (expressa em miliequivalentes de oxigênio ativo por quilograma da amostra) que ocasionam a oxidação do iodeto de potássio, com a solução problema dissolvida em ácido acético e clorofórmio. Este índice fornece informações sobre o grau de oxidação dos lipídeos (ARAUJO, 2011). A estabilidade oxidativa é um parâmetro global para avaliação de qualidade dos lipídeos que reflete também a qualidade da matéria-prima, as condições a que foi submetido o produto durante o processamento e condições de estocagem (ANTONIASSI, 2001).

A Portaria nº 7 de 1988 do MAPA (BRASIL, 1988) não previa a determinação do índice de peróxido para farinhas de origem animal como índice de qualidade. Entretanto, segundo BELLAVER e ZANOTTO (2004) e o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2007), seriam aceitáveis até 10 meq/Kg, considerados seguros para índice de peróxido das farinhas de carne bovina, farinha de vísceras suínas, farinha de penas hidrolisadas e farinha de vísceras de aves.

2.3.2.2. Acidez titulável

A acidez titulável pode ser definida como o volume soluções de álcali padrão, necessária para neutralizar a acidez do produto ou de soluções aquosas ou alcoólicas do produto. Contribuem para a acidez titulável os ácidos orgânicos, e, em certos casos, os ácidos graxos obtidos da hidrólise dos lipídios (IAL, 2008). A Portaria nº 7 de 1988 do MAPA (BRASIL, 1988), limitava a acidez máxima em meq NaOH (0,1 N/100 g) em 6% para farinha de vísceras de aves e carne e ossos. Por outro lado, para as demais farinhas não foi preconizado um valor máximo. Segundo o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2007), a acidez máxima para a farinha de penas hidrolisadas e de carne bovina deve ser de 2 mg de NaOH/g, e para a farinha de vísceras de aves o teor de acidez máximo preconizado é de 3 mg NaOH/g. Para a farinha de vísceras suínas o teor máximo de acidez é de 6 mg de NaOH/g (SINDIRAÇÕES, 2007).

2.3.3. Contaminantes

2.3.3.1. *Salmonella* spp.

Salmonella é um gênero de bactérias Gram-negativas, pertencente à família Enterobacteriaceae. São amplamente distribuídas na natureza, sendo os seres humanos e animais os seus principais reservatórios. A intoxicação alimentar por salmonela resulta da ingestão de alimentos contendo cepas específicas deste gênero em números significativos (JAY et al., 2005).

Segundo Jay et al. (2005) podem ser divididas em três grupos para fins epidemiológicos. O primeiro grupo incluem aqueles que infectam apenas humanos: *S. typhi*, *S. paratyphi A*, e *S. paratyphi C*. Estes incluem os agentes da febre tifóide e as febres paratífóides, que são as mais graves todas as doenças causadas por salmonelas. A febre tifóide tem o maior tempo de incubação, produz a temperatura corporal mais alta e tem a maior taxa de mortalidade. *S. typhi*

pode ser isolado do sangue e às vezes das fezes e urina das vítimas antes da febre entérica. A síndrome paratifóide é mais leve que a da febre tifóide.

O grupo 2, inclui os sorovares adaptados ao hospedeiro, alguns dos quais são patógenos humanos e podem ser encontrados em alimentos, sendo eles *S. Gallinarum* (aves), *S. Dublin* (bovinos), *S. Abortus-equi* (equinos), *S. Abortus-ovis* (ovinos) e *S. Choleraesuis* (suínos).

O terceiro grupo inclui os sorovares não adaptados (sem preferência de hospedeiro): são patogênicos para humanos e outros animais, e incluem a maioria dos sorovares de origem alimentar.

A pesquisa por salmonela em ingredientes para a formulação de rações tem por finalidade evitar a possibilidade do desenvolvimento da enfermidade nos animais, bem como impedir a toxinfecção alimentar em seres humanos por salmonelas devido a ingestão de produtos alimentares de origem animal principalmente de origem avícola (SILVA & DUARTE, 2002). Segundo a legislação brasileira (BRASIL, 2008), devem ocorrer análises periódicas para garantir a ausência de *Salmonella spp.* em 25 g de farinhas de origem animal. As análises devem ser realizadas em laboratório do próprio estabelecimento fabricante ou em laboratório terceirizado, desde que tenham um sistema de garantia da qualidade e metodologias reconhecidas internacionalmente.

A ausência de *Salmonella spp.* em farinhas de origem animal é importante pelo fato de que, mesmo quando presentes em quantidade reduzida, este microrganismo é capaz de se multiplicar em ambientes quentes e úmidos, como é o caso dos silos e comedouros animais (WALES, 2010).

2.3.3.2. Mercúrio

Além dos critérios usuais de qualidade, a presença de mercúrio em farinhas de origem animal é preocupante pelos efeitos adversos que este metal pesado pode ocasionar à saúde. De fato, a contaminação do ambiente e animais com o mercúrio tem ocorrido em função de fornecimento acidental de grãos ou ração tratada com agentes antifúngicos a base de mercúrio (RADOSTITS et al., 2002).

As farinhas de peixe são preocupantes em relação ao mercúrio (Hg) (KASPER et al., 2007). De fato, estudos têm sido realizados para determinar mercúrio em farinhas de peixes. JOHNSTON e SAVAGE (1991) encontraram teores de 20 a 7700 ppb de mercúrio em silagem e farinha de peixe. JULSHAMN et al. (2004) observaram níveis de 10 ppb de mercúrio para farinhas de peixe produzidas a partir de peixes capturados no Mar de Barents e no Mar da Noruega. Entretanto, são escassos os estudos sobre a ocorrência de mercúrio em outros tipos de farinhas de origem animal.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Este trabalho teve como objetivo investigar a qualidade de quatro tipos de farinha de origem animal (vísceras de aves, vísceras suínas, carne e ossos, e penas de aves hidrolisadas) produzidas por empresa sob Inspeção Federal e propor parâmetros para avaliar a qualidade e autenticidade de diferentes tipos de farinha de origem animal.

3.2. Objetivos específicos

São objetivos específicos deste trabalho:

- i. determinar a composição química das farinhas: umidade, proteína bruta, gordura, cinzas, cálcio, e fósforo e atividade de água;
- ii. avaliar a estabilidade oxidativa por meio dos parâmetros acidez total titulável e índice de peróxidos;
- iii. investigar a presença de contaminantes, dentre eles, salmonela, e os teores de mercúrio;
- iv. determinar o perfil e teores de aminoácidos livres;
- v. determinar o perfil e teores de amins bioativas livres;
- vi. analisar as farinhas por infra vermelho médio e transformada de Fourier (FTIR);
- vii. investigar a diferenciação dos tipos de farinhas de origem animal através da análise multivariada - análise de componentes principais (PCA) e análise hierárquica (HCA) após resultados destas farinhas em FTIR; e
- viii. investigar a possibilidade de gerar índices de qualidade e autenticidade para farinhas de origem animal baseado nos parâmetros analisados.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material

4.1.1. Amostras

Uma indústria produtora de farinhas de origem animal cedeu, gentilmente, ao Laboratório de Bioquímica de Alimentos – LBqA, da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais, 48 amostras de quatro tipos de farinha (vísceras de aves, vísceras suínas, penas hidrolisadas e farinha de carne e ossos) em embalagens plásticas lacradas. As amostras foram obtidas em 12 unidades de beneficiamento de produtos não comestíveis, registradas no SIF, pertencentes à mesma indústria. As amostras de cada tipo de farinha foram coletadas em três diferentes dias de produção.

As farinhas foram produzidas segundo todos os requisitos de boas práticas de fabricação conforme indicado na tabela 4. A relação das fábricas produtoras e os tipos de farinha pode ser observado na tabela 5.

Tabela 4. Métodos utilizados no preparo das farinhas de origem animal

Farinha	Preparo
Vísceras de aves	As vísceras de aves são colocadas em digestor de 5000 L (equivalente a 3000 kg de matéria prima). O produto é cozido a 115 °C por 160 a 180 min.
Vísceras suínas	As vísceras suínas são colocadas em digestor de 5000 L (equivalente a 3000 kg de matéria prima). O produto é cozido a 115 °C por 160 a 180 min.
Carne e ossos	Farinha comprada de terceiros.
Penas hidrolisadas	As penas são colocadas em digestor de 5000 L (equivalente a 3000 kg) de matéria prima. O produto fica em cozimento (hidrolise) por 40 a 50 min sob pressão de 5 kgf/cm ² . Posteriormente o produto é seco por 100 – 120 min. Neste processo os parâmetros de controle são a pressão e o tempo.

Tabela 5. Tipos de farinha e as respectivas fábricas produtoras

Tipo de Farinha	Fábricas Produtoras
Vísceras suínas	A, B, C, D
Vísceras de aves	C, D, E, F
Penas hidrolisadas	C, D, G, H
Carne e ossos	I, J, K, L

4.1.2. Reagentes

Padrões de aminas bioativas e aminoácidos: alanina (98%), monohidrocloreto de arginina (98%), ácido aspártico (98%), ácido glutâmico (99%), cistina cristalina (98%), fenilalanina (98%), glicina (99%), monohidrocloreto de histidina monohidratado (98%), isoleucina (98%), monohidrocloreto de lisina (98%), leucina (98%), metionina (98%), prolina (99%), serina (99%), tirosina (98%), treonina (98%), valina (98%), cloridrato de beta-feniletilamina (98%), serotonina creatinina sulfato mono hidratado (100%), cloridrato de tiramina (98%), dicloridrato de cadaverina (98%), dicloridrato de histamina (99%), dicloridrato de putrescina (98%), sulfato de agmatina (97%), tetracloridrato de espermina (100%), tricloridrato de espermidina (98%) e triptamina (98%), glutamina (99%), asparagina (98%), norvalina (99%), e solução padrão de mercúrio, 1000 ± 2 mg/L foram adquiridos da Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO, EUA). Kit de derivatização de aminoácidos e aminas bioativas contendo tampão borato, reagente de derivatização (6-aminoquinolil- N-hidroxisuccinimidil carbamato) Waters AccQ.Fluor® foram adquiridos da Waters (Milford, Massachusetts, EUA).

Os solventes acetonitrila e metanol eram de grau cromatográfico adquiridos da Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO, EUA). Ácido clorídrico p.a., ácido nítrico p.a. e ácido perclórico p.a. foram adquiridos da CRQ Produtos Químicos (Diadema, SP, Brasil). Água ultrapura (Milli-Q System Milipore Corp., Milford, MA, EUA). Filtro PTFE (hidrofóbico) diâmetro 4 mm e poro 0,2 µm (Whatman®, GE Healthcare, Reino Unido) foram usados para extratos das amostras e para os solventes.

4.2. Métodos de análise

4.2.1. Análises físico-químicas e composição centesimal

As análises físico-químicas, incluindo os teores de umidade, proteína bruta, gordura, cinzas, cálcio, fósforo, acidez total titulável, e índice de peróxido, foram realizados nos laboratórios da própria empresa.

Os teores de umidade, proteína bruta, gordura, matéria mineral, cálcio e fósforo foram determinados por Espectroscopia por Infravermelho Próximo (NIRS), seguindo o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2013), método nº 11.

As análises do índice de peróxido e da acidez total titulável foram realizadas seguindo as normas do Manual de procedimentos analíticos descritos no Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (BRASIL, 2007). A análise do índice de peróxido seguiu o método nº 32 e da acidez seguiu o método nº 27.

4.2.2. Análise microbiológica

Para a análise microbiológica de pesquisa de *Salmonella spp.* foram seguidos os métodos oficiais descritos pela ISO 6579-1 de 2017 (ISO, 2017).

4.2.3. Determinação da atividade de água

As análises de atividade de água foram realizadas utilizando o aparelho Aqualab 3TE (Decagon Pullman, WA, EUA), segundo metodologia da AOAC 978.18D (AOAC, 1995). Foram pesados cerca de 2,0 g de cada amostra de farinha de origem animal em recipiente de análise, do próprio aparelho, e inserido na câmara de análise seguida da leitura do resultado da atividade de água a 25 °C.

4.2.4. Determinação do mercúrio total

As análises de mercúrio foram realizadas em um analisador direto de mercúrio (Milestone, DMA – 80, Sorisole, BG, Itália), que analisa o mercúrio total (METHOD..., 2007; SOARES et al., 2018). Foram pesados 10 mg de cada amostra de farinha de origem animal e acomodados em uma barca de níquel previamente limpas e secas em estufa a temperatura de 80 °C, e, em seguida, colocados no analisador de mercúrio.

Os resultados foram obtidos por meio de curva analítica construída na faixa de 1,0 a 8,5 ng de mercúrio (SOARES et al., 2018). Para a construção da curva padrão foram utilizadas barcas de quartzo, utilizadas para a solução de mercúrio preparada em ácido nítrico a 2% (METHOD..., 2007). Os teores de mercúrio total foram expressos em mg/kg.

4.2.5. Determinação dos aminoácidos e aminas bioativas livres

As análises de aminoácidos e aminas bioativas foram realizadas por cromatografia líquida de amostras derivadas com AQC e detecção no ultravioleta, conforme descrito por MOREIRA et al. (2017). Para a extração das aminas e aminoácidos foram pesados 0,4 g de amostra em balança analítica (Sartorius, BP225, Alemanha) e adicionados de 7 mL de ácido tricloroacético (TCA) 5,0%, seguido de agitação em mesa agitadora (TE-140 Tecnal, SP, Brasil) a 700 rpm por 5 minutos, centrifugação em centrífuga refrigerada (Jouan SA MR23i, Saint Herblain, França) a 11.180 x g por 21 minutos a 4 °C e os sobrenadantes foram filtrados em papel de filtro qualitativo. Foram realizadas três extrações sucessivas vertendo o volume filtrado no mesmo balão volumétrico de 25 mL, seguido da adição de L-norvalina como padrão interno em concentração de 25 pmol *in column*; o volume final do balão foi completado com ácido tricloroacético na concentração de 5,0%. A derivação das aminas e aminoácidos nos extratos (derivação pré-coluna) foi feita por reação com 6-aminoquinolil-N-hidroxisuccinimidilcarbamato (AQC) utilizando o kit Waters AccQ.Fluor® após neutralização dos extratos com hidróxido de sódio 1 mol/L. A 5 µL de extrato neutralizado foram adicionados 35 µL de tampão borato AccQ.Fluor® e 15 µL de reagente AQC. Após um (1) minuto de descanso, o extrato foi aquecido a 55 °C por 10 minutos em banho-maria para completar a reação de derivação. As amostras derivadas foram filtradas em filtros de seringa com 0,22 µm de poro (Whatman®, GE Healthcare, Reino Unido) para vial Total Recovery® Waters e analisadas por cromatografia líquida de ultra eficiência.

As amostras foram injetadas (2 µL) em equipamento Waters Acquity® Ultra Performance LC (UPLC) System (Waters, Milford, MA, EUA) equipado com detector ultravioleta a 249 nm e coluna Acquity UPLC® (BEH C18, 50 mm × 2,1 mm, 1,7 µm) a 35 °C. As fases móveis eram (A) 0,1 mol/L de acetato de sódio em água ultrapura com pH ajustado para 4,80 com ácido acético e (B) acetonitrila, a um fluxo de 1,0 mL/min. O gradiente de eluição foi: inicial 2,5 min / 0-0% B; 2,5-4,0 min / 0-3% B; 4,0-9,0 min / 3-30% B; 9,0-9,5 min / 30-100% B; 9,5-10,0 min / 100-100% B; 10,0-10,5 min / 100-0% B, e reequilíbrio nas condições iniciais durante mais 1,5 min, em um tempo total de 12 minutos até a próxima injeção.

O software Waters Empower 2 Chromatography UPLC, foi utilizado para aquisição, controle e gerenciamento dos dados gerados a uma taxa de amostragem de 40 pontos/s. As amins bioativas e aminoácidos livres foram identificados pelo tempo de retenção comparado com os padrões e confirmado pela adição da amina e aminoácido suspeito à amostra. A concentração das amins e aminoácidos foi calculada por meio da interpolação direta em curva padrão externa ($R^2 \geq 0,997$), analisando a área do pico de cada analito dividido pela área do pico de L-norvalina.

4.2.6. Análises das farinhas por infravermelho médio com transformada de Fourier FTIR

Para as análises por FTIR foi utilizada a metodologia de espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier, sendo usado um Espectrofotômetro IRAffinity-1 FTIR (Shimadzu, Kioto, Japão) com detector DLATGS (Deuterated Triglycine Sulfate Doped with L-Alanine) e acessório de Reflectância Total Atenuada. Foram colocadas amostras das farinhas de origem animal sobre o sensor do aparelho e, em seguida, foram realizadas as leituras.

Foram gerados espectros entre 4000 e 600/cm, fazendo 20 scans por amostra. O ambiente onde as análises foram realizadas estava com 50% de umidade relativa a 20 °C. Para as análises de separação dos tipos de farinhas de origem animal foi realizado um PCA (análise de componentes principais). O programa MATLAB 7.9.0 (R2009b) foi utilizado para tratamento dos dados obtidos no FTIR.

4.3. Análises estatísticas

Os resultados obtidos foram submetidos a teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov. Aqueles dados que seguiram distribuição normal foram submetidos à ANOVA e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Os resultados que não seguiram distribuição normal tiveram as medianas comparadas pelo teste de Kruskal Wallis (SAMPAIO, 2015). O nível de significância utilizado foi de 5%.

As análises estatísticas foram executadas pelos softwares InfoStat, UNC, Córdoba, AR (2008); InStat Graphpad Software, Inc, versão 3, NC, EUA, (2003) e SISVAR, versão 5.0, DEX/UFLA, Lavras, MG (2007).

Para as análises multivariadas foram utilizadas: análise de componentes principais (PCA) e análise de agrupamento hierárquico (HCA). Para a PCA, os resultados dos teores de umidade, proteína bruta, atividade de água, gordura, acidez titulável, cinzas, cálcio e fósforo, mercúrio, os aminoácidos livres totais (ácido aspártico, serina, glicina, treonina, prolina, metionina, lisina, isoleucina, leucina, histidina, cistina, tirosina, valina, fenilalanina, glutamina + ácido glutâmico,

arginina e alanina), amônia total livre e as aminas totais livres (agmatina, tiramina, putrescina, cadaverina, histamina, espermidina, feniletilamina e triptamina) foram utilizados. A PCA foi conduzida com padronização das variáveis usando matriz de correlação de Pearson.

Duas análises de HCA foram realizadas. O primeiro dendrograma foi obtido por agrupamento das observações, enquanto o segundo por agrupamento das variáveis (utilizando os mesmos parâmetros da PCA). Foi utilizado o método do encadeamento único (*single linkage*) e a similaridade foi medida por correlação de Pearson nos dois casos.

Todas as análises foram conduzidas utilizando o software Minitab Statistical (versão 17.3.1; Minitab Inc, State College, PA, EUA).

Para o PCA dos resultados do FTIR foram utilizados os comprimentos de onda resultantes das análises no FTIR, que variaram de 900 a 3608 cm^{-1} , utilizando primeira derivada para corrigir a linha base e correção multiplicativa de espelhamento. O software utilizado para este PCA foi o MATLAB (versão 7.9.0, R2009b; MA, EUA).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Características microbiológicas

5.1.1. Pesquisa de *Salmonella spp.*

Todas as farinhas analisadas apresentaram ausência de *Salmonella spp* em 25 g, estando de acordo com as exigências previstas na legislação vigente para farinhas de origem animal (BRASIL, 2008). Estes resultados são melhores que aqueles observados por HOFACRE et al. (2001) e KINLEY et al. (2010), que detectaram salmonela em 14% (total 165) e 8,9% (total 150) das amostras de farinhas de origem animal analisadas, respectivamente.

Os resultados obtidos neste estudo indicam a qualidade das farinhas em relação à *Salmonella spp*. Estes resultados podem ser reflexo da eficiência do tratamento térmico utilizado (KINLEY et al., 2010), capaz de eliminar uma possível contaminação por salmonela. Pode também refletir o uso de boas práticas de fabricação, visto que, se estas não forem adequadas, poderá ocorrer recontaminação (PANDEY et al., 2016). Outro fator essencial seria o controle de vetores como pássaros, roedores, insetos e, também, o controle nas condições de armazenagem e distribuição (BELLAVÉR & ZANOTTO, 2004).

5. 2. Composição centesimal

5.2.1. Influência do local de fabricação na composição centesimal

Os resultados obtidos para a composição centesimal das farinhas de origem animal estão descritos nas tabelas 6 a 10. Para a farinha de vísceras de aves (tabela 6), não houve diferença significativa entre os produtos das diferentes fábricas para os teores de umidade, proteína, lipídeos, cinzas e dos minerais cálcio e fósforo. Os teores médios de umidade variaram de 3,29 a 4,73 g/100 g entre as diferentes fabricas, com média geral de 4,01 g/100 g, e 26% de coeficiente de variação (CV). Com relação a proteínas, os teores médios por fabrica variaram de 56,09 a 60,91 g/100 g, com valores médios de 59,15 g/100 g e CV de 4,8%. Os teores de gordura variaram

de 13,50 a 15,32 g/100 g, sendo o valor médio de 14,02 g/100 g e o CV de 7,8%. Os teores de cinzas variaram de 16,60 a 18,71 g/100 g, com CV de 11,7%. Baseado nestes resultados, o maior CV foi observado para o teor de umidade, havendo necessidade de maior controle do processo de secagem na produção da farinha. Apesar da diferença de 26% nos teores de umidade, a atividade de água variou de 0,471 a 0,483 (CV = 4%).

Tabela 6. Composição centesimal, atividade de água, acidez, teores de alguns minerais e de mercúrio em farinhas de vísceras de aves em função das fábricas produtoras.

Parâmetro (unidade)	Valores por fábrica				
	C	D	E	F	Média
Umidade (g/100 g)	4,73±0,83 ^a	3,42 ± 0,04 ^a	4,61±0,70 ^a	3,29±1,51 ^a	4,01 ± 1,05
Proteína bruta (g/100g)	56,09±0,97 ^a	60,91±1,70 ^a	60,30±2,87 ^a	59,30±3,45 ^a	59,15 ± 2,85
Gordura (g/100 g)	13,50±1,13 ^a	15,32±0,35 ^a	13,56±0,41 ^a	13,71±1,31 ^a	14,02 ± 1,10
Cinzas (g/100 g)	18,71±1,96 ^a	16,60±1,08 ^a	18,63±2,20 ^a	18,52±3,19 ^a	18,11 ± 2,12
Atividade de água	0,474±0,009 ^a	0,471±0,036 ^a	0,480±0,012 ^a	0,483±0,022 ^a	0,477±0,020
Acidez (mg NaOH/g)	0,82±0,09 ^a	1,49±0,51 ^a	1,78±0,58 ^a	1,07±1,09 ^a	1,31 ± 0,63
Minerais (g/100 g)					
Cálcio	5,82±0,95 ^a	5,10±0,32 ^a	5,34±1,58 ^a	6,03±0,92 ^a	5,57 ± 0,97
Fósforo	2,95±0,22 ^a	2,78±0,16 ^a	3,05±0,26 ^a	3,13±0,37 ^a	2,98 ± 0,26
Mercúrio (mg/kg)	0,08±0,06 ^a	0,09±0,07 ^a	0,07±0,02 ^a	0,07±0,01 ^a	0,08±0,04

n=3.

Letras distintas em uma mesma linha são estatisticamente diferentes (teste de Tukey, $p \leq 0,05$).

Para a farinha de vísceras suínas (tabela 7), houve diferença significativa nos teores médios de umidade por fábrica, que variaram de 2,50 (fábrica D) a 6,11 g/100 g (fábrica C), com média geral de 4,15 g/100 g e coeficiente de variação (CV=33,9%). Por outro lado, não houve diferença significativa nos valores de atividade de água, que variaram de 0,418 a 0,527 (CV=11,2%).

Pelo fato dos teores de umidade terem apresentado diferença significativa entre fábricas, para comparação dos teores dos demais componentes das farinhas, houve necessidade de calcular os resultados em base seca (exceto, acidez e atividade de água). Assim, os demais dados apresentados na Tabela 7 foram calculados e apresentados em base seca. Houve diferença significativa ($p < 0,05$) nos resultados de composição centesimal entre os locais de fabricação. Os teores médios de proteínas variaram de 52,17 a 58,44 g/100 g (base seca), com valores médios de 55,41 g/100 g e CV de 3,6%. Maiores teores de proteína foram encontrados nos produtos da fábricas A e B e os menores em C. Os teores de gordura, em base seca, variaram de 10,84 a 17,54 g/100 g, sendo o valor médio de 13,07 g/100 g e o CV de 17,12%. Os maiores teores foram encontrados na fábrica B comparado às demais fábricas. Os teores de cinzas variaram de 25,86 a 33,09 g/100 g, com CV de 7,07 %. Os maiores teores de cálcio foram encontrados na fábrica C e menor na fábrica B, variando de 8,0 a 11,69g/100g e CV de 11,54%. O maior teor de fósforo foi encontrado na fábrica A e o menor na fábrica B, variando de 3,88 a 5,75 g/100 g, com CV de 10,06%.

Para a farinha de carne e ossos (tabela 8), os teores médios de umidade variaram de 4,32 a 7,06 g/100 g entre as diferentes fábricas, com média geral foi de 5,55 g/100 g, e CV = 23,8%.

Tabela 7 - Composição centesimal, atividade de água, acidez, teores de alguns minerais e de mercúrio em farinhas de vísceras suínas em função das fábricas produtoras.

Parâmetro (unidade)	Valores por fábrica (*base seca)				
	A	B	C	D	Média
Umidade (g/100 g)	3,80±0,22 ^b	4,18±0,51 ^b	6,11±0,72 ^a	2,50±0,10 ^c	4,15±1,40
Proteína bruta (g/100g)*	56,52±0,77 ^a	57,08±2,18 ^a	53,03±1,05 ^b	55,01±0,75 ^{ab}	55,41±1,99
Gordura (g/100 g)*	10,97±0,12 ^b	16,43±1,30 ^a	12,50±0,93 ^b	12,36±0,49 ^b	13,07±2,24
Cinzas (g/100 g)*	30,55±0,76 ^a	26,51±0,65 ^b	30,24±2,47 ^a	29,96±0,75 ^{ab}	29,32±2,07
Atividade de água	0,418±0,002 ^a	0,521±0,006 ^a	0,527±0,058 ^a	0,458±0,004 ^a	0,481±0,054
Acidez (mg NaOH/g)	0,94±0,22 ^b	1,49±0,46 ^{ab}	0,92±0,29 ^b	2,20±0,18 ^a	1,39±0,60
Minerais (g/100 g)*					
Cálcio	10,71±0,35 ^a	8,29±0,29 ^b	10,78±0,91 ^a	9,72±0,22 ^a	9,88±1,14
Fósforo	5,51±0,24 ^a	4,36±0,48 ^b	5,25±0,26 ^a	5,16±0,03 ^a	5,07±0,51
Mercúrio (mg/kg)*	0,03±0,02 ^a	0,07±0,09 ^a	0,07±0,07 ^a	0,03±0,03 ^a	0,05±0,05

n=3. Letras distintas em uma mesma linha são estatisticamente diferentes (teste de Tukey, p≤0,05).

* Resultados em base seca.

Como houve diferença nos teores de umidade entre as farinhas provenientes das diferentes fabricas, foi necessário calcular os teores dos componentes em base seca (exceto para atividade de água e acidez). Não houve diferença estatística para a atividade de água que variou de 0,510 a 0,628, e para a acidez, que variou de 0,54 a 1,04. Foi observado um elevado CV para o teor de acidez (88,47%), havendo necessidade de maior controle do processo e controle microbiológico da matéria prima.

Tabela 8 - Composição centesimal, atividade de água, acidez, teores de alguns minerais e de mercúrio em farinhas de carne e ossos em função das fábricas produtoras.

Parâmetro (unidade)	Valores por fábrica (*base seca)				
	I	J	K	L	Média
Umidade (g/100 g)	4,85±0,55 ^{ab}	5,95±0,92 ^{ab}	7,06±0,45 ^a	4,32±1,26 ^b	5,55±1,32
Proteína bruta (g/100 g)*	47,50±1,38 ^a	45,89±1,45 ^a	48,12±2,70 ^a	49,81±3,26 ^a	47,83±2,48
Gordura (g/100 g)*	9,09±0,18 ^a	11,90±0,87 ^a	10,32±0,52 ^a	10,45±3,56 ^a	10,44±1,89
Cinzas (g/100 g)*	42,53±0,79 ^a	39,55±0,91 ^a	39,89±3,19 ^a	38,87±5,75 ^a	40,21±3,20
Atividade de água	0,510±0,036 ^a	0,517±0,026 ^a	0,534±0,020 ^a	0,628±0,276 ^a	0,547±0,130
Acidez (mg NaOH/g)	0,54±0,42 ^a	1,04±0,96 ^a	0,93±1,15 ^a	0,67±0,26 ^a	0,80±0,70
Minerais (g/100 g)*					
Cálcio	15,10±0,44 ^a	13,87±0,45 ^a	13,84±1,26 ^a	13,58±2,37 ^a	14,10±1,33
Fósforo	7,38±0,21 ^a	6,78±0,24 ^a	6,76±0,64 ^a	6,97±1,18 ^a	6,97±0,64
Mercúrio (mg/kg)*	0,07±0,05 ^a	0,13±0,06 ^a	0,08±0,06 ^a	0,11±0,04 ^a	0,10±0,05

n=3. Letras distintas em uma mesma linha são estatisticamente diferentes (teste de Tukey, p≤0,05).

* Resultados em base seca.

Após cálculo dos resultados em base seca, observou-se também que não houve diferença significativa entres os produtos das diferentes fábricas para proteína, lipídeos, cinzas e minerais.

Com relação a proteínas, os teores médios por fábrica variaram de 44,83 a 53,32 g/100 g, com valores médios de 47,83 g/100 g e CV de 5,2%. Os teores de gordura variaram de 8,01 a 14,53 g/100 g, sendo o valor médio de 10,44 g/100 g e o CV de 18,1%. Os teores de cinzas variaram de 32,48 a 43,61 g/100 g, com CV de 7,95%. Os teores de cálcio variaram de 11,21 a 15,95 g/100 g e CV de 9,43%. Os teores de fósforo variaram de 5,79 a 8,50 g/100 g e CV de 9,18%. Os teores de mercúrio variaram de 0,02 a 0,19 mg/kg CV de 50%. Baseado nestes resultados em base seca o maior CV foi o de teor de mercúrio (50%).

Para a farinha de penas de aves hidrolisada (tabela 9), os teores médios de umidade variaram de 4,55 a 8,45 g/100 g entre as diferentes fábricas, com média geral de 6,94 g/100 g, e CV = 19,9%. Houve diferença significativa entre amostras, indicando a necessidade de calcular os teores dos componentes em base seca, exceto atividade de água e acidez. Apesar da diferença (19,9%) nos teores de umidade, a atividade de água variou de 0,552 a 0,686 (CV = 2,94%).

Após cálculo dos resultados em base seca, houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os produtos das diferentes fábricas para os teores de proteína, gordura, cinzas e minerais. Com relação a proteínas, os teores médios por fábrica variaram de 83,54 a 92,55 g/100 g, com valores médios de 89,03 g/100 g e CV de 3,87%. Os teores de gordura variaram de 4,22 a 10,41 g/100 g, sendo o valor médio de 6,88 g/100 g e o CV de 28,04%. Os teores de cinzas variaram de 2,29 a 4,21 g/100 g, com CV de 20,19%. Baseado nestes resultados, o maior CV foi observado para o teor de mercúrio (62,41%), havendo necessidade de investigar a origem desta variação.

Tabela 9. Composição centesimal, atividade de água, acidez, teores de alguns minerais e de mercúrio em farinhas de penas de aves hidrolisadas em função das fábricas produtoras.

Parâmetro (unidade)	Valores por fábrica (*base seca)				
	C	D	G	H	Média
Umidade (g/100 g)	7,78±0,24 ^a	7,75±0,72 ^a	7,43±0,72 ^a	4,80±0,33 ^b	6,94±1,38
Proteína bruta (g/100 g)*	89,72±0,64 ^b	83,63±0,09 ^c	90,66±1,41 ^{ab}	92,09±0,78 ^a	89,03±3,45
Gordura (g/100 g)*	6,91±0,09 ^b	9,72±0,61 ^a	5,35±1,30 ^b	5,56±0,40 ^b	6,88±1,93
Cinzas (g/100 g)*	2,99±0,01 ^b	3,96±0,23 ^a	2,90±0,15 ^b	2,36±0,07 ^c	3,05±0,62
Atividade de água	0,583±0,009 ^a	0,590±0,009 ^a	0,686±0,008 ^a	0,552±0,003 ^a	0,578±0,017
Acidez (mg NaOH/g)	0,84±0,01 ^a	1,41±0,23 ^a	1,01±0,32 ^a	0,78±0,28 ^a	1,01±0,33
Minerais (g/100 g)*					
Cálcio	0,33±0,01 ^b	0,90±0,07 ^a	0,30±0,07 ^b	0,31±0,02 ^b	0,46±0,27
Fósforo	0,38±0,01 ^b	0,61±0,05 ^a	0,37±0,02 ^b	0,32±0,01 ^b	0,42±0,12
Mercúrio (mg/kg)*	0,10±0,01 ^a	0,06±0,00 ^a	0,04±0,03 ^a	0,11±0,09 ^a	0,08±0,05

n=3. Letras distintas em uma mesma linha são estatisticamente diferentes (teste de Tukey, $p \leq 0,05$).

* Resultados em base seca.

5.2.2. Influência do tipo de farinha na composição centesimal

Ao comparar os resultados médios dos parâmetros físico-químicos analisados entre os tipos de farinhas incluídos neste estudo (tabela 10), observa-se que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) para o teor de acidez e teores de mercúrio entre os quatro tipos de farinha analisados. Por outro lado, houve diferença entre os valores de atividade de água entre tipos de farinha.

Os teores de umidade variaram de 4,01 a 6,94 g/100 g, média de 5,16 g/100 g e CV de 33,72%. Como houve diferença significativa para o teor de umidade ($p < 0,05$) entre tipos de farinha, os teores dos demais componentes teve ser calculada em base seca para posterior comparação.

Tabela 10. Composição centesimal, atividade de água, acidez e teores de alguns minerais em farinhas de origem animal – vísceras de aves, vísceras suínas, carne e ossos e penas hidrolisadas de aves obtidas em três dias consecutivos de produção

Parâmetro (unidade)	Média ± desvio padrão / tipo de farinha			
	Vísceras de aves	Vísceras suínas	Carne e ossos	Penas de aves hidrolisadas
Umidade (g/100 g)	4,01 ± 1,05 ^c	4,15±1,40 ^{bc}	5,55±1,32 ^{ab}	6,94±1,38 ^a
Proteína bruta (g/100 g)*	59,15 ± 2,85 ^b	55,41±1,99 ^c	47,83±2,48 ^d	89,03±3,45 ^a
Gordura (g/100 g)*	14,02 ± 1,10 ^a	13,07±2,24 ^a	10,44±1,89 ^b	6,88±1,93 ^c
Cinzas (g/100 g)*	18,11 ± 2,12 ^c	29,32±2,07 ^b	40,21±3,20 ^a	3,05±0,62 ^d
Atividade de água	0,477±0,020 ^b	0,481±0,054 ^b	0,547±0,130 ^{ab}	0,578±0,017 ^a
Acidez (mg NaOH/g)	1,20 ± 0,63 ^a	1,39±0,60 ^a	0,80±0,70 ^a	1,01 ± 0,33 ^a
Minerais (g/100 g)*				
Cálcio	5,57 ± 0,97 ^c	9,88±1,14 ^b	14,10±1,33 ^a	0,46±0,27 ^d
Fósforo	2,97 ± 0,26 ^c	5,07±0,51 ^b	6,97±0,64 ^a	0,42±0,12 ^d
Mercúrio (mg/kg)*	0,08±0,04 ^a	0,05±0,05 ^a	0,10±0,05 ^a	0,08±0,05 ^a

n=12. Letras (a-d) diferentes nas linhas indicam diferença significativa (teste de Tukey, $p \leq 0,05$).

* Resultados em base seca.

5.2.3. Teores de umidade

Os teores médios de umidade encontrados para os quatro tipos de farinha analisadas estão de acordo com o previsto no Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2007), e o encontrado no trabalho de BELLAVÉR e ZANOTTO (2004), que indicam que o teor de umidade das farinhas de origem animal deve estar entre 4 e 6%, mas não deve exceder a 10%. Baseado nestes percentuais, apenas as amostras de farinhas de penas hidrolisadas estão excedendo a estes valores. KINLEY et al. (2010), ao analisarem farinhas de penas (n=30), farinhas de vísceras de aves (n=51) e farinhas de carne bovina (n=14) encontraram teores médios de umidade de 5,99; 3,21 e 2,50 g/100 g, respectivamente. Estes teores são similares aos encontrados neste estudo. Como os teores de umidade variaram entre amostras, os teores dos demais componentes, exceto atividade de água e acidez, foram calculados e reportados em base seca.

5.2.4. Atividade de água

Os valores médios de atividade de água (Aw) encontrados nos quatro tipos de farinha de origem animal analisadas variaram de 0,477 (farinha de vísceras de aves) a 0,578 (farinha de penas hidrolisada). De um modo geral, os valores de atividade de água encontrados estão próximos aos valores encontrados por KINLEY et al. (2010) - 0,41 a 0,49, em farinhas de aves e farinhas de carne e ossos produzidas nos Estados Unidos. Porém, resultados diferentes foram observados para as amostras de farinha de penas, que foram maiores neste estudo.

Os valores de atividade de água encontrados neste trabalho estão abaixo da atividade de água ideal de crescimento bacteriano para a *salmonella spp.*, que, segundo Jay et al. (2005), precisa estar acima de 0,940.

5.2.5. Teores de proteína bruta

Os teores de proteína bruta (Tabela 10) foram calculados e apresentados em base seca. Teores significativamente maiores foram observados para farinha de penas hidrolisadas (89,03 g/100 g), seguido da farinha de vísceras de aves (59,15 g/100 g), da de vísceras suínas (55,41 g/100 g) e da de carne e ossos (47,83 g/100 g). Segundo BELLAVER e ZANOTTO (2004) e o Compendio Brasileiro de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2007), dependendo das fontes proteicas, o teor de proteína bruta situa-se entre 35% (farinha de carne e ossos) e 90% (farinha de sangue), sendo o mínimo de 52% para farinha de vísceras de aves, 80% para farinha de penas e 46% para farinha de vísceras suínas. Os teores de proteína bruta das farinhas analisadas neste trabalho encontram-se dentro da faixa estimada por BELLAVER e ZANOTTO (2004). O alto teor de proteína bruta encontrado nas farinhas de penas é devido aos elevados teores de queratina em sua constituição, de 80 a 90%, mas devido a sua baixa digestibilidade e resistência enzimática seu uso na alimentação e aves é reduzido (NASCIMENTO, 2000; ROCHA e SILVA, 2004)

5.2.6. Teores de gordura

Com relação aos teores de gordura (Tabela 10), calculados em base seca, os maiores teores foram encontrados na farinha de víscera de aves (14,02 g/100 g), seguido da farinha de vísceras suínas (13,07 g/100 g), sendo o menor teor de gordura encontrado nas farinhas de penas hidrolisadas (6,88 g/100 g). De acordo com o Compendio Brasileiro de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2007), e com BELLAVER e ZANOTTO (2004), a gordura nas farinhas de origem animal, em geral está entre 8 e 16%. Sendo que para a farinha de carne bovina com 45% de proteína bruta deve ter no mínimo 8% de gordura; para a farinha de vísceras suínas o mínimo de gordura que deve estar presente é de 12%; para a farinha de penas hidrolisadas o teor mínimo de gordura deve ser de 2% e para a farinha de vísceras de aves o teor mínimo de gordura deve ser de 10%. O teor de gordura das farinhas de penas hidrolisadas analisadas neste trabalho, variando de 4,95 a 8,81 g/100 g, encontram-se acima do mínimo de 2% (BELLAVER e ZANOTTO, 2004; SINDIRAÇÕES, 2007) e acima do encontrado por NUNES et al. (2006) que reportaram teor de 4,18 % neste tipo de farinha.

5.2.7. Teores de cinzas

As cinzas são os resíduos obtidos após a queima do material que compõe a farinha, incluindo matéria inorgânica (BELLAVER e ZANOTTO, 2004). Os teores de cinzas encontrados nas farinhas analisadas variaram de 3,05 a 40,21 g/100 g, sendo os maiores teores encontrados em farinhas de carne e ossos (40,21 g/100 g), seguido de vísceras suínas (29,32 g/100 g), vísceras de aves (18,11 g/100 g) e penas hidrolisadas (3,05 g/100 g). Estes teores estão de acordo com BELLAVER e ZANOTTO (2004) e com o Compendio Brasileiro de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2007), que apresentam como valores máximos de cinzas para a farinha de carne e ossos com 45% de proteína bruta no máximo de 40% de cinzas (em base seca), para a farinha

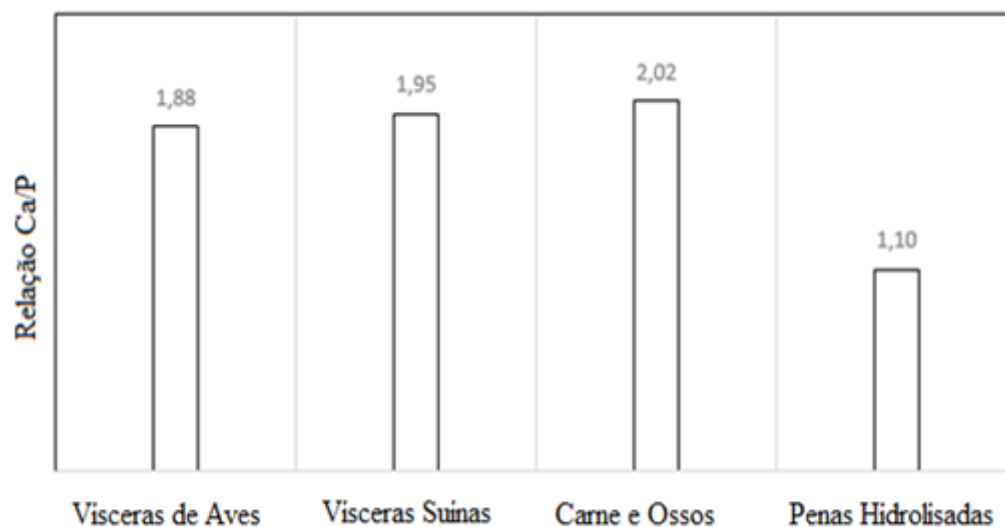
de vísceras suínas o valor máximo de cinzas é de 33%, para as farinhas de penas este valor máximo é de penas 4% e para as farinhas de vísceras de aves o valor máximo de cinzas é de 22%.

5.2.8. Teores de cálcio e fósforo

Os teores de cálcio e fósforo, em base seca, estão indicados na tabela 10. São duas as maneiras de apreciar os teores destes minerais – os conteúdos individualmente e a relação teor de cálcio/teor de fósforo. Com relação aos teores dos minerais, existe um limite mínimo para fósforo de 3% para a farinha de carne e ossos; de 2,50% para farinhas de vísceras suínas e vísceras de aves, sendo que para esta última o limite máximo de cálcio é de 8,50%; para a farinha de penas hidrolisadas não foi atribuído um teor mínimo de fósforo nem o máximo para cálcio (BELLAYER e ZANOTTO, 2004; SINDIRAÇÕES 2007). Os teores de fósforo encontrados nas farinhas analisadas encontram-se acima do mínimo citado por estes autores. Ainda para farinhas de vísceras de aves os valores encontrados estão entre os encontrados por e NUNES et al. (2006) e BRUMANO et al. (2006b) que encontraram valores de 2,3% e 4% respectivamente.

Segundo BELLAYER e ZANOTTO (2004) e o Compendio Brasileiro de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2007), a relação cálcio/fósforo nas farinhas de carne e ossos não pode exceder de 2,2; sendo que o cálcio está em torno de 9% e o fósforo em torno de 4,5%. Na figura 5 estão apresentadas as relações obtidas para cada tipo de farinha.

Figura 5. Relação Ca/P encontrada para farinhas de vísceras de aves, vísceras suínas, carne e ossos e penas de aves hidrolisadas.



5.3. Características físico-químicas

5.3.1. Índice de peróxido

Todas as farinhas analisadas apresentaram índice de peróxido igual a 0 meq/Kg, estando de acordo com os níveis sugeridos por BELLAYER e ZANOTTO (2004) e, também, pelo

Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2007). Segundo o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2007), seriam aceitáveis até 10 meq/kg para índice de peróxido de farinha de carne e ossos, de farinha de vísceras suínas, farinha de penas e farinha de vísceras de aves. Os resultados obtidos sugerem não ter ocorrido oxidação lipídica, provavelmente em função da adição de antioxidantes efetuada pela indústria.

As farinhas de origem animal apresentaram teores significativos de gordura, que variaram de 6,40 a 14,02 g/100 g em farinhas de pena de aves hidrolisadas e vísceras de aves, respectivamente. A presença de gordura faz com as farinhas sejam susceptíveis à oxidação lipídica, o que seria prejudicial em termos sensoriais e também nutricionais para animais a que se destinam, prejudicando o crescimento e saúde. De fato, gorduras oxidadas na dieta estão associadas à diminuição no ganho de peso e nos teores de gordura muscular, menor teor de vitamina E no soro e alteração da função imune das células (TUREK et al., 2003). Assim sendo, o controle da qualidade da gordura e da oxidação lipídica nas farinhas é necessário.

Apesar de ser considerado um parâmetro de qualidade, alguns autores relatam que o índice de peróxido não descreve a qualidade de gordura em farinhas de origem animal, além disto, o índice de peróxido é um parâmetro muito variável (BELLAYER & ZANOTTO, 2004).

5.3.2. Acidez total titulável

A acidez de uma farinha de origem animal reflete a presença de ácidos graxos livres que são formados a partir da hidrólise das gorduras da farinha, estando essa, associada à rancidez hidrolítica (BELLAYER & LIMA, 2005). As enzimas lipases liberadas por bactérias lipolíticas hidrolizam as gorduras causando a rancidez; sendo assim, a acidez pode ser associada à contaminação bacteriana das farinhas, podendo ser acelerada por outros fatores predisponentes da oxidação (umidade, temperatura, oxigênio) (BELLAYER & ZANOTTO, 2004; SINDIRAÇÕES, 2007). Para diminuir a oxidação lipídica, o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2007) sugere a adição de antioxidantes, pois a oxidação, além de provocar desenvolvimento de odor e paladar desagradável, desencadeia perdas nutricionais tais como: polimerização, saturação e perda da atividade vitamínica (COSTA, ROMANELLI, TRABUCO, 2008).

O teor de acidez descritos nas tabelas 5 a 9 variou de 0,80 a 1,33 mg de NaOH/g, entretanto, não houve diferença significativa nos valores entre os tipos de farinha. Embora algumas farinhas possam apresentar valores de 6 mg de NaOH/g de amostra, o ideal é que a acidez das farinhas neutralize no máximo 2 mg de NaOH/g de amostra (BELLAYER & ZANOTTO, 2004). Os valores para acidez encontrados nas farinhas analisadas encontram-se abaixo do máximo previsto por Bellaver e Zanotto (2004) e pelo Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2007), sendo que para a farinha de penas, farinha de vísceras de aves o teor de acidez máximo preconizado é de 3 mg NaOH/g, para farinha de carne bovina o teor máximo é de 2 mg de NaOH/g e para a farinha de vísceras suínas o teor máximo de acidez é de 6 mg de NaOH/g.

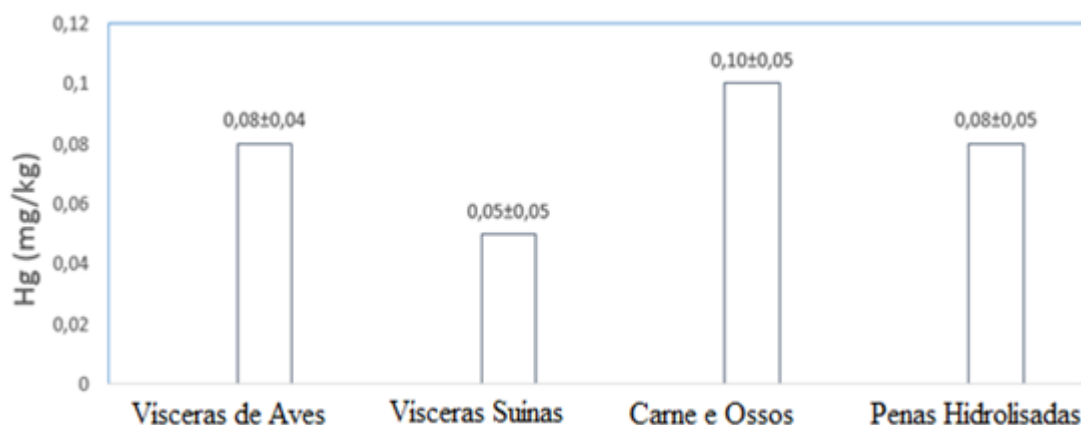
5.4. Contaminantes

5.4.1. Teores de mercúrio

Os teores médios de mercúrio (Hg) total por tipo de farinha estão apresentados na figura 6. Os teores variaram de 0,05 a 0,10 mg/kg por tipo de farinha (figura 5). Não houve diferença significativa ($p>0,5$) entre as médias do teor de mercúrio presentes nas farinhas que foram analisadas foram comparadas em base seca. DA SILVA FILHO et al. (1999) encontraram 0,107 mg/kg de Hg em farinhas de carne, 0,238 mg/kg de Hg em farinhas de vísceras e penas de aves e 0,238 mg/kg em farinhas de peixes, teores estes acima do encontrado nas farinhas analisadas neste estudo. Geralmente peixes contêm maiores teores de mercúrio em função da posição destes na cadeia trófica e considerando a biomagnificação associada ao mercúrio (SOARES et al., 2018), entretanto, os mesmos teores elevados de mercúrio foram obtidos por DA SILVA FILHO et al. (1999) para farinhas de vísceras e penas e de peixe.

O teor máximo tolerável de Hg na dieta de animais é de 2 mg/kg (NATIONAL RESEARCH COUNCIL- NRC, 2001), portanto a concentração de mercúrio encontrada nas farinhas de origem animal analisadas estão de acordo com a literatura consultada.

Figura 6. Teores médios de mercúrio (mg/kg) em base seca, de farinhas de origem animal – vísceras de aves, vísceras suínas, carne e ossos e penas de aves hidrolisadas



n = 12.

Não há diferença significativa entre os teores de mercúrio nas diferentes farinhas (teste de Tukey, $p>0,05$).

5.5. Teores de aminoácidos livres

Dentre os 20 aminoácidos pesquisados, 19 foram encontrados (Tabelas 11 a 15) nas amostras de farinhas analisadas, dentre eles, ácido aspártico, alanina, arginina, asparagina, cistina, fenilalanina, glicina, glutamina + ácido glutâmico, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, prolina, serina, tirosina, treonina e valina. O aminoácido triptofano não foi detectado em nenhuma das farinhas. Não foi possível separar a glutamina do ácido glutâmico, motivo pelo qual os resultados apresentados equivalem à soma destes dois aminoácidos. Foi detectada também, na maioria das amostras, a amônia, provável produto da hidrólise de proteínas e aminoácidos (SANTOS et al., 2001).

Nas farinhas de vísceras de aves (Tabela 11) foram encontrados 17 aminoácidos, ou seja, todos os descritos acima, com exceção da cistina e da fenilalanina, que não foram detectados nas amostras analisadas. Em algumas amostras (das fabricas D e E), o ácido aspártico não foi detectado; e a histidina não foi detectada em amostras da fábrica E.

Tabela 11.- Teores medianos (mínimo-máximo) de aminoácidos livres e de amônia (mg/kg, base seca) em farinhas de vísceras de aves em função das fábricas produtoras

Aminoácido	Medianas (mínimo-máximo) em mg/kg/ Fábrica				
	C	D	E	F	Geral
Ácido aspártico	nd ^b	237 ^a (40-385)	nd ^b	nd ^b (nd-489)	nd (nd-489)
Alanina	319 ^a (279-326)	181 ^a (52-210)	386 ^a (386-409)	202 ^a (186-226)	253 (52-409)
Arginina	4429 ^a (694-5065)	2190 ^a (1954-2919)	3962 ^a (3368-5034)	644 ^b (412-2067)	2.555 (412-5.065)
Asparagina	561 ^a (498-629)	370 ^a (354-647)	482 ^a (434-579)	318 ^a (315-571)	490 (315-647)
Cistina	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd
Fenilalanina	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd
Glicina	1173 ^a (995-1815)	692 ^b (616-840)	1437 ^a (958-2510)	680 ^b (562-761)	899 (562-2.510)
Glutamina + ácido Glutâmico	3629 ^a (3016-3870)	1411 ^b (1405-1439)	3067 ^a (2931-3577)	1879 ^b (1400-2435)	2.683 (1.400-3.870)
Histidina	nd ^b	274 ^a (237-289)	nd ^b (nd-495)	nd ^b (nd-290)	nd (nd-495)
Isoleucina	214 ^a (209-227)	349 ^a (342-532)	260 ^a (241-265)	289 ^a (226-388)	263 (209-532)
Leucina	100 ^a (100-105)	165 ^a (160-194)	127 ^a (126-129)	136 ^a (107-173)	128 (100-194)
Lisina	102 ^a (97-104)	132 ^a (129-223)	117 ^a (102-133)	118 ^a (110-152)	117 (97-223)
Metionina	2235 ^a (2167-2650)	473 ^b (537-799)	2466 ^a (2009-2800)	1464 ^a (729-2130)	2.070 (537-2.800)
Prolina	312 ^a (291-331)	265 ^a (191-269)	314 ^a (303-321)	272 ^a (232-319)	297 (191-331)
Serina	1588 ^a (1338-1634)	1484 ^a (1341-1591)	1985 ^a (1920-2661)	1723 ^a (1662-1929)	1.648 (1.338-2.661)
Tirosina	168 ^a (161-175)	210 ^a (200-412)	215 ^a (192-216)	173 ^a (170-185)	188 (161-412)
Treonina	1273 ^a (1216-1531)	504 ^b (358-586)	1043 ^a (897-1279)	534 ^b (430-718)	808 (358-1.531)
Triptofano	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd
Valina	224 ^a (223-228)	283 ^a (277-501)	254 ^a (238-298)	307 ^a (250-347)	265 (222-501)
NH ₃	41 ^a (35-41)	1 ^b (nd-2)	32 ^a (nd-41)	26 ^a (nd-30)	28 (nd-41)
Total aminoácido	15767 ^a (13021-17509)	9825 ^b (9741-10293)	17820 ^a (14176-18928)	9353 ^b (9114-10254)	11.657 (9.114-18.928)

n=3. nd: não detectado ($\leq 0,04$).

Letras diferentes (a-d) na mesma linha são significativamente diferentes (teste de Kruskal-Wallis, $p \leq 0,05$).

Os teores totais medianos de aminoácidos variaram 9.114 a 18.928 mg/kg, sendo os maiores teores medianos totais observados para a fábrica E seguido da fábrica C. Dentre os aminoácidos presentes, maior contribuição ao teor total foi da arginina (21%), seguido da

gultamina + ácido glutâmico (19%), da metionina e serina (~13%) e da glicina (8%). Os demais aminoácidos contribuíram com menos de 7% ao teor total. O teor mediano de amônia variou de não detectado a 41 mg/kg. A alta variação entre os teores de aminoácidos e os de amônia de um mesmo tipo de farinha pode estar relacionado com a não padronização da matéria prima entre as fábricas e entre os dias de produção, ou seja, diferentes quantidades de um tipo de víscera de ave utilizada em uma fábrica e não em outra (ROSTAGNO, 2000; POZZA et al., 2004).

Nas farinhas de vísceras suínas (Tabela 12) foram detectados 17 aminoácidos, com exceção do ácido aspártico e da prolina, que não foram detectados nas amostras analisadas. Em algumas amostras, a fenilalanina não foi detectada nas amostras das fabricas B e D.

Os teores totais medianos de aminoácidos livres variaram 5.219 a 39.402 mg/kg, sendo que a fábrica A apresentou o maior teor máximo de aminoácidos para este tipo de farinha. Dentre os aminoácidos presentes, a maior contribuição ao teor total foi da serina (15,51%), seguido da arginina (12%), da valina (11%) e da glicina (10%). Os demais aminoácidos contribuíram com menos de 9% ao teor total.

O teor de amônia também variou entre as fábricas (nd - 95 mg/kg). A alta variação entre os teores de aminoácidos e amônia de um mesmo tipo de farinha pode estar relacionado com a não padronização da matéria prima entre as fábricas e dias de produção, ou seja diferentes quantidades de um tipo de víscera de ave que foi utilizada em uma fábrica e não em outra, como dito anteriormente.

Nas farinhas de carne e ossos (Tabela 13) foram detectados 16 aminoácidos, sendo que o ácido aspártico, a fenilalanina e histidina não foram detectados nas amostras analisadas.

A asparagina não foi detectada nas amostras das fabricas J e L; a cistina e a glicina não foram detectadas em amostras das fábricas K e L; a leucina não foi detectada nas amostras da fábrica L e a serina não foi detectada nas amostras da fábrica I.

Os teores totais medianos de aminoácidos variaram de 11.151 a 36.427 mg/kg, sendo os maiores teores médios totais observados para a fábrica L. Dentre os aminoácidos presentes, maior contribuição ao teor total foi da glutamina + ácido glutâmico (24%), seguido da metionina (16,76%), da serina (14,49%), da arginina (10,49%) e da valina (9,56%). Os demais aminoácidos contribuíram com menos de 7% do teor total. O teor de amônia também variou de forma significativa entre fábricas, sendo os maiores teores encontrados nas fábricas K e L.

Nas farinhas de penas hidrolisadas (Tabela 14) foram detectados 17 aminoácidos sendo exceção a feniletilamina e a histidina, que não foram detectadas nas amostras analisadas.

O ácido aspártico não foi detectado nas amostras da fábrica H; a cistina só foi detectada em amostras da fábrica D; a glicina não foi detectada em amostras da fábrica H.

Os teores totais medianos de aminoácidos variaram de 16.350 a 123.396 mg/kg, sendo os maiores teores medianos totais observados para a fábrica H. Dentre os aminoácidos presentes, maior contribuição ao teor total foi da asparagina (54,6%), seguido da metionina (13,5 %), da glicina (7,6%) e da serina (7%). Os demais aminoácidos contribuíram com menos de 4% ao teor total.

Tabela 12. Teores medianos (mínimo-máximo) de aminoácidos livres e de amônia (mg/kg, base seca) em farinhas de vísceras suínas em função das fábricas produtoras

Aminoácido	Mediana (mínimo-máximo) em mg/kg/ Fábrica				
	A	B	C	D	Geral
Ácido aspártico	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd
Alanina	225 ^b (202-797)	265 ^b (184-269)	956 ^a (68-150)	340 ^b (nd-401)	214 (nd-797)
Arginina	1800 ^a (773-1880)	2188 ^a (1871-2465)	903 ^b (731-1165)	2588 ^a (2408-2748)	1.876 (731-748)
Asparagina	404 ^a (301-14969)	391 ^a (370-803)	290 ^a (267-421)	609 ^a (nd-747)	398 (nd-14.969)
Cistina	433 ^a (283-468)	374 ^a (355-410)	363 ^a (348-406)	484 ^a (464-502)	408 (283-502)
Fenilalanina	nd ^b (nd-363)	nd ^b	71 ^a (55-161)	nd ^b	nd
Glicina	945 ^b (864-1966)	1223 ^b (1137-1397)	682 ^b (505-838)	3080 ^a (1279-4246)	1.180 (505-4.246)
Glutamina + ácido Glutâmico	988 (304-1113)	1520 (1243-1637)	475 (364-761)	1772 (1635-21311)	1.178 (304-2.131)
Histidina	247 ^a (224-3267)	249 ^a (248-257)	181 ^a (149-189)	299 ^a (297-372)	248 (149-3.267)
Isoleucina	571 ^a (505-639)	418 ^a (402-426)	376 ^a (365-403)	412 ^a (404-454)	415 (365-639)
Leucina	265 ^a (230-433)	168 ^a (165-181)	175 ^a (168-1970)	201 ^a (190-216)	194 (165-433)
Lisina	174 ^a (162-916)	155 ^a (149-157)	89 ^b (87-98)	158 ^a (153-166)	156 (87-916)
Metionina	325 (277-2130)	268 (246-269)	113 (113-155)	280 (212-316)	269 (113-2.130)
Prolina	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd ^a	Nd
Serina	2139 ^a (992-2435)	2896 ^a (2319-3106)	1447 ^b (732-1535)	3071 ^a (2955-4147)	2.377 (732-4.147)
Tirosina	602 ^a (574-6900)	603 ^a (568-623)	304 ^b (286-338)	572 ^a (561-631)	573 (286-6.900)
Treonina	1114 ^a (984-4223)	1129 ^a (971-1174)	621 ^b (582-760)	1332 ^a (1209-1495)	1.121 (582-4.223)
Triptofano	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd
Valina	1394 ^a (449-2058)	1599 ^a (1227-1631)	583 ^b (398-1491)	3491 ^a (2250-3726)	1.545 (398-3.726) ^b
NH ₃	4 ^a (nd-95)	2 ^a (2-5)	nd ^b (nd-3)	11 ^a (nd-16)	3 (nd-95)
Total aminoácido	12173 ^a (11727-39402)	13446 ^a (11977-14282)	6769 ^b (5219-9067)	19169 ^a (15369-20467)	12.810 (5.219-39.402)

n=3. nd: não detectado ($\leq 0,04$).

Letras diferentes (a-d) nas mesmas linhas são significativamente diferentes (teste de Kruskal-Wallis, $p \leq 0,05$).

Tabela 13. Teores medianos (mínimo-máximo) dos aminoácidos livres e de amônia (mg/kg, base seca) em farinhas de carne e ossos em função das fábricas produtoras

Aminoácido	Medianas (mínimo-máximo) em mg/kg/ Fábrica				
	I	J	K	L	Geral
Ácido aspártico	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd
Alanina	71 ^b (nd-498)	303 ^b (nd-2053)	1571 ^a (1434-1680)	2517 ^a (2239-3423)	1.503 (nd-3.423)
Arginina	3650 ^a (1615-3654)	2362 ^a (2177-4849)	1519 ^a (1366-1553)	nd ^b	2.763 (1.366-4.849)
Asparagina	470 ^b (nd-729)	nd ^b	2428 ^a (nd-3116)	3270 ^a (3163- 4093)	nd (nd-3.116)
Cistina	609 ^a (373-653)	427 ^a (nd- 2514)	nd ^b	nd ^b	nd (nd-2.514)
Fenilalanina	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd (nd-2.67)
Glicina	5263 ^a (913-6312)	2869 ^a (nd-5159)	nd ^b	nd ^b	nd (nd-6.312)
Glutamina + ácido glutâmico	2223 ^b (397-2490)	nd ^b (nd-9500)	6606 ^a (4505- 19628)	10250 ^a (9154-11462)	5.556 (nd-19.628)
Histidina	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd
Isoleucina	407 ^a (366-423)	497 ^a (458-708)	694 ^a (627-704)	544 ^a (438- 882)	521 (366-882)
Leucina	186 ^a (nd-189)	217 ^a (nd-221)	258 ^a (239-267)	nd ^b	188 (nd-267)
Lisina	161 ^a (149-168)	192 ^a (152-325)	248 ^a (222-249)	nd ^b (nd-231)	180 (nd-325)
Metionina	341 ^c (193-1001)	586 ^c (442-8743)	3428 ^b (2846-4565)	9768 ^a (9480-11770)	3.137 (193-11.770)
Prolina	nd ^b	364 ^a (nd-588)	400 ^a (310-406)	414 ^a (402-539)	382 (nd-588)
Serina	5458 ^a (2800-5878)	3625 ^a (2090-4313)	2898 ^a (2555-3026)	4511 ^a (3813-5003)	3.719 (2.090-5.878)
Tirosina	656 ^a (568-1018)	794 ^a (557-1574)	468 ^a (411-703)	570 ^a (nd- 588)	579 (nd-1.574)
Treonina	1964 ^a (423-2501)	891 ^a (nd-1165)	356 ^b (257-484)	nd ^b (nd-801)	454 (nd-2.501)
Triptofano	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd
Valina	7433 ^a (1435-8139)	3341 ^a (617-5182)	678 ^b (633-738)	719 ^b (682-730)	734 (617-8.139)
NH ₃	37 ^b (nd-78)	nd ^b (nd-209,41)	126 ^a (124-135)	375 ^a (274-410)	125 (nd-410)
Total aminoácido	29639 ^a (11151-30987)	26962 ^a (14345-28546)	23678 ^a (16231-34767)	35141 ^a (30069- 36247)	29.092 (11.151-36.247)

n=3. nd: não detectado ($\leq 0,04$).

Letras diferentes (a-d) nas mesmas linhas são significativamente diferentes (teste de Kruskal-Wallis, $p \leq 0,05$).

Ao comparar o perfil e teores medianos totais de aminoácidos em g/kg entre os diferentes tipos de farinhas (tabela 15), observa-se que as farinhas de penas hidrolisadas (~34g/kg) e farinhas de carne e ossos (~29g/kg) foram estatisticamente iguais e significativamente diferentes das farinhas de vísceras suínas (~13g/kg) e da farinha de carne e ossos (~12g/kg). Os teores de amônia também variaram entre os tipos de farinha de origem animal, sendo os maiores teores encontrados em farinhas de carne e ossos seguidas das farinhas de penas hidrolisadas, farinhas de vísceras de aves e farinha de vísceras suínas.

Tabela 14. Teores medianos (mínimo-máximo) dos aminoácidos livres e de amônia (mg/kg, base seca) em farinhas de penas hidrolisadas de aves em função das fábricas produtoras

Aminoácido	Medianas (mínimo-máximo) em mg/kg/ Fábrica				
	C	D	G	H	Geral
Ácido aspártico	nd ^b (nd-911)	3083 ^a (1366-3662)	1767 ^a (1626-1785)	nd ^b	1.138 (nd-3.662)
Alanina	nd ^b (nd-112)	nd ^b (nd-206)	220 ^a (nd-222)	241 ^a (236-280)	159 (nd-280)
Arginina	2045 ^a (2041-2269)	1137 ^a (727-1291)	2847 ^a (2818-3252)	992 ^a (800-1014)	1.666 (727-3.252)
Asparagina	576 ^b (472-629)	83293 ^a (756-85051)	531 ^b (526-805)	58410 ^a (53016-59673)	780 (472-85.051)
Cistina	nd ^b	476 ^a (429-482)	nd ^b	nd ^b	nd (nd-482)
Fenilalanina	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd
Glicina	5290 ^a (4190-5404)	1476 ^a (1149-1639)	9568 ^a (9470-10598)	nd ^b	2.915 (nd-10.598)
Glutamina + ácido glutâmico	1850 ^a (1722-1855)	239 ^b (136-272)	4481 ^a (4041-4528)	1566 ^a (1533-1884)	1.786 (136-4.528)
Histidina	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd
Isoleucina	535 ^b (527-575)	1019 ^a (643-1212)	405 ^b (401-513)	408 ^b (404-413)	522 (401-1.212)
Leucina	253 ^a (231-266)	495 ^a (305-592)	305 ^a (302-348)	262 ^a (257-267)	285 (231-592)
Lisina	196 ^a (191-200)	395 ^a (255-463)	210 ^a (208-255)	189 ^a (185-196)	204 (185-463)
Metionina	3378 ^b (2664-3869)	11576 ^a (7780-15321)	4851 ^b (4801-5796)	9080 ^a (7986-9276)	6.788 (2.664-15.321)
Prolina	218 ^b (151-248)	1605 ^a (1396-2157)	152 ^b (150-467)	524 ^b (445-535)	456 (150-2.157)
Serina	2316 (2002-3085)	5091 (2997-7772)	5207 (3006-5261)	2679 (2622-3207)	3.045 (2.002-7.772)
Tirosina	410 ^b (385-412)	922 ^a (607-1110)	554 ^b (548-638)	928 ^a (nd-948)	580 (nd-1.110)
Treonina	928 (921-1000)	2941 (1419-3818)	2066 (2044-2260)	590 (569-603)	1.210 (569-3.818)
Triptofano	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd
Valina	428 ^a (418-436)	759 ^a (576-952)	432 ^a (427-539)	409 ^a (387-418)	430 (387-952)
NH₃	46 ^b (39-56)	110 ^a (71-134)	49 ^b (48-60)	36 ^b (35-36)	48 (35-134)
Total aminoácido	18579 ^b (16350- 20682)	113288 ^b (24362-123396)	33716 ^b (33371-34147)	76174 ^a (69434-77822)	33.931 (16.350-123.396)

n=3. nd: não detectado ($\leq 0,04$).

Letras diferentes (a-d) nas mesmas linhas são significativamente diferentes (teste de Kruskal-Wallis, $p \leq 0,05$).

Com relação ao perfil de aminoácidos, o ácido aspártico foi encontrado apenas nas farinhas de vísceras de aves e na de penas de aves sendo característico destes tipos de farinha (EYNG et al., 2012). A cistina não foi detectada na farinha de vísceras de aves, mas estava presente nas demais. A fenilalanina foi encontrada apenas em farinha de vísceras suínas. A histidina só foi encontrada nas farinhas de vísceras, tanto de aves quanto suínas. A prolina não foi detectada nas farinhas de vísceras suínas. Por outro lado, todas as farinhas continham os aminoácidos alanina,

arginina, glicina, glutamina + ácido glutâmico, isoleucina, leucina, lisina, metionina, serina, tirosina, treonina e valina.

Tabela 15 - Teores medianos (mínimo e máximo) de aminoácidos livres e de amônia (mg/kg, base seca) em farinhas de origem animal – vísceras de aves, vísceras suínas, carne e ossos e penas de aves hidrolisadas obtidas em três dias consecutivos de produção

Aminoácido	Medianas (mínimo-máximo) em mg/kg / Tipo de farinha			
	Vísceras de aves	Penas hidrolisadas	Vísceras Suínas	Carne e ossos
Ácido aspártico	nd (nd-489) ^{ab}	1.138 (nd-3.662) ^a	nd ^b	nd ^b
Alanina	253 (52-409) ^{ab}	159 (nd-280) ^b	214 (nd-797) ^{ab}	1.503 (nd-3.423) ^a
Arginina	2.555 (412-5.065) ^a	1.666 (727-3.252) ^a	1.876 (731-748) ^a	2.763 (1.366-4.849) ^a
Asparagina	490 (315-647) ^{ab}	780 (472-85.051) ^a	398 (nd-14.969) ^{bc}	nd (nd-3.116) ^{bc}
Cistina	nd ^b	nd (nd-482) ^b	408 (283- 502) ^a	nd (nd-2.514) ^{ab}
Fenilalanina	nd ^b	nd ^b	nd ^b	nd (nd-2.67) ^a
Glicina	899 (562-2.510) ^a	2.915 (nd-10.598) ^a	1.180 (505-4.246) ^a	nd (nd-6.312) ^a
Glutamina + ácido Glutâmico	2.683 (1.400-3.870) ^{ab}	1.786 (136-4.528) ^a	1.178 (304-2.131) ^b	5.556 (nd-19.628) ^a
Histidina	nd (nd-495) ^{ab}	nd ^b	248 (149-3.267) ^a	nd ^b
Isoleucina	263 (209-532) ^b	522 (401-1.212) ^a	415 (365-639) ^a	521 (366-882) ^a
Leucina	128 (100-194) ^b	285 (231-592) ^a	194 (165-433) ^{ab}	188 (nd-267) ^b
Lisina	117 (97-223) ^{bc}	204 (185-463) ^a	156 (87-916) ^c	180 (nd-325) ^{ab}
Metionina	2.070 (537-2.800) ^{bc}	6.788 (2.664-15.321) ^a	269 (113-2.130) ^c	3.137 (193-11.770) ^{bc}
Prolina	297 (191-331) ^a	456 (150-2.157) ^a	nd ^b	382 (nd-588) ^a
Serina	1.648 (1.338-2.661) ^c	3.045 (2.002-7.772) ^{ab}	2.377 (732-4.147) ^{bc}	3.719 (2.090-5.878) ^a
Tirosina	188 (161-412) ^b	580 (nd-1.110) ^a	573 (286-6.900) ^a	579 (nd-1.574) ^a
Treonina	808 (358-1.531) ^{ab}	1.210 (569-3.818) ^a	1.121 (582-4.223) ^{ab}	454 (nd-2.501) ^b
Triptofano	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd ^a
Valina	265 (222-501) ^c	430 (387-952) ^{bc}	1.545 (398-3.726) ^{ab}	734 (617-8.139) ^a
NH ₃	28 (nd-41) ^{ab}	48 (35-134) ^a	3 (nd-95) ^b	125 (nd-410) ^a
Total aminoácidos	11.657 (9.114-18.928) ^b	33.931 (16.350-123.396) ^a	12.810 (5.219-39.402) ^b	29.092 (11.151-36.247) ^a

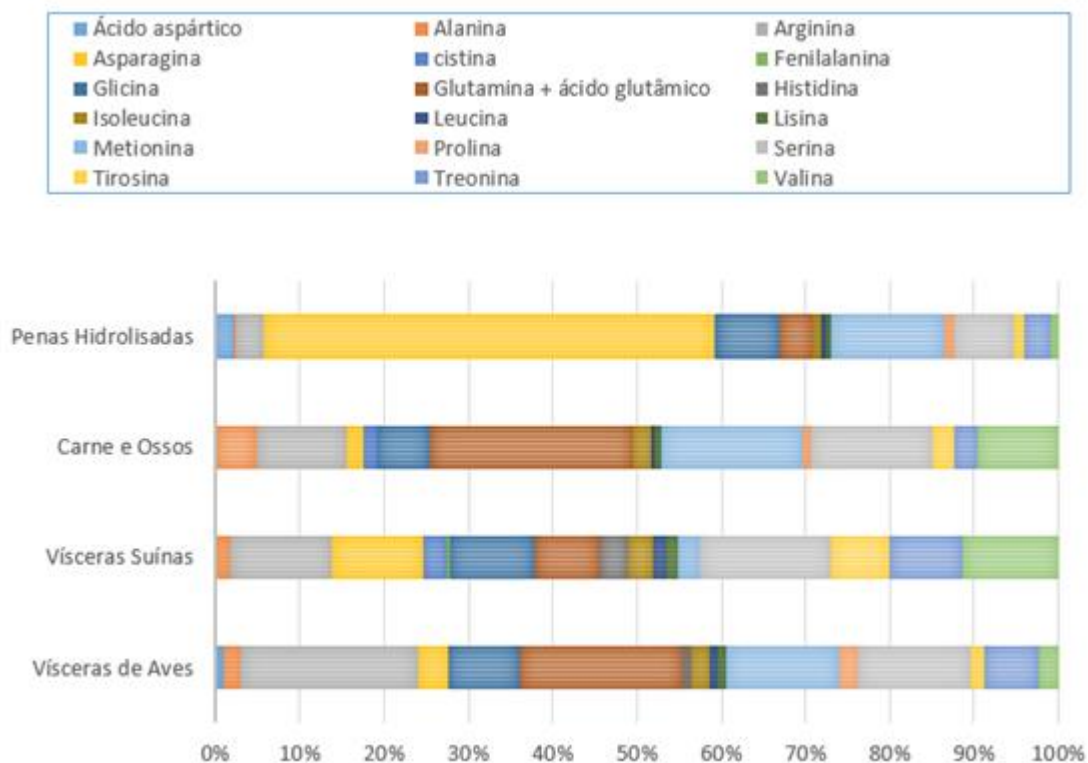
n=12. nd: não detectado ($\leq 0,04$).

Letras diferentes (a-d) nas mesmas colunas são significativamente diferentes (teste de Kruskal-Wallis, $p \leq 0,05$).

Com relação à contribuição de cada aminoácido ao teor total, para a farinha de vísceras de aves, o aminoácido em maior teor foi a arginina (21%), para a farinha de vísceras suínas o maior

teor foi o de serina (15,5%), para a farinha de carne e ossos a glutamina + ácido glutâmico (24%) e para a farinha de penas hidrolisadas o aminoácido predominante foi a asparagina (53,6%). Na figura 7 é possível observar a contribuição percentual de cada aminoácido livre em cada tipo de farinha de origem animal analisada.

Figura 7. Contribuição (%) de cada aminoácido ao teor total em cada tipo de farinha analisada



Com relação aos aminoácidos limitantes (metionina, lisina e treonina) para a formulação de rações para suínos e aves (MOURA, 2004; COSTA et al., 2015), a farinha de vísceras suínas foi a que apresentou um maior teor de lisina (1,37%) e a farinha de penas hidrolisadas, o menor teor (0,46%) dentre os quatro tipos de farinha analisados. Para a metionina, a farinha de carne e ossos apresentou cerca de (17%) deste aminoácido livre, as farinhas de penas hidrolisadas e as farinhas de vísceras de aves apresentaram em torno de 13% e as de vísceras suínas (2,63%). Para o aminoácido treonina, a farinha de vísceras suínas apresentou cerca de (9%), a farinha de vísceras de aves cerca de (7%) a as farinhas de penas hidrolisadas e as farinhas de carne ossos cerca de (3%) deste aminoácido livre.

5.6. Ocorrência de aminas bioativas em farinhas de origem animal

Dentre as dez aminas bioativas pesquisadas, oito foram encontradas nas amostras de farinhas de origem animal: espermidina, agmatina, putrescina, cadaverina, histamina, tiramina, feniletilamina e triptamina (Tabelas 16 a 20). Serotonina e espermina não foram detectadas em nenhuma das amostras. Como os resultados de aminas não seguiram distribuição normal, os

dados foram apresentados como mediana e faixa dos teores (mínimo e máximo), e as medianas foram comparadas pelo teste de Kruskal Wallis ($p \leq 0,05$).

As farinhas de vísceras de aves (Tabela 16) apresentaram oito aminas. As amostras de todas as fábricas apresentaram os mesmos tipos de aminas, exceto agmatina e feniletilamina que não foram detectadas nas amostras da fábrica E. Não houve diferença estatística entre as fábricas ($p > 0,05$) para as aminas espermidina, putrescina, cadaverina, histamina, tiramina e feniletilamina. Por outro lado, os teores de agmatina e de triptamina variaram em função da fábrica. Maiores teores da agmatina (11 mg/kg) foram encontrados na fábrica D, seguido da fábrica C (2 mg/kg) e da fábrica F (1 mg/kg) nas amostras da fábrica E não foi detectada esta amina. No caso da triptamina, maiores teores foram encontrados nas amostras da fábrica D (60,84 mg/kg), seguido da fábrica E (40 mg/kg), fábrica F (22 mg/kg) e fábrica C (20 mg/kg). Com relação aos teores totais por fábrica não ocorreu diferença significativa no teste de Kruskal Wallis ($p \leq 0,05$).

Tabela 16. Medianas (mínimo-máximo) de aminas bioativas livres (mg/kg) em farinhas de vísceras de aves em função das fábricas produtoras

Aminas bioativas	Medianas de aminas (mg/kg) e faixa				
	C	D	E	F	Geral
Espermidina	15 ^a (14-16)	46 ^a (36-55)	25 ^a (19-30)	33 ^a (11-54)	17 (nd-54)
Agmatina	2 ^b (2-3)	11 ^a (5-13)	nd ^b	1 ^b (1-2)	1 (nd-13)
Putrescina	2 ^a (2-5)	34 ^a (32-182)	26 ^a (11-22)	14 ^a (8-73)	15 (2-182)
Cadaverina	4 ^a (3-5)	85 ^a (60-224)	14 ^a (10-26)	21 ^a (8-118)	18 (3-224)
Histamina	nd ^a	11 ^a (9-23)	10 ^a (6-15)	5 ^a (3-6)	5 (nd-23)
Tiramina	6 ^a (6-8)	41 ^a (33-122)	9 ^a (6-14)	8 ^a (8-103)	8 (6-122)
Feniletilamina	2 ^a (2-3)	3 ^a (3-8)	nd ^a	2 ^a (2-2)	2 (nd-8)
Triptamina	20 ^c (18-21)	61 ^a (61-65)	40 ^b (38-42)	22 ^c (19-24)	23 (nd-65)
Total	50 ^a (15-54)	306 ^a (249-669)	102 ^a (64-113)	113 ^a (78-294)	108 (15-669)

n = 3. nd: não detectado (LQ=0,04 mg/kg).

Letras diferentes (a-d) nas mesmas linhas são significativamente diferentes (teste de Kruskal Wallis, $p \leq 0,05$).

BRINKER et al. (2003), ao analisarem 387 amostras de farinhas de vísceras de aves coletadas entre 1994 e 1997, quanto aos teores de putrescina, cadaverina e histamina, encontraram putrescina em 82 (21,18%) das amostras com teores variando de 7 a 1.340 mg/kg; cadaverina em 121 (31,26%) das amostras com teores entre não detectado (LQ = 5mg/kg) a 1.350 mg/kg e histamina em 19 (4,9%) das amostras com teores variando de não detectado a 167 mg/kg. Os teores de putrescina (1,55 -182,43), cadaverina (3,27-223,75) e histamina (nd-23,09) em mg/kg

encontrados neste estudo foram menores do que as amostras analisadas por BRINKER et al. (2003).

As farinhas de vísceras suínas (tabela 17) apresentaram cinco aminas. As amostras de todas as farinhas apresentaram os mesmos tipos de aminas, exceto agmatina, que foi detectada apenas na fábrica A. Não houve diferença estatística ($p > 0,05$) entre as fábricas para os teores de aminas. A farinha de vísceras suína apresentou predominância das seguintes aminas bioativas: tiramina (39%), cadaverina (28%), espermidina (14%), putrescina (16%), histamina (HIM) (3%) e agmatina (AGM) (0,4%). Não foram detectadas as demais aminas bioativas nas amostras deste tipo de farinha. O maior teor de aminas bioativas foi encontrado na fábrica A (74 mg/kg), seguido da fábrica C (67 mg/kg), fábrica B (62 mg/kg) e fábrica D (32 mg/kg).

Tabela 17. Medianas (mínimo-máximo) de aminas bioativas livres (mg/kg) em farinhas de vísceras suínas em função das fábricas produtoras (em base seca)

Aminas bioativas	Medianas de aminas (mg/kg) e faixa				
	A	B	C	D	Geral
Espermidina	nd ^a (nd-2,72)	12 ^a (2,27-16)	21 ^a (nd-26)	5 ^a (nd-7)	4 (nd-24)
Agmatina	nd ^a (nd-3)	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd (nd-3)
Putrescina	16 ^a (1-19)	11 ^a (2-17)	7 ^a (1-10)	8 ^a (4-10)	9 (1-19)
Cadaverina	36 ^a (6-43)	16 ^a (3-28)	12 ^a (7-13)	8 ^a (5-9)	10 (3-43)
Histamina	nd ^a	4 ^a (nd-6)	2 ^a (nd-3)	nd ^a (nd-2)	nd (nd-6)
Tiramina	22 ^a (5-40)	19 ^a (2-23)	30 ^a (24-42)	15 ^a (15-17)	21 (2-42)
Feniletilamina	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd
Triptamina	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd
Total	74 ^a (17-102)	62 ^a (9-90)	67 ^a (38-93)	32 ^a (29-44)	53 (9-102)

n = 3. nd: não detectado (LQ=0,04 mg/kg).

Letras diferentes (a-d) nas mesmas linhas são significativamente diferentes (teste de Kruskal Wallis, $p \leq 0,05$).

A farinha de carne e ossos (Tabela 18) apresentou quatro tipos de aminas sendo elas cadaverina (CAD) (36,93%), putrescina (PUT) (30,32%), tiramina (TIM) (28,74%) e espermidina (EPD) (4%), as únicas aminas detectadas em ordem decrescente de quantidade presente neste tipo de farinha. A espermidina foi encontrada apenas nas fábricas I e L, a putrescina e cadaverina foram identificadas nas fábricas I, J e K; a tiramina foi encontrada nas quatro fábricas. O maior teor mediano total encontrado na fábrica K (80 mg/kg), seguido da fábrica J (33 mg/kg), fábrica I (22 mg/kg) e fábrica L (16 mg/kg). Não houve diferença significativa, Kruskal Wallis ($p \leq 0,05$), quando comparados os teores totais de aminas por fábricas.

BRINKER et al. (2003), ao analisarem 835 amostras de farinhas de carne bovina coletadas entre 1994 e 1997 na Austrália, encontraram putrescina em 21 (2,51%) das amostras com teores

variando de não detectado (LQ = 5mg/kg) a 695 mg/kg; cadaverina em 29 (3,47%) das amostras com teores entre não detectado a 680 mg/kg e histamina em 10 (1,19%) das amostras com teores variando de não detectado a 258 mg/kg. Os teores de putrescina variaram de nd a 72,15 mg/kg e de cadaverina de nd a 55,92 mg/kg. Não foi detectada histamina em nenhuma das amostras deste tipo de farinha neste estudo, diferente dos resultados encontrados nas amostras analisadas por estes autores.

Tabela 18. Medianas (mínimo-máximo) de aminas bioativas livres (mg/kg) em farinhas de carne e ossos em função das fábricas produtoras (em base seca)

Aminas bioativas	Medianas de aminas (mg/kg) e faixa				
	I	J	K	L	Mediana
Espermidina	4 ^a (nd-4)	nd ^a	nd ^a	4 ^a (3-5)	nd (nd- 5)
Agmatina	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd
Putrescina	2 ^a (2-4)	8 ^a (nd-72)	22 ^a (6-27)	nd ^a	3 (nd -72)
Cadaverina	2 ^a (1-4)	14 ^a (nd-56)	39 ^a (11-46)	nd ^a	3 (nd -56)
Histamina	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd
Tiramina	13 ^a (4-16)	6 ^a (nd-11)	18 ^a (8-25)	11 ^a (10-13)	11 (nd -25)
Feniletilamina	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd
Triptamina	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd
Total	22 ^a (11-23)	33 ^a (nd -134)	80 ^a (24 - 98)	16 ^a (14-17)	23 (nd - 134)

n =3. nd: não detectado (LQ=0,04 mg/kg).

Letras diferentes (a-d) nas mesmas linhas são significativamente diferentes (teste de Kruskal Wallis, p≤0,05).

Com relação às aminas bioativas presentes nas farinhas de penas hidrolisadas (Tabela 19), observou-se que as aminas com maior predominância neste tipo de farinha foram putrescina (42,07%), histamina (2,44%), cadaverina (24,90%), espermidina (14,86%), tiramina (9,40%), agmatina (5,41%), feniletilamina (0,90%). O maior teor mediano total de aminas bioativas foi encontrado na fábrica H (48 mg/kg), seguido da fábrica G (19 mg/kg), fábrica C (16 mg/kg) e fábrica D (4 mg/kg).

BRINKER et al. (2003), ao analisarem 120 amostras de farinhas de penas de aves coletadas entre 1994 e 1997, encontraram putrescina em 31 (25,83%) amostras com teores variando de 5 a 267 mg/kg; cadaverina em 42 (35%) amostras com teores entre não detectado (LQ = 5mg/kg) a 159 mg/kg e histamina em 5 delas com teores variando de não detectado a 90 mg/kg. Os teores de putrescina (nd-27,74 mg/kg), cadaverina (nd-11,02 mg/kg) e histamina (nd-6,54 mg/kg) em

mg/kg nas amostras deste tipo de farinha, diferem dos resultados encontrados nas amostras analisadas por estes autores.

Ao comparar o perfil e os teores de aminos nos diferentes tipos de farinha (Tabela 20), observa-se que a farinha de carne bovina foi a que apresentou a menor diversidade de aminos - apenas quatro, dentre elas, espermidina, putrescina, cadaverina e tiramina. A farinha que apresentou maior diversidade de aminos foi a de vísceras suínas com espermidina, agmatina, putrescina, cadaverina, histamina, tiramina, feniletilamina e triptamina. As farinhas de penas de aves hidrolisadas tinham sete aminos e a de vísceras suínas, tinha seis.

Tabela 19. Medianas (mínimo-máximo) de aminos bioativos livres (mg/kg) em farinhas de penas hidrolisadas de aves em função das fábricas produtoras (em base seca)

Aminos bioativos	Mediana (mínimo –máximo) / Tipo de farinha				
	C	D	G	H	Mediana
Espermidina	4 ^a (nd-4)	nd ^a (nd-5)	7 ^a (nd-10)	5 ^a (nd-5)	4 (nd – 10)
Agmatina	2 ^a (nd-3)	nd ^a (nd-3)	nd ^a (nd-2)	3 ^a (nd-3)	1 (nd – 3)
Putrescina	2 ^b (1-3)	2 ^b (nd-27)	3 ^b (2-3)	27 ^a (14-28)	3 (nd – 28)
Cadaverina	3 ^b (3-4)	2 ^b (nd-11)	4 ^b (4-5)	11 ^a (10-11)	4 (nd – 11)
Histamina	nd ^a (nd-7)	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd (nd -7)
Tiramina	3 ^a (nd-3)	nd ^a (nd-2)	4 ^a (2-5)	2 ^a (1-2)	2 (nd – 5)
Feniletilamina	nd ^a (nd-2)	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd (nd - 2)
Triptamina	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd ^a	nd
Total	16 ^a (9 – 17)	4 ^a (nd – 48)	19 ^a (9-23)	48 ^a (25- 50)	18 (nd-49)

n =3. nd: não detectado (LQ=0,04 mg/kg).

Letras diferentes (a-d) nas mesmas linhas são significativamente diferentes (teste de Kruskal Wallis, p<0,05).

A farinha de vísceras de aves foi a que apresentou maior teor total de aminos (108 mg/kg) seguida da farinha de vísceras suínas (53 mg/kg), farinha de carne bovina (23 mg/kg) e de penas hidrolisadas (18 mg/kg). A farinha de vísceras de aves apresentou os maiores teores de espermidina (31 mg/kg), cadaverina (48 mg/kg) e tiramina (30 mg/kg).

A contribuição de cada amina ao teor total de aminos bioativos de cada tipo de farinha de origem animal analisada pode ser observada na figura 8. Observa-se que a contribuição de aminos ao teor total variou em função do tipo de farinha. Na farinha de vísceras de aves, cadaverina foi a amina predominante (28%), seguido da putrescina (19%), da tiramina e da triptamina (17% cada). A farinha de vísceras suínas teve predominância de tiramina, contribuindo com 39% ao teor total, seguido da cadaverina (28%), espermidina (14%) e histamina (3%). No caso da farinha de carne bovina e de ossos, cadaverina foi a amina predominante (37%), seguida da tiramina e

putrescina (30%). No caso da farinha de penas de aves, a maior contribuição ao teor total foi de putrescina (42%) seguida da cadaverina (25%), espermidina (15%).

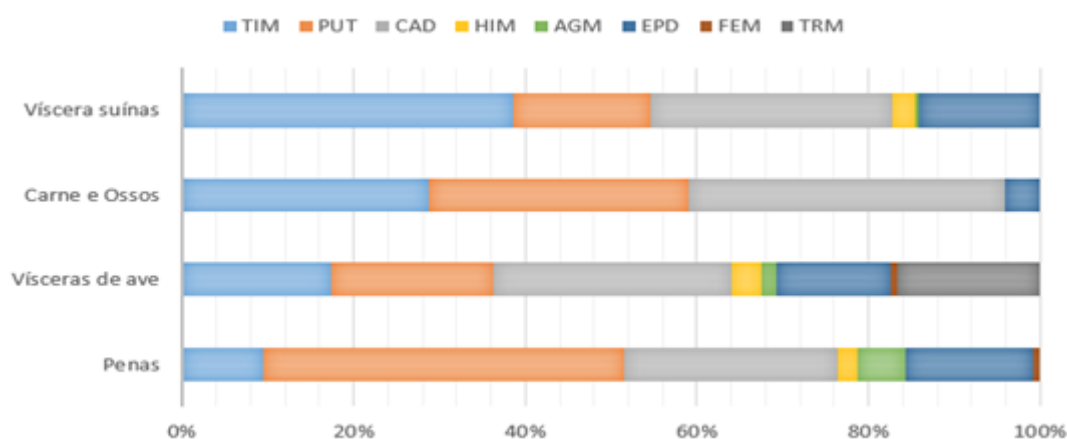
Tabela 20. Mediana (mínimo-máximo) das aminas bioativas livres em mg/kg nos quatro tipos de farinha analisadas

Aminas bioativas	Mediana (mínimo –máximo) / Tipo de farinha			
	Vísceras de aves	Vísceras suínas	Carne e ossos	Penas hidrolisadas de aves
Espermidina	31 ^a (nd – 54)	4 ^b (nd –26)	nd ^b (nd – 5)	4 ^b (nd – 10)
Agmatina	5 ^a (nd – 13)	nd ^a (nd –3)	nd ^a	1 ^a (nd – 3)
Putrescina	33 ^a (2– 182)	9 ^a (1–19)	3 ^a (nd – 72)	3 ^a (nd – 28)
Cadaverina	48 ^a (3– 224)	10 ^b (3–43)	3 ^b (nd –56)	4 ^b (nd – 11)
Histamina	11 ^a (nd – 23)	nd ^a (nd –6)	nd ^a	nd ^a (nd – 7)
Tiramina	30 ^a (6 – 122)	21 ^{ab} (2–42)	11 ^{ab} (nd – 25)	2 ^b (nd – 5)
Feniletilamina	3 ^a (nd – 8)	nd ^a	nd ^a	nd ^a (nd – 2)
Triptamina	39 ^a (nd – 65)	nd ^a	nd ^a	nd ^a
Total	108 ^a (15-669)	53 ^a (9-102)	23 ^b (nd – 134)	18 ^b (nd-49)

n =12. nd: não detectado ($\leq 0,04$).

Letras diferentes (a-d) nas mesmas linhas são significativamente diferentes (teste de Kruskal Wallis, $p \leq 0,05$).

Figura 8. Contribuição (%) de cada amina ao teor total de aminas bioativas de cada tipo de farinha analisada.



TIM: Tiramina; PUT: Putrescina; CAD: Cadaverina; HIM: Histamina; AGM: Agmatina; EPD: Espermidina; FEM: Feniletilamina; TRM: Triptamina.

A correlação de Spearman existente entre o teor de aminos bioativas livres, proteína bruta e aminoácidos livres em cada tipo de farinha analisada está descrito na tabela 21 a seguir. Observa-se que a maior correlação entre teor de aminos bioativas e proteína bruta ocorre para a farinha penas e farinha de vísceras de aves o que era esperado pelos maiores teores de proteína bruta ter sido encontrada nestas farinhas. A correlação entre o teor de aminoácidos livres e proteína bruta foi maior para a farinha de vísceras suínas apesar da maior concentração de aminoácidos livres e de proteína bruta ter sido encontrada na farinha de penas hidrolisadas. E para a correlação entre aminoácidos livres e aminos bioativas livres os quatro tipos de farinhas tiveram correlação negativa o que era esperado pelo fato de que as aminos bioativas podem ser resultado da descarboxilação destes aminoácidos livres.

Tabela 21. Correlação de Spearman entre teor de aminos bioativas e proteína bruta, aminoácidos e proteína bruta, teor de aminoácidos e aminos bioativas, nos quatro tipos de farinha analisados.

Parâmetros	Coeficiente de correlação (p valor) / Tipo de farinha							
	Vísceras Suínas		Vísceras de Aves		Penas Hidrolisadas		Carne e Ossos	
AB x PB	-0,112	(p=0,729)	0,608	(p=0,036)	0,609	(p=0,035)	-0,378	(p=0,226)
AA x PB	0,427	(p=0,167)	0,028	(p=0,931)	0,00	(p=1,00)	0,129	(p=0,713)
AA x AB	-0,077	(p=0,812)	-0,538	(p=0,071)	-0,042	(p=0,897)	-0,182	(p=0,572)

n=12 para cada tipo de farinha. AA: aminoácidos livres; AB: aminos bioativas livres; PB: proteína bruta

5.7. Análise multivariada

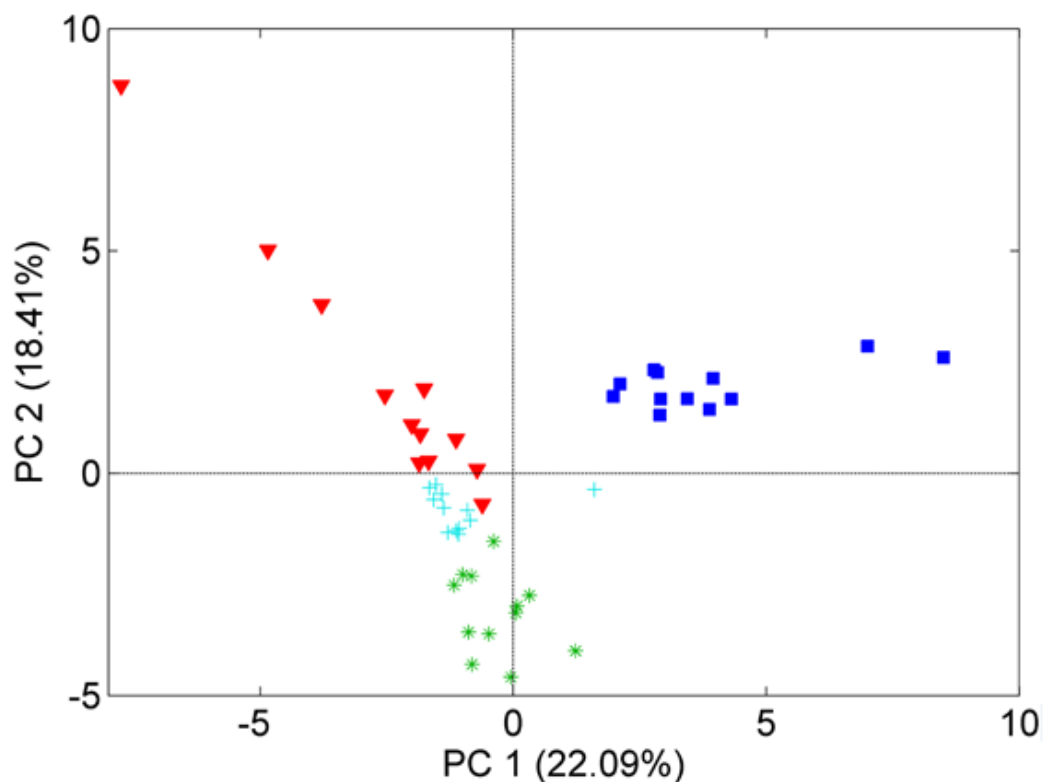
Nas figuras 9, 10 e 11, observa-se as análises de componentes principais (PCA) com os gráficos de score e loading e o dendograma das amostras análise hierárquica (HCA) das farinhas de origem animal estudadas e as correlações entre elas. Observa-se que os componentes principais 1 e 2 explicam 40,50% das variações e separou os quatro tipos de farinhas analisadas. O PC1 explica 22,09% das variações entre as amostras analisadas. Sendo este componente principal relacionado positivamente (figura 11) com umidade, proteína bruta, teor de mercúrio, atividade de água, as aminos putrescina e agmatina, os aminoácidos ácido aspártico, serina, asparagina, treonina, prolina cistina, tirosina, metionina, lisina, isoleucina e leucina e também com o teor de NH₃ livre. Já o PC2, o qual explica 18,41% das variações está correlacionado positivamente com umidade, teor de cinzas, minerais, atividade de água, os aminoácidos ácido aspártico, serina, glutamina mais ácido glutâmico, arginina, prolina, metionina e isoleucina além do teor de NH₃ livre.

Com relação à separação dos tipos de farinhas (figura 9), pode se observar que as farinhas de vísceras de aves (▼) e farinhas de vísceras suínas (+) ficaram do lado esquerdo do gráfico, sendo que as de aves no eixo superior e as suínas no inferior. A farinha de vísceras de aves caracterizou-se por teores elevados das aminos – tiramina, cadaverina, espermidina, triptamina,

feniletilamina e agmatina, e também de gorduras; por outro lado, as vísceras suínas, caracterizaram-se por elevados teores de cinzas e cálcio.

Por outro lado, a farinha de penas hidrolisadas (■), foram caracterizadas por teores elevados de proteína e de vários aminoácidos, dentre eles, asparagina, ácido aspártico, glicina, isoleucina, leucina, lisina, metionina e treonina, situando-se do lado direito superior do gráfico (figura 9). A farinha de carne e ossos (*), apresentou teores elevados de amônia, e dos aminoácidos tirosina, glutamina e ácido glutâmico, alanina e valina, situando-se no proxima das farinhas de vísceras suínas no gráfico (figura 10).

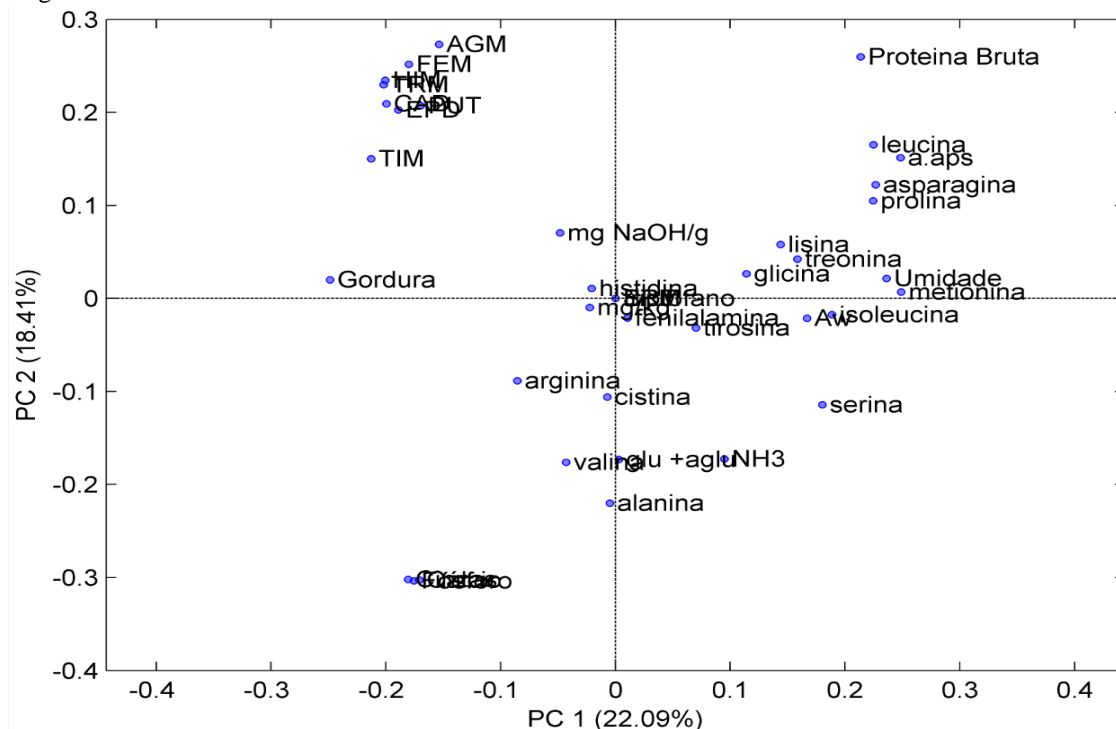
Figura 9. Gráfico de escores pela análise de componentes principais para os resultados obtidos nas análises físico-químicas, mercúrio, aminoácidos e aminas bioativas livres dos quatro tipos de farinha de origem animal



■ Farinha de penas hidrolisadas, * Farinha de carne bovina; + Farinha de vísceras suínas; ▼ Farinha de vísceras de aves.

Analisando o dendograma das amostras (HCA) (figura 10), pode-se observar a formação de quatro grupos nos quais as farinhas de vísceras suínas (fábricas A, B, C e D), farinhas de vísceras de aves (fábricas D, E, e F), farinha de Carne e ossos (fábricas I e J) integram um grupo, as farinhas de penas (fábricas C, D, G e H) formam um segundo grupo, as farinhas de carne bovina e ossos (fábricas K e L) formam um terceiro grupo e apenas a farinha de víscera de aves da fábrica A formam um quarto grupo separado dos demais.

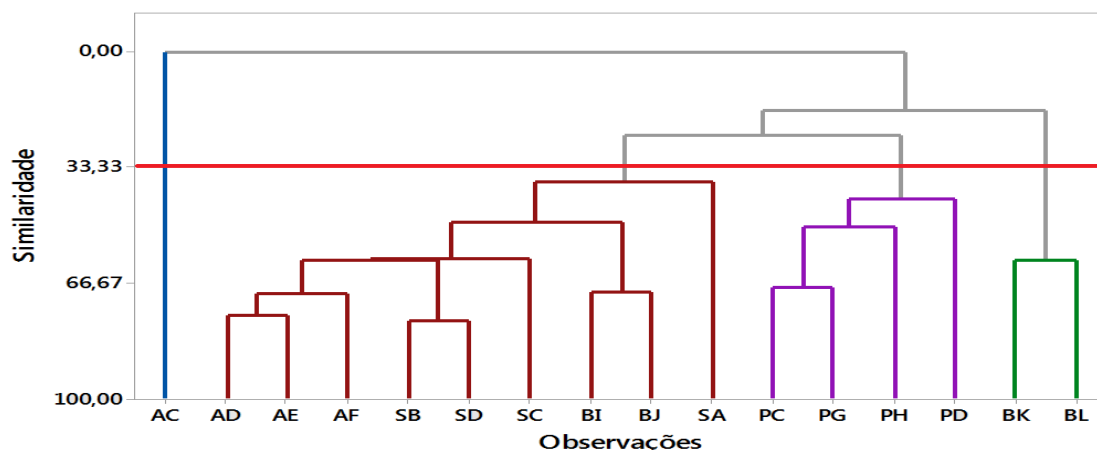
Figura 10. Gráfico de loading pela análise de componentes principais para os resultados obtidos nas análises físico-químicas, mercúrio, aminoácidos e amins bioativas livres dos quatro tipos de farinha de origem animal.



TIM: Tiramina; PUT: Putrescina; CAD: Cadaverina; HIM: Histamina; AGM: Agmatina; EPD: Espermidina; FEM: Feniletilamina; TRM: Triptamina; Aw: Atividade de água; Hg: Mercúrio. A.aps: ácido aspártico Glu+Aglu: glutamina + ácido glutâmico, NH3: amônia.

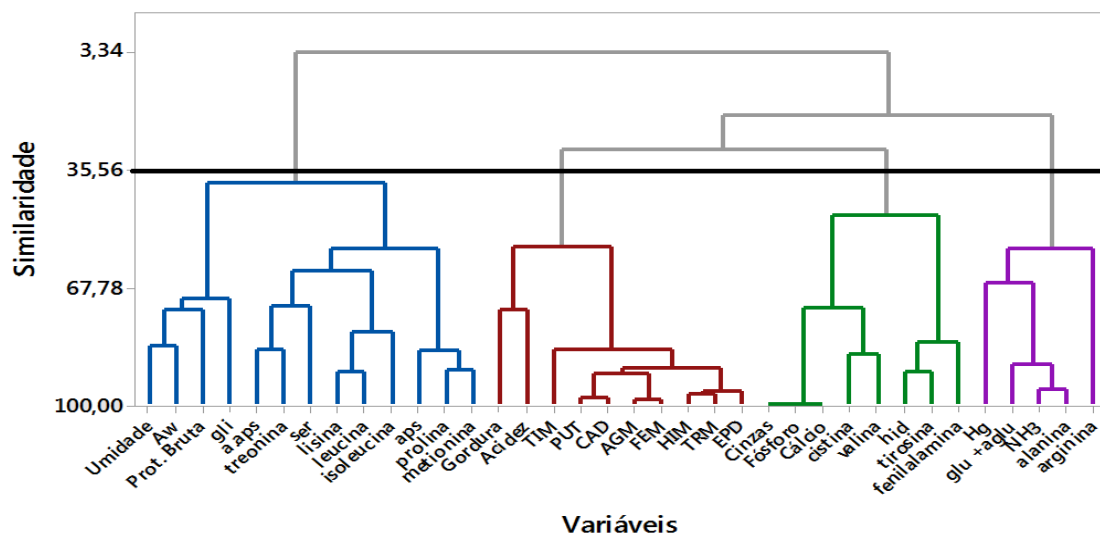
Ao analisar a similaridade (figura 12) entre as variáveis dos grupos formados percebe-se que o grupo 1, formado pelas farinhas de vísceras de ave (fábrica C), teve as seguintes características contribuindo para a sua formação: umidade, proteína bruta, atividade de água, os aminoácidos ácido aspártico, serina, glicina, treonina, prolina, metionina, lisina, isoleucina e leucina. O grupo 2, formado pelas farinhas de vísceras de aves (fábricas E, D e F), farinhas de vísceras suínas (fábricas A, B, C e D) e farinhas de carne e ossos (fábricas I e J) teve as seguintes características contribuindo para a sua formação: gordura, acidez, as amins tiramina, putrescina, cadaverina, histamina, espermidina, feniletilamina e triptamina. O grupo 3, formado pelas farinhas de penas hidrolisadas (fábricas C, D, G e H) teve as seguintes características contribuindo para a sua formação teor de cinzas, cálcio, fósforo, e os aminoácidos histidina, cistina, tirosina, valina e fenilalanina. O grupo 4 formado pelas farinhas de carne e ossos (fábricas K e L) teve as seguintes características contribuindo para a sua formação o teor de mercúrio, amônia, e os aminoácidos glutamina + ácido glutâmico, arginina e alanina.

Figura 11. Dendograma da análise do grupamento hierárquico pela análise de componentes principais para as médias dos resultados obtidos nas análises físico-químicas, mercúrio, aminoácidos e amins bioativas livres dos quatro tipos de farinha de origem animal



P: Farinha de penas hidrolisadas (fábricas C; G; H; D); B: Farinha de carne e ossos (fábricas I, J, K, L); S: Farinha de vísceras suínas (fábricas A, B, C, D); A: Farinha de vísceras de aves (fábricas D, E, C, F)

Figura 12. Dendograma da análise do grupamento hierárquico de similaridade dos grupos formados pelas variáveis, pela análise de componentes principais para as médias dos resultados obtidos nas análises físico-químicas, mercúrio, aminoácidos e amins bioativas livres dos quatro tipos de farinha de origem animal



TIM: Tiramina; PUT: Putrescina; CAD: Cadaverina; HIM: Histamina; AGM: Agmatina; EPD: Espermidina; FEM: Feniletilamina; TRM: Triptamina; Aw: Atividade de água; Hg: Mercúrio. AAs: ácido aspártico; Ser: serina; Aps: asparagina; Gli: glicina; Glu+Aaglu: glutamina + ácido glutâmico; Hid: histidina; NH3: amônia; Hg: mercúrio; a.aps: ácido aspártico; Ser: serina; Aps: asparagina; Gli: glicina

5.8. Análise das farinhas por infravermelho

Foi realizada também a análise das farinhas por espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) na tentativa de segregar os diferentes tipos de farinhas. Na figura 13, pode-se observar o gráfico de score do PCA com os resultados obtidos nesta análise.

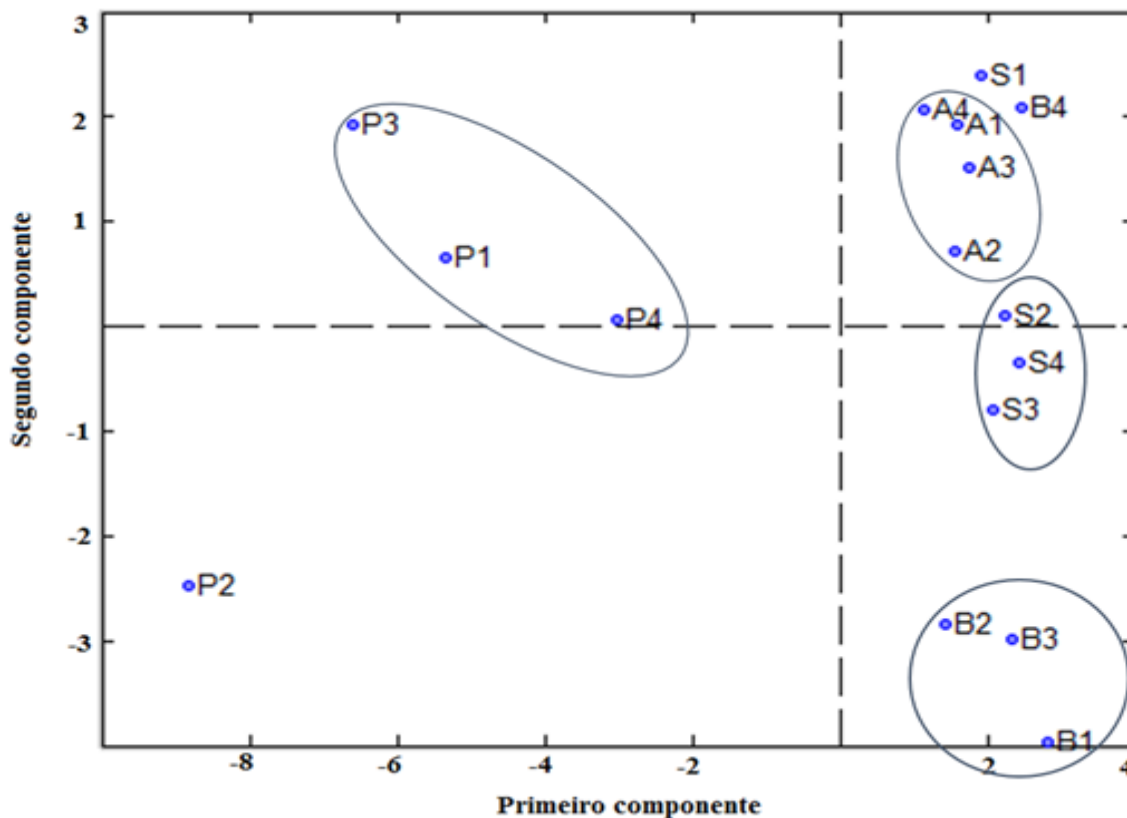
O PC1 explicou 66,90% do modelo e separou as amostras à direita (lado positivo) e à esquerda (lado negativo) do gráfico. Logo observamos a separação das amostras de farinha de penas (à esquerda) das demais farinhas (à direita). O PC2 explica 20,69% do modelo e separa as amostras acima (lado positivo) e abaixo (lado negativo) no gráfico. Observa-se uma separação das amostras de farinha de carne bovina das fábricas I, J, K formando um grupo, as farinhas de penas de aves das fábricas C, H, D formam outro grupo; as amostras de farinha de vísceras suínas das fábricas B, C, D se diferenciam em um terceiro grupo e as amostras das farinhas de vísceras de aves das fábricas D, E, C, F formam um quarto grupo.

Como a PC1 explica 66,9% do modelo e esta separa as farinhas de pena das demais, destaca-se que as farinhas de pena são muito diferentes das outras. PC2 (20,69%) separa as farinhas de carne bovina das fábricas I, J e K (B1, B2 e B3) das demais, salvo pela de farinha de penas da fábrica G (P2), que tem alguma semelhança a elas, mas não se pode afirmar que a farinha de penas da fábrica G (P2) é de carne bovina, mas pode-se afirmar que ela é de penas pela separação de PC1.

As amostras de farinhas de aves e suínos, foram mais parecidas. A faixa de comprimento de onda em que os resultados de loading para as análises de PCA dos resultados do FTIR foi de 900 a 3608/cm. As faixas de comprimento de onda em que o PC1 foi positivo na separação das farinhas por FTIR foram 1689/cm (1680-1630/cm) relacionado com amidas de cadeia aberta saturada; 1730/cm (1740-1720/cm) relacionado com aldeídos; 1006,8/cm (1300-1000/cm) relacionado com aminas; 2912,5/cm (3400-2500/cm) relacionado com ácido carboxílico (SILVERSTEIN et al., 1979; BARBOSA, 2008). As farinhas relacionadas a estes comprimentos de onda foram as de vísceras de aves, de vísceras suínas e de carne bovina. Os comprimentos de onda representativos do lado negativo do PC1 foram 1616,2/cm (1680-1600/cm) relacionados com alquenos aromáticos; 1759,1/cm (1810-1760/cm) relacionado com anidridos; 1045/cm (1300-1000/cm) relacionados com aminas e 2937,6/cm (3000-2850/cm) com alcanos e ligações CH₃, CH₂ e CH (SILVERSTEIN et al., 1979; BARBOSA, 2008). As farinhas que se encontram do lado negativo de PC1 são as farinhas de penas de aves.

As faixas de comprimento de onda em que o PC2 foi positivo na separação das farinhas por FTIR foram 2353,2/cm, os comprimentos de onda próximos a 2350/cm são considerados interferência da absorção de CO₂ atmosférico pelo detector do aparelho de FTIR; 2924,1/cm (3000-2850/cm) relacionado com alcanos e ao grupamento CH₂; 1739,8/cm (1740-1720/cm) relacionado com aldeídos (SILVERSTEIN et al., 1979; BARBOSA, 2008). As farinhas relacionadas ao PC2 do lado positivo foram as de penas das fábricas C, H e D, as farinhas de vísceras de aves todas as quatro fábricas, farinha de carne e ossos fábrica L e farinha de vísceras suínas das fábricas A e B.

Figura 13. Gráfico de score pela análise de componentes principais para as médias dos resultados obtidos nas análises de FTIR para os quatro tipos de farinhas de origem animal.



P: Farinha de penas (1, 2, 3, 4 = fábricas C; G; H; D); B: Farinha de carne e ossos (1, 2, 3, 4 = fábricas I, J, K, L); S: Farinha de vísceras suínas (1, 2, 3, 4 = fábricas A, B, C, D); A: Farinha de vísceras de aves (1, 2, 3, 4 = fábricas D, E, C, F).

Os comprimentos de onda do lado negativo do PC2 foram 1761/cm (1810-1760/cm) relacionados com anidridos; 2353,2/cm, os comprimentos de onda próximo a 2350/cm são considerados interferência da absorção de CO₂ atmosférico pelo detector do aparelho de FTIR; 1165/cm (1300-1000/cm) relacionado com aminas; 3608,8/cm (3650-3600/cm) relacionados com álcoois e fenóis (SILVERSTEIN et al., 1979; BARBOSA, 2008). As farinhas que se encontram do lado negativo de PC2 são as farinhas de penas de aves da fábrica G, farinhas de vísceras suínas da fábrica C e D, farinhas de carne e ossos das fábricas J, K e L.

5.9. Potenciais parâmetros como índice de autenticidade e qualidade das farinhas

Com os resultados obtidos neste trabalho foi possível criar uma tabela (tabela 22) com dados de proteína bruta, presença/ausência e predomínio de aminoácidos e/ou aminas bioativas livres para ser um índice de autenticidade e qualidade para os tipos de farinha de origem animal.

Baseado nestes parâmetros de identidade as farinhas de vísceras de aves devem apresentar um teor mínimo de proteína bruta de 59%, com predomínio do aminoácido arginina (21%), presença da amina bioativa triptamina e ausência do aminoácido cistina. As farinhas de vísceras suínas devem apresentar no mínimo 55% de proteína bruta, um predomínio do aminoácido serina

(15%) e da amina bioativa tiramina (39%), presença de histidina e espermidina, ausência de prolina e agmatina. As farinhas de carne e ossos devem apresentar um teor mínimo de 47% de proteína bruta, predomínio de glutamina + ácido glutâmico (24%), presença de fenilalanina e ausência de histamina. As farinhas de penas hidrolisadas devem apresentar um teor mínimo de 89% de proteína bruta, predomínio de asparagina (53%), presença de espermidina e ausência de alanina e histidina.

Estes parâmetros podem ser úteis no estabelecimento de índices de autenticidade e qualidade.

Tabela 22. Parâmetros capazes de diferenciar a identidade e ou qualidade das farinhas de origem animal

Tipo de Farinha	P.B.	Predomínio	Presença	Ausência
Vísceras de Aves	59%	Arginina 21%	Triptamina	Cistina
Vísceras Suínas	55%	Serina 15% Tiramina 39%	Histidina Espermidina	Prolina Agmatina
Carne e ossos	47%	Glutamina + Ác. Glutâmico 24%	Fenilalanina	Histamina
Penas Hidrolisadas	89%	Asparagina 53%	Espermidina	Alanina Histidina

PB: Proteína Bruta.

6. CONCLUSÕES

Os resultados das amostras dos quatro tipos de farinhas analisadas foram satisfatórios, quando comparados com a literatura consultada, quanto a concentração de mercúrio e parâmetros físico-químicos.

Dentre os aminoácidos livres investigados, foram encontrados 17 aminoácidos nas farinhas de vísceras de aves, penas hidrolisadas e vísceras suínas, nas farinhas de carne e ossos foram encontrados 16 aminoácidos livres. As farinhas de penas hidrolisadas foi o tipo que apresentou o maior teor mediano (~34 g/kg) de aminoácidos totais e a farinha de vísceras de aves o menor (~12 g/kg). Dentre as aminas bioativas livres investigadas foram encontradas 8 aminas bioativas nas farinhas de vísceras de aves e farinhas de penas hidrolisadas, 6 nas farinhas de vísceras suínas e 4 nas farinhas de carne e ossos. Com relação ao teor total mediano de aminas bioativas livres as farinhas de vísceras de aves apresentaram o maior teor (108 mg/kg) e as farinhas de penas hidrolisadas o menor (18 mg/kg). Para a diferenciação dos tipos de farinhas foram utilizados os teores médios de proteína bruta encontrados, presença e ausência de aminas bioativas e aminoácidos livres e predomínio de aminoácidos e/ou aminas bioativas. As farinhas vísceras de aves apresentaram predomínio de (21%) arginina, as de vísceras de suínas (15%) de serina e (39%) de tiramina, as farinhas de carne e ossos 24% de glutamina+ ácido glutâmico e as farinhas de penas (53%) de asparagina.

As farinhas de vísceras suínas, farinha de carne e ossos, farinha de vísceras de aves e a farinha de penas são significativamente diferentes quanto à presença destes compostos. A farinha de vísceras de aves foi a que apresentou maior variação dos tipos de amins bioativas pesquisadas e a farinha e carne bovina a menor variação.

As análises multivariadas indicaram ser possível uma diferenciação de alguns tipos de farinha principalmente a farinha de penas hidrolisadas, baseados nos resultados físico-químicos e composição centesimal das amostras analisadas.

Com os dados obtidos nas análises foi possível estabelecer parâmetros que são distintos entre as farinhas. Estes poderão ser utilizados no futuro para estabelecer um índice de autenticidade e qualidades das farinhas de origem animal.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRA – Associação Brasileira de Reciclagem Animal, 2016 - II DIAGNÓSTICO DA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE RECICLAGEM ANIMAL. Disponível em http://abra.ind.br/views/download/II_diagnostico_da_industria_brasileira_de_reciclagem_animal.pdf. Acessado em abril de 2018.

ALVAREZ, M.A.; MORENO-ARRIBAS, M.V. The problem of biogenic amines in fermented foods and the use of potential biogenic amine-degrading microorganisms as a solution. *Trends Food Sci. Technol.*, v. 39, n. 2, p. 146 - 155, 2014.

AMIPIG. Ileal standardised digestibility of amino acids in feedstuffs for pigs. AFZ, Ajinomoto Eurolysine, Aventis Animal Nutrition, INRA, ITCF, 44 p. 2000.

ANTONIASSI, R. Métodos da estabilidade oxidativa de óleos e gorduras. *Bol. CPPA*, v. 19, n. 2, p. 353-380, 2001

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. ANO 1995 Official Methods of Analysis of AOAC International. 20th ed. (On-line). Rockville, MD

ARAÚJO, J.M.A. Química de alimentos: teoria e prática. Viçosa, Minas Gerais: Ed. UFV, 4ª ed., 2011, 598p.

BAKER, D.H. Advances in protein-amino acid nutrition of poultry. *Amino Acids*, v. 37, n. 1, p. 29-41, 2008.

BARBOSA, L.C.A. Espectroscopia no infravermelho: na caracterização de compostos orgânicos. Universidade Federal de Viçosa – UFV, 1ª ed, 2008, 189p.

BARNES, D.M.; KIRBY, Y.K.; OLIVER, K.G. Effects of biogenic amines on growth and incidence of proventricular lesions in broiler chickens. *Poultry Sci.*, v. 80, p. 906-911, 2001.

BEDENDO, G.C.; FONSECA, F.N.; COREZZOLLA, L.R; CONTREIRA, C.L. Levantamento do teor de aminas biogênicas em farinhas de origem animal provenientes de diferentes estabelecimentos. Comunicado Técnico, 551, 1ª ed., 8p. Concórdia, SC. Março 2018. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/173994/1/final8802.pdf>>, acessado em outubro de 2018.

BELLAVER, C. Ingredientes de origem animal destinados à fabricação de rações. EMBRAPA: Simpósio sobre ingredientes na alimentação animal. 2001.

BELLAVER, C. Qualidade no processamento em fábricas de farinhas e gorduras animais. EMBRAPA: Encontro técnico Unifrango. 2009.

BELLAVER, C.; LIMA, J.M. Pontos críticos para a utilização de proteínas e de gorduras de origem animal. Anais do I Simpósio sobre Manejo e Nutrição Animal, Campinas, SP, Brasil. p. 1-15, 2004.

BELLAVER, C.; LUDKE, J.; LIMA, G.J.M.M. Qualidade de ingredientes para rações .In: Global Feed and Food Forum. FAO. IFIF. Sindrirações. 11-13 de Julho de 2005. São Paulo, SP, 2005. p. 1-8

BELLAVER, C.; ZANOTTO, D.L. Parâmetros de qualidade em gordura e subprodutos proteicos de origem animal. In: Conferência Apinco de ciência e tecnologia avícolas; 2004, Santos - SP. *Anais... Campinas: FACTA*, v.1.p.79 - 102, 2004.

BELITZ, H.D.; GROSCH, W.; SCHIEBERLE, P. **Food Chemistry**. 4. ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 8, de 25 de março de 2004. Proíbe em todo o território nacional a produção, a comercialização e a utilização de produtos destinados à alimentação de ruminantes que contenham em sua composição proteínas e gorduras de origem animal. *Diário Oficial da União*, Seção 1. Brasília, 26 de março de 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA. Portaria nº 07, de 09 de novembro de 1988. Estabelece os padrões mínimos das diversas matérias primas empregadas na alimentação animal.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 34, de 28 de maio de 2008. Regulamento Técnico da Inspeção Higiênico-Sanitária e Tecnológica do Processamento de Resíduos de Animais. *Diário Oficial União*. Seção 1. Brasília, 29 de maio de 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. RESOLUÇÃO - RDC Nº 42, DE 29 DE AGOSTO DE 2013 dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2013/rdc0042_29_08_2013.html

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária – SDA. Departamento de Saúde Animal – DAS. MANUAL DE PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO PARA O TRÂNSITO DE SUBPRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL, EMISSÃO DE CIS-E E CREDENCIAMENTO DE MÉDICOS VETERINÁRIOS PARTICULARES VERSÃO 1.0. Brasília-DF, novembro de 2009. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/saude-animal/transito-animal/arquivos-transito->

internacional/ManualdeTrnsitodeSubprodutos.pdfhttp://www.agricultura.gov.br/assuntos/sanida de-animal-e-vegetal/saude-animal/transito-animal/arquivos-transito-internacional/ManualdeTrnsitodeSubprodutos.pdf. Acessado em Abril de 2018.

BRASIL. Decreto 9.013, de 29 de março de 2017. Presidência da República. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, Dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/D9013.htm+&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acessado em: Abril de 2018.

BRASIL. Instrução normativa Nº 20, de 26 de julho de 2018 (Publicado no DOU em: 31/07/2018). Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-animal/plano-de-nacional-de-controle-de-residuos-e-contaminantes/documentos-da-pncrc/PlanoAmostragemPNCRC2018IN.pdf>>. Acessado em Setembro de 2018.

BRINKER, C.A.; RAYNER, C.J.; KERR, M.G.; BRYDEN, W.L. Biogenic amines in Australian animal by-product meals. *Aust. J. Experim. Agric.*, n. 3, p. 113-119, 2003.

BRUMANO, G.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. Aminoácidos digestíveis verdadeiros de alimentos protéicos determinados em galos cecotomizados. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, n. 6, p. 2290-2296, 2006a.

BRUMANO, G.; GOMES, P.C.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; GENEROSO, R. F. A. R.; SCHMIDT, M. Composição química e valores de energia metabolizável de alimentos protéicos determinados com frangos de corte em diferentes idades. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, n. 6, p. 2297-2302, 2006b.

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

CARCIOFI, A.C. Fontes de proteína e carboidratos para cães e gatos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, p. 28-41, 2008.

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 Ciências Veterinárias*, v. 111, p. 69-73, 2012.

COSTA, D.P.S.; ROMANELLI, P.F., TRABUCO. E. Aproveitamento de vísceras não comestíveis de aves para elaboração de farinha de carne. *Ciênc. Tecnol. Alimen.*, v. 28, n. 3, p. 746-752, 2008.

COSTA, F.G.P.; PINHEIRO, S.G.; LIMA, M.R. Exigências de aminoácidos para poedeiras. 29^a Reunião do CBNA–Congresso sobre Nutrição de Aves e Suínos. São Paulo, Brasil. v. 29, 2015.

COWARD-KELLY, G.; CHANG, V.S.; AGBOGBO, F.K. Lime treatment of keratinous materials for the generation of highly digestible animal feed: 1. Chicken feathers. *Bioresource Technol.*, v. 97, p. 1337-1343, 2006.

DA SILVA FILHO, J.C.; ARMELIN, M.J.A.; DA SILVA, A.G. Determinação da composição mineral de subprodutos agroindustriais utilizados na alimentação animal, pela técnica de ativação neutrônica. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 34, n. 2, p. 235-241, 1999.

EFSA. Panel on Biological Hazards (BIOHAZ) European Food Safety Authority (EFSA), *Annual Report 2011 European Food Safety Authority Journal - EFSA*, v. 9, n. 10, p. 2393, 2011.

ELANGO, R.; BALL, R.O.; PENCHARZ, P.B. Amino acid requirements in humans: with a special emphasis on the metabolic availability of amino acids. *Amino Acids*, v. 37, n. 1, p. 19-27, 2009.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa Suínos e Aves - CNPSA. Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves. 3. Ed. Concórdia, SC, 97p. 1991.

EYNG, C.; NUNES, R.V.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; NUNES, C.C.V.; POZZA, P.C. Composição química e aminoacídica e coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos de farinhas de penas e sangue determinados em galos cecectomizados. *R. Bras. Zootec.*, v. 41, n. 1, p. 80-85, 2012.

FIRKINS, J.L.; HRISTOV, A.N.; HALL, M.B. Integration of ruminal metabolism in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v. 89, Suppl 1, p. 31–51, 2006.

FRANÇA, J.; SAAD, F.M.O.B.; SAAD, C.E.P.; SILVA, R.C.; REIS, J. Avaliação de ingredientes convencionais e alternativos em rações de cães e gatos. *R. Bras. Zootec.*, v. 40, p. 222-231, 2011.

FRIEDLAND, R.P.; PETERSEN, R.B.; RUBENSTEIN, R. Bovine spongiform encephalopathy and aquaculture. *J. Alzheimer's Dis.*, v. 17, n. 2, p. 277-279, 2009.

GARCIA, R.A.; PHILLIPS, J.G. Physical distribution and characteristics of meat and bone meal protein. *J. Sci. Food Agric.*, v. 89, p. 329-336, 2009.

GILBERT, E.R.; WONG, E.A.; WEBB, K.E. Board-invited review: Peptide absorption and utilization: Implications for animal nutrition and health. *J. Animal Sci.*, n. 86, p. 2135-2155, 2008.

GJEVRE, A.G.; KALDHUSDAL, M.; ERIKSEN, G.S. Gizzard erosion and ulceration syndrome in chickens and turkeys: a review of causal or predisposing factors. *Avian Pathol.* v. 42, n. 4, p. 297-303, 2013.

GLORIA, M.B.A. Bioactive amines. In HUI, H., & NOLLET, L. L. *Handbook of food science, technology and engineering.* v. 4, p. 1–38. New York: Marcel Dekker, 2005.

GIROTO, J.M.; MASSON, M.L.; HARACEMIV, S.M.C. Aminas biogênicas em embutidos cárneos e em outros alimentos. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v. 13, n. 1, p. 1–10, 2010.

GOMES, M.B. The risk of biogenic amines in food. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 19, n. 4, p. 1123–1134, 2014.

HALÁSZ, A.; BARÁTH, A.; SIMON-SARKADI, L.; HOLZAPFEL, W. Biogenic amines and their production by microorganisms in food. *Trends Food Sci. Technol.* v. 5, p. 42-49, 1994.

HAMILTON, C.R. Real and perceived issues involving animal proteins. In FAO (Ed.), Protein sources for the animal feed industry (pp. 255–276) (Rome) 2004.

HOU, Y.; WU, Z.; DAI, Z.; WANG, G.; WU, G. Protein hydrolysates in animal nutrition: Industrial production, bioactive peptides, and functional significance. *J. Animal Sci. Biotechnol.* v. 8, n. 1, p. 8-24, 2017.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos - 4ª Edição, 1ª Edição Digital, 2008.

IRSHAD, A.; SURESHKUMAR, S.; SHALIMA SHUKOOR, A.; SUTHA, M. Slaughter house byproduct utilization for sustainable meat industry-a review. *Int. J. Res. Dev.*, v. 5, p. 4725-734, 2015.

ISO. International Standard. Microbiology of the food chain – Horizontal method for detection, enumeration and serotyping of *Salmonella* – Part 1: Detection of *Salmonella* spp. First edition. Reference number 6579-1:2017 (E). 2017-02.

JAMDAR, S.N.; HARIKUMAR, P. Autolytic degradation of chicken intestinal proteins. *Bioresource Technol.*, v. 96, n. 11, p. 1276-1284, 2005.

JAY, J.M.; LOESSNER, M.J.; GOLDEN, D.A. Modern Food Microbiology. Springer Science and Business Media, Inc. New York, USA. 7th Edition, 790 p. 2005.

JAYATHILAKAN, K.; SULTANA, K.; RADHAKRISHNA, K.; BAWA, A.S. Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: A review. *J. Food Sci. Technol.*, n. 49, p. 278-293, 2012.

JEEVANANDAM, M.; PETERSEM, S.R. Clinical role of polyamine analysis: problem and promise. *Clinical Nutrition and Metabolic Care*, v. 4, p. 385-390, 2001.

JOHNSTON, J.N.; SAVAGE, G.P. Mercury consumption and toxicity with reference to fish and fishmeal. *Nutrition Abstracts*, n. 61, p. 74-116. 1991.

JULSHAMN, K.; LUNDEBYE, A.K.; HEGGSTAD, K.; BERNTSSEN, M.H.; BOE, B. Norwegian monitoring program on the inorganic and organic contaminants in fish caught in the Barents Sea, Norwegian Sea and North Sea, 1994-2001. *Food Addit. Contamin.*, v. 21, p. 365-376, 2004.

KALAČ, P. Health effects and occurrence of dietary polyamines: A review for the period 2005–mid 2013. *Food Chem.*, v. 161, p. 27-39, 2014.

KASPER, D.; BOTARO, D.; PALERMO, E.F.A.; MALM, O. Mercúrio em peixes-fontes e contaminação. *Oecol. Brasil.*, v. 11, n. 2, p. 228-239, 2007.

KEHRIG, H.A.; MALM O. Bioconcentração e biomagnificação de metilmercúrio na baía de Guanabara, Rio de Janeiro. *Quim. Nova.* v. 34, n. 3, p. 377-384, 2011.

KEIRS, R.W.; BENNETT, L. Broiler performance loss associated with biogenic amines. *Proc. Maryland Nutr. Conf. Univ. Maryland*, College Park, MD. p. 31-34, 1993.

KINLEY, B.; RIECK, J.; DAWSON, P.; JIANG, X. Analysis of *Salmonella* and enterococci isolated from rendered animal products. *Can. J. Microbiol.*, v. 56, p. 65-73, 2010

LARQUÉ, E.; MOLINA, M.S.; ZAMORA, S.M.D. Biological significance of dietary polyamines. *Nutrition*, v. 23, p. 87-95, 2007.

LASEKAN, A.; ABU BAKAR, F.; HASHIM, D. Potential of chicken by-products as sources of useful biological resources. *Waste Managem.*, v. 33, n. 3, p. 552-565, 2013.

LI, P.; MAI, K.S.; TRUSHENSKI, J.; WU, G. New developments in fish amino acid nutrition: towards functional and environmentally oriented aquafeeds. *Amino Acids*, v. 37, n. 1, p. 43-53, 2009.

LIMA, G.J.M.M.; FEDDEM, V.; MAZZUCO, H. Aminas biogênicas são compostos indicativos de putrefação de subprodutos animais. *Suinoc. Ind.*, v. 1, n. 39, ed. 274, 2017.

MARTÍNEZ-ALVAREZ, O.; CHAMORRO, S.; BRENES, A. Protein hydrolysates from animal processing by-products as a source of bioactive molecules with interest in animal feeding: A review. *Food Res. Int.*, v. 73, p. 204-212, 2015.

MATIAS, C.F.Q.; LARA, L.J.C.; BAIÃO, N.C.; CARDOSO, D.M.; BAIÃO, R.C. Utilização de farinhas de origem animal na avicultura. *Nutritime*, v. 175, n. 9, p. 1944-1964, 2012.

MAZOTTO, A.M.; ASCHERI, J.L.R.; GODOY, R.L.O.; DAMASO, M.C.T.; COURI, S.; VERMELHO, A.B. Production of feather protein hydrolyzed by *B. subtilis* AMR and its application in a blend with cornmeal by extrusion. *Food Sci. Technol.*, n. 84, p. 701-709, 2017.

MEEKER, D.L. Essential rendering all about the animal by-products industry. National Renderers Association. Kirby Lithographic Company, Inc. 315 p. 2006

MEEKER, D.L. North American Rendering: processing high quality protein and fats for feed. *Rev. Brasil. Zootec.*, v. 38, p. 432-440, 2009.

METHOD 747 – EPA. Environmental Protection Agency, United States. METHOD 747 – Mercury in solid and solutions by thermal decomposition, amalgamation, and atomic absorption spectrophotometry, Revision 0, 2007. Disponível em: <http://www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/7473.pdf>., acessado em setembro de 2018.

MILES, R.D.; WILSON, H.R. Biogenic amines: I. Influence of feeding various dietary concentrations of eight biogenic amines individually or in combination to broilers. *Poultry Sci.*, v. 79, suppl. 125, 2000.

MOREIRA, G.M.M.; SOBRAL, D.; COSTA, R.G.B.; PAULA, J.C.J.; FERNANDES, C.; GLÓRIA, M.B.A. Parâmetros de desempenho em método UHPLC-UV para quantificação de aminoácidos livres e aminas bioativas em queijos Mussarela, Prato, Parmesão e Gorgonzola. *ver. Inst. Lat. Cândido Tostes*, v. 72, p. 192-204, 2017.

MOURA, A.M.A. Conceito da proteína ideal aplicada na nutrição de aves e suínos. *Revista Eletrônica Nutritime*, v. 1, n.º1, p. 31-34, 2004.

NASCIMENTO, A.H. Determinação do valor nutritivo da farinha de vísceras e da farinha de penas para aves, utilizando diferentes metodologias. Viçosa-MG: UFV, 2000. 106p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Mineral tolerance of domestic animals. Washington, DC: National Academic Press, 2001. 401 p.

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of poultry. Washington, 155p., 1994.

NRC NATIONAL RESEARCH COUNCIL –. Nutrient requirements of swine. Washington, 10th ed, 189p, 1998.

NOVUS. Raw material compendium: a compilation of worldwide data sources. NOVUS INTERNATIONAL INC. Brussels. 2nd ed., 541p., 1994

NUNES, R.V.; ROSTAGNO, H.S.; GOMES, P.C.; NUNES, C.G.V.; ALBINO, L.F.T.; POZZA, P.C.; DIONIZIO, M.A.; DE ARAÚJO, M.S. Valores energéticos de diferentes alimentos de origem animal para aves. *Rev. Brasil. Zootec.*, v. 35, n. 4, p.1752-1757, 2006.

OHH, M.; KIM S.; PAK S. C.; CHEE, K. Effects of dietary supplementation with astaxanthin on histamine induced lesions in the gizzard and proventriculus of broiler chicks. *J. Anim. Sci.*, v. 29, n. 6, p. 872-878, 2016.

PANDEY, P.K.; BISWAS, S.; KASS, P. Microbial pathogen quality criteria of rendered products. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, v. 100, p. 5247–5255, 2016.

PAPAGEORGIOU, M.; LAMBROPOULOU, D.; MORRISON, C.; KŁODZINSKA, E.; NAMIESNIK, J.; PŁOTKA-WASYLKA, J. Literature update of analytical methods for biogenic amines determination in food and beverages. *Trends Anal. Chem.*, v. 98, p. 128-42, 2018.

PIRCHER, A.; BAUER, F.; PAULSEN, P. Formation of cadaverine, histamine, putrescine and tyramine by bacteria isolated from meat, fermented sausages and cheeses. *Eur. Food Res. Technol.*, v. 226, p. 225-231, 2007.

POOLE, D. Biogenic amines: An update. *Proc. Western Poult. Dis. Conf. Univ. California*, Davis, CA, p. 40-42, 1994.

POZZA, P.C.; GOMEZ, P.C.; DONZELE, J.L.; ROSTAGNO, H.S.; POZZA, M.S.S.; NOGUEIRA, E.T. Digestibilidade ileal aparente e verdadeira de aminoácidos de farinhas de carne e ossos para suínos. *Rev. Brasil. Zootec.* v. 33, n. 5, p. 1181-1191, 2004.

RADOSTITS, O.M.; GAY, C.C.; BLOOD, D.C. Clínica Veterinária - Um tratado de doenças de bovinos, ovinos, suínos, caprinos e equinos. 9.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. 1737p.

ROCHA, T.C.; SILVA, B.A.N. Utilização da farinha de pena na alimentação de animais monogástricos. *Nutritime*, v. 1, n. 1, p. 35-43, 2004.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, UFV. 141p. 2000.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, UFV. 2ª ed. 186p. 2005.

SAMPAIO, I.B.M. Estatística Aplicada à Experimentação Animal. 4. ed. Belo Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2015. 265p.

SANTOS, G.T.; CAVALIERI, F.L.B.; MODESTO, E.C. Recentes avanços em nitrogênio não proteico na nutrição de vacas leiteiras. Anais do 2º Simpósio Internacional em Bovinocultura de Leite: Novos conceitos em Nutrição. UFLA, p. 199-228, 2001

SCAPIM, M.R.S.; LOURES, E.G.; ROSTAGNO, H.S. Avaliação nutricional da farinha de penas e de sangue para frangos de corte submetida a diferentes tratamentos térmicos. *Acta Scient. Animal Sci.*, v. 25, n. 1, p. 91-98, 2003.

SCHEUERMANN, G.N. Farinhas de origem animal na alimentação de monogástricos: a qualidade dos produtos define seu potencial de utilização. EMBRAPA Suínos e Aves, 2008. AGROLINK, 2008. disponível em < https://www.agrolink.com.br/saudeanimal/artigo/farinhas-de-origem-animal-na-alimentacao-de-monogastricos_65392.html>, acessado em agosto de 2018.

SILVA, E.N.; DUARTE, A. *Salmonella* Enteritidis em Aves: Retrospectiva no Brasil. *Rev. Bras. Cienc. Avic.*, v. 4, n. 2, p. 85-100, 2002.

SILVA, E.P.; LIMA, M.B.; RABELLO, C.B.V.; LUDKE, J.V.; ALBINO, L.F.T.; SAKOMURA, N.K. Aspectos nutricionais de farinha de vísceras de aves e sua utilização em rações de frangos de corte. *Acta Veterin. Brasilica*, v. 5, n. 2, p.108-118, 2011.

SILVERSTEIN, R.M.; BASSLER, G.C.; MORRIL, T.C. *Identificação espectrométrica de compostos orgânicos*. 3.ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois. 1979. p.74-94

SINDIRAÇÕES. SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal. São Paulo: Sindicato Nacional da Industria de Alimentação Animal, 2007. 204 p.

SINDIRAÇÕES. SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal. Método nº 11 - Espectrofotometria de Reflectância no Infravermelho Próximo (NIR), p. 40-41, 2013.

SOARES, J.M.; GOMES, J.M.; ANJOS, M.R.; SILVEIRA, J.N.; CUSTÓDIO, F.B.; GLORIA, M.B.A. Mercury in fish from the Madeira River and health risk to Amazonian and riverine populations. *Food Res. Int.*, v. 109, p. 537-543, 2018.

STADNIK, J.; DOLSTOWSKI, Z.J. Biogenic amines in meat and fermented meat products. *ACTA Scient. Polon. Technol. Aliment.*, n. 9, p. 251-263, 2010.

STRATTON, J.E.; HUTKINS, R.W.; TAYLOR, S.L. Biogenic amines in cheese and other fermented foods, a review. *J. Food Protect.*, v. 54, n. 6, p. 460-4703, 1991.

TABANELLI, G.; MONTANARI, C.; GARDINI, F. Biogenic amines in food: A review of factors affecting their formation. *Ref. Module Food Sci.*, doi:10.1016/b978-0-08-100596-15.21833-7, 2018.

TAMIM, N.M.; DOERR, J.A. Effect of putrefaction of poultry carcasses prior to rendering on biogenic amine production. *Poultry Sci.* n. 12, p. 456-460, 2003.

TOLDRÁ, F.; MORA, L.; REIG, M. New insights into meat by-product utilization. *Meat Sci.*, v. 120, p. 54-59, 2016.

TUREK, J.J.; WATKINS, B.A.; SCHOENLEIN, I.A.; ALLEN, K.D.; HAYEK, M.G.; ALDRICH, C.G. Oxidized lipid depresses canine growth, immune function, and bone formation. *J. Nut. Biochem.*, n. 14, p. 24-33, 2003.

USDA. United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. Livestock and Poultry: World Markets and Trade. April 2018. Disponível em <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf>. Acessado em: abril de 2018.

VINCI, G.; ANTONELLI, M.L. Biogenic amines: quality index of freshness in red and white meat. *Food Control*, v. 13, n. 8, p. 519-524, 2002.

WALES, A.D.; ALLEN, V.M.; DAVIES, R.H. Chemical treatment of animal feed and water for the control of Salmonella. *Foodborne Pathog. Dis.*, v. 7, n. 1, p. 3-15, 2010.

WPSA. World Poultry Science Association. European amino acid table. 123p. 1992.

WU, G.; BAZER, F.W.; DAVIS, T.A. Important roles for the arginine family of amino acids in swine nutrition and production. *Livest. Sci.* v. 112, p. 8-22, 2007.

WU, G. Amino acids: metabolism, functions, and nutrition. *Amino Acids*, v. 37, n. 1, p. 1-17, 2009.