



INGREDIENTES *para a* ALIMENTAÇÃO *animal*

Rafael Henrique de Tonissi e Buschinelli de Goes
Douglas Gabriel Anschau
Fernanda Naiara Fogaça da Cruz
Gleice Kélen Rodrigues da Silva
Luana Batista Lopes





INGREDIENTES *para a* ALIMENTAÇÃO *animal*

Rafael Henrique de Tonissi e Buschinelli de Goes
Douglas Gabriel Anschau
Fernanda Naiara Fogaça da Cruz
Gleice Kélen Rodrigues da Silva
Luana Batista Lopes



2023

Equipe EdUFGD**Coordenação editorial:**

Marise Massen Frainer

Divisão administrativa:

Givaldo Ramos da Silva Filho

Rafael Todescato Cavalheiro

Divisão de editoração:

Brainer de Castro Lacerda

Cynara Almeida Amaral Piruk

Maurício Lavarda do Nascimento

Rosalina Dantas da Silva

Wanessa Gonçalves Silva

e-mail: editora@ufgd.edu.br

A presente obra foi aprovada de acordo
com o Edital n. 06/2022-EDUFGD.

Editora filiada à:

**Gestão 2022-2026**

Universidade Federal da Grande Dourados

Reitor:

Jones Dari Goettert

Vice-Reitora:

Cláudia Gonçalves de Lima

Conselho editorial:

Marise Massen Frainer

Bruno dos Santos Simões

Cássio Knapp

Cláudia Gonçalves de Lima

Eliane Souza de Carvalho

Fábio Perboni

Morgana de Fátima Agostini Martins

Revisão:

Cynara Almeida Amaral Piruk

Projeto gráfico, diagramação e capa:

Brainer de Castro Lacerda

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

636.2085
G598i

Goes, Rafael Henrique de Tonissi e Buschinelli.
Ingredientes para a alimentação animal [e-book]. / Rafael
Henrique Tonissi e Buschinelli Goes. – Dourados, MS : UFGD, 2022.
200p.

ISBN: 978-85-8147-203-4

1. Nutrição animal. 2. Zootecnia. 3. Produção animal. I.
Anschau, Douglas Gabriel. II. Cruz, Fernanda Naiara Fogaça da. III.
Silva, Gleice Kélen Rodrigues da. IV. Lopes, Luana Batista. V. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) e ao Núcleo de Pesquisa em Nutrição e Produção de Ruminantes (NERU), através de seus integrantes e egressos, listados abaixo, pelo constante e dedicado trabalho ao longo desses 15 anos.

Agenor Fontoura Marques; Alexandre Gomes Pego; Aline Ortega Camacho Dias; Amanda Beatriz de Lima Costa; Amanna Gonzaga Jacaúna; Ana Paula Gomes Moreira; André Henrique Nucci de Moura; Beatriz de Assis Machado; Bruna Matias de Souza Rocha; Bruna Soares Seabra; Bruno Gomes Cavalcante; Bruno Lallo da Silva; Calebe Corcino da Silva; Carlos Alberto Mongelós Barrios; Charles Jhonnatan dos Santos Souza; Cristiane Dalagua Paier; Daniele Cristina Pereira; Danielly de Faria Pereira; Dayane Simone Moreira da Silva; Delson Salazar Fleitas; Diego dos Santos Penha; Douglas Gabriel Anschau; Elieser Leão Espinola; Elis Regina de Queiroz Vieira; Emanuelle de Matos Pereira; Ester Bertoldo Rezende; Etelvitor Martins Leite dos Santos; Eviliane Patricia Furini Ott; Fabianny Vieira da Silva; Fábio Figueiredo Del Corona; Fabio Henrique Cardoso; Fábio Souza Machado; Fabíola Espindola Ortega de Lima; Fernanda Naiara Fogaça da Cruz; Fernando Galant Dalastra; Flávia Santos de Azevedo; Gislaine Ribeiro Ferreira; Gleice Kélen Rodrigues da Silva; Greicy da Silva Arguelho; Guilherme Aragão Miranda; Gustavo Marcelino Porangaba; Hayne Mayumi Cariolano Araki; Heitor Paulo Leandro da Silva Paz; Helen Cristina Francisca Viera Ibiapina; Hellen Leles Lima; Hulle Livia Costa Brito; Iriadine Albuquerque Lima; Janaína Aparecida de Mello Lima; Jefferson Leandro Rocha Alves; Jeanny Wenglia Souza Fernandes; João Paulo Fraga Ramos; Julia Pretto Manfrin; Karl Wayhs Klein; Katherini Aline Guimarães Nogueira; Keila Tais Dias Veloso; Kennyson Alves de Souza; Kesney Karine Moreira Cicero; Lara de Souza Oliveira; Lavínya Rodrigues Feitosa; Lawrene Eduardo Antunes; Laysa Gonçalves Cruz; Leandro da Silva Fernandes; Leticia Emanuelle Fetter de Oliveira; Luan Porto Farias; Luana Batista Lopes; Luana Felício Pereira; Luana Galvão Lopes; Lucas Gabriel Batista Domiciano; Luciana Rodrigues de Lima;

Luiz Henrique Martinhago; Luiz Henrique Xavier da Silva; Luiz Miguel Anschau; Maiara Aparecida Flores Balbueno; Maikon Rivarola Brites; Maria Eduarda Malaquias Dias; Mariana Viegas dos Santos; Mateus Silva Ferreira; Mayara Andressa Sabedot; Mayara Mitiko Yoshihara Carneiro; Mayra da Silva Ferreira; Michelly Almeida Matheus; Mirelly Tainá Ramos de Souza; Miriã Medina de Ávila; Murilo Augusto Miranda de Brito Vendramini; Nathalia Beatriz Cirilo Martins; Nara Regina Brandão Côm-solo; Nayara Gonçalves da Silva; Paloma Rufino Medeiros; Paulo Alves da Cunha Junior; Poliana Campos Burin; Raquel Tenório de Oliveira; Raysa Alessandra Lemes Freitas; Rodrigo Augusto Gressler; Rodrigo Vargas Macedo; Rosiélen Augusto Patussi; Sara Letícia Nocchi Cerilo; Sullyvan Silva Oliveira; Talita Andressa Albanezi Vergo; Talita Ferreira de Oliveira; Thaiano Iranildo de Sousa Silva; Thais Mouras Farias; Thalison Marques de Souza; Thatiane da Cunha Cornélio Rigotti; Thiago José de Lira Cardoso; Yasmin dos Santos Picanço; e Yasmin Gonçalves da Silva de Souza.

Às amigas e técnicas, Maria Gizelma de Menezes Gressler e Phaena Moraes Faria, por serem o coração do Laboratório de Nutrição Animal.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para a publicação deste livro.

Meu muito obrigado!

SUMÁRIO

PREFÁCIO.....Pg. 11

INTRODUÇÃO.....Pg.13

PARTE

ALIMENTOS DE ORIGEM VEGETAL
UTILIZADOS NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

1	Milho (<i>Zea mays</i> L.)	PG. 19
2	Aveia (<i>Avena</i> sp.)	PG. 33
3	Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench)	PG. 37
4	Mandioca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)	PG. 41
5	Arroz (<i>Oryza sativa</i> L.)	PG. 45
6	Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	PG. 51
7	Milheto (<i>Pennisetum americanum</i> L. Leeke)	PG. 57
8	Polpa cítrica	PG. 61
9	Melaço	PG. 67
10	Cevada (<i>Hordeum vulgare</i>)	PG. 71
11	Grãos Secos de Destilaria (DDG)	PG. 75
12	Feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	PG. 81
13	Soja (<i>Glycine Max</i> L.)	PG. 85
14	Amendoim (<i>Arachis hypogaea</i> L.)	PG. 95
15	Babaçu (<i>Orbynia martiana</i>)	PG. 99

16	Coco (<i>Cocos nucifera</i>)	PG. 103
17	Linhaça (<i>Linum usitatissimum</i>)	PG. 107
18	Crambe (<i>Crambe abyssinica</i> Hochst)	PG. 111
19	Algodão (<i>Gossypium hirsutum</i> L.)	PG. 121
20	Canola (<i>Brassica</i> sp.)	PG. 127
21	Girassol (<i>Helianthus annuus</i> L.)	PG. 131
22	Leveduras desidratadas (<i>Sacharomyces cerevisiae</i>)	PG. 135
23	Tabela nutricional de alimentos para curiós e bicudos	PG. 137



PARTE 2

ALIMENTOS DE ORIGEM ANIMAL
E NITROGÊNIO NÃO PROTEICO UTILIZADOS
NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

24	Farinha de carne e farinha de carne e ossos	PG. 143
25	Farinha de sangue	PG. 147
26	Farinha de peixe	PG. 149
27	Farinha de vísceras	PG. 151
28	Ureia	PG. 153
	REFERÊNCIAS	PG. 157

PREFÁCIO

Ao apresentar esse livro não tenho dúvidas, que de imediato, muitas perguntas vão surgir na sua cabeça. Com certeza questionará qual a importância de uma obra desse tipo, um livro técnico sobre “alimentos e alimentação”, com tantas informações já disponíveis na internet. Talvez pense assim: atualmente é muito simples e rápido buscar informações sobre alimentos para animais em muitos sites. Desculpe, mas vou te dizer que a realidade não é bem assim e, digo isso, por experiência própria. No meu dia a dia de trabalho sou constantemente abordado por estudantes, técnicos, consultores e outros envolvidos no processo de produção de proteína animal, com questões e demandas de informações sobre diferentes alimentos e uso na alimentação de diferentes animais. Onde buscar dados seguros de forma rápida? O próprio professor Rafael H. T. B. de Goes, por ocasião do seu concurso público na UFGD, lá pelos idos de 2006, se deparou com essa demanda, quando teve como tema principal da sua aula expositiva, a formulação de suplementos para bovinos.

A presente obra atende essa demanda e vem preencher uma lacuna em relação a textos em português, para atender estudantes e técnicos da área de nutrição animal. Obviamente que não há como explorar, em uma única obra, todas as particularidades e informações sobre os alimentos que usamos e aqueles com potencial de uso na alimentação de animais domésticos. Mas, nessa obra, o leitor poderá desfrutar das informações mais relevantes para o processo eficaz de alimentação animal.

O processo correto de formulação de dieta total, rações, concentrados, suplementos, núcleos, entre outros produtos para alimentação animal, pressupõe o conhecimento de algumas informações indispensáveis ao processo. As informações mais relevantes são: a estimativa correta das exigências nutricionais do grupo de animais a serem alimentados e as características dos alimentos a serem utilizados.

Nesse livro estão as principais informações sobre as características dos alimentos e como utilizá-los na alimentação animal. O livro não deixa de fora os principais coprodutos e isso é fundamental, pois somos recor-

distas na produção deles, quando consideramos a pujança da produção agrícola brasileira. Destaco ainda que um ponto altamente positivo do livro é a utilização de fontes nacionais de informações sobre os alimentos utilizados nas dietas de nossos animais, bem como a melhor forma de utilizar vários desses alimentos para obter resultados técnicos e econômicos.

Sem dúvida leitor, você tem em suas mãos uma obra que auxiliará em seu trabalho diário nessa área do conhecimento e a alimentação dos animais domésticos será mais eficaz e produtiva.

Professor Dr. Antonio Ferriani Branco

INTRODUÇÃO

Nos sistemas de produção, a alimentação animal contribui com até 70% do custo total para o desenvolvimento produtivo, principalmente em sistemas com elevada tecnologia (i.e., avicultura, suinocultura e bovino-cultura); dentre esses, a utilização de concentrados são os componentes que mais oneram o sistema de produção. Nesse sentido, os alimentos utilizados se tornam importantes no intuito de reduzir os custos de produção e permitir a elaboração de formulações a custo mínimo. Os alimentos utilizados na alimentação animal são classificados de acordo com o teor de Matéria Seca (MS) e as características nutritivas, com isso podemos classificá-los em alimentos volumosos e alimentos concentrados.

Os **alimentos volumosos** apresentam baixo valor energético, porém elevados teores de fibra e/ou umidade. Apresentam teores de Nutrientes Digestíveis Totais (NDT) inferiores a 60%, e teores de Fibra em Detergente Neutro (FDN) acima de 25%. Em função dos teores de umidade e/ou Matéria Seca, eles são divididos em secos e úmidos.

- São exemplos de alimentos volumosos: pastos naturais ou cultivados [i.e., *Urochloa* sp. (Syn. *Brachiaria*); *Megathyrsus* (Syn. *Panicum*)], forrageiras conservadas (i.e., silagens de gramíneas/milho/sorgo, feno de gramíneas e/ou leguminosas), cana-de-açúcar e seus derivados (i.e., bagaço de cana *in natura* ou hidrolisado) e palhadas de culturas.

Os **alimentos concentrados** apresentam elevado teores NDT (> 60%) e baixos teores de FDN (< 25%), podendo ser de origem animal e vegetal, sendo diferenciados pelos teores de compostos nitrogenados, em:

- **Concentrados proteicos:** teores de Proteína Bruta (PB) na base da MS, acima de 20% (i.e., farelo de soja, farelo de algodão, grãos secos de destilaria, farinha de peixe, farinha de carne, etc.);
- **Concentrados energéticos:** teores de Proteína Bruta (PB) na base da MS, inferiores a 20%. (i.e., milho, sorgo, milheto, farelo de arroz, etc.);

Os alimentos ainda podem ser classificados em:

Minerais: alimentos que apresentam elevadas concentrações de compostos de minerais. Exemplo: fosfato bicálcico (CaHPO_4), calcário, sal comum (NaCl), sulfato de cobre (CuSO_4), sulfato de zinco (ZnSO_4), óxido de magnésio (MgO), etc.

Vitaminas: alimentos compostos com concentrações de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis.

Aditivos: são substâncias adicionadas intencionalmente a dietas, que não possuem valores nutritivos; que não são utilizadas como ingredientes, mas que proporcionam melhoras em características finais dos produtos destinados a alimentação animal. Segundo a Instrução Normativa 13/04 do ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2004)¹, os aditivos são classificados como *tecnológicos*, *sensoriais*, *nutricionais* e *zootécnicos*:

- **Aditivos tecnológicos:** substância adicionada à alimentação animal com fins tecnológicos (*i.e.*, adsorventes, antioxidantes, aglutinantes, emulsificantes, inoculantes e estabilizantes);
- **Aditivos sensoriais:** substância adicionada para melhorar ou modificar as propriedades organolépticas ou características visuais dos produtos finais (*i.e.*, aromatizantes corantes e palatilizantes);
- **Aditivos nutricionais:** substância utilizada para conservar ou melhorar as propriedades nutricionais (*i.e.*, vitaminas e aminoácidos); e
- **Aditivos zootécnicos:** substância adicionada para proporcionar melhoria do desempenho animal (*i.e.*, probióticos, prebióticos, ionóforos, ácidos orgânicos, e enzimas).

Dando sequência à leitura, este livro está dividido em duas partes. Na parte 1 “Alimentos de origem vegetal utilizados na alimentação animal”, os capítulos 1 a 23 tratam sobre alguns alimentos de origem vegetal utilizados na alimentação animal: milho, aveia, trigo, soja, amendoim, girassol, entre outros. Na Parte 2 “Alimentos de origem animal e nitrogênio não proteico utilizados na alimentação animal”, os capítulos 24 a 28 abor-

¹ Alterada posteriormente pela Instrução Normativa n. 44 de 15 de dezembro de 2015 (BRASIL, 2015).

dam sobre alguns alimentos de origem animal utilizados na alimentação animal: carne, sangue, peixe, vísceras e ureia.

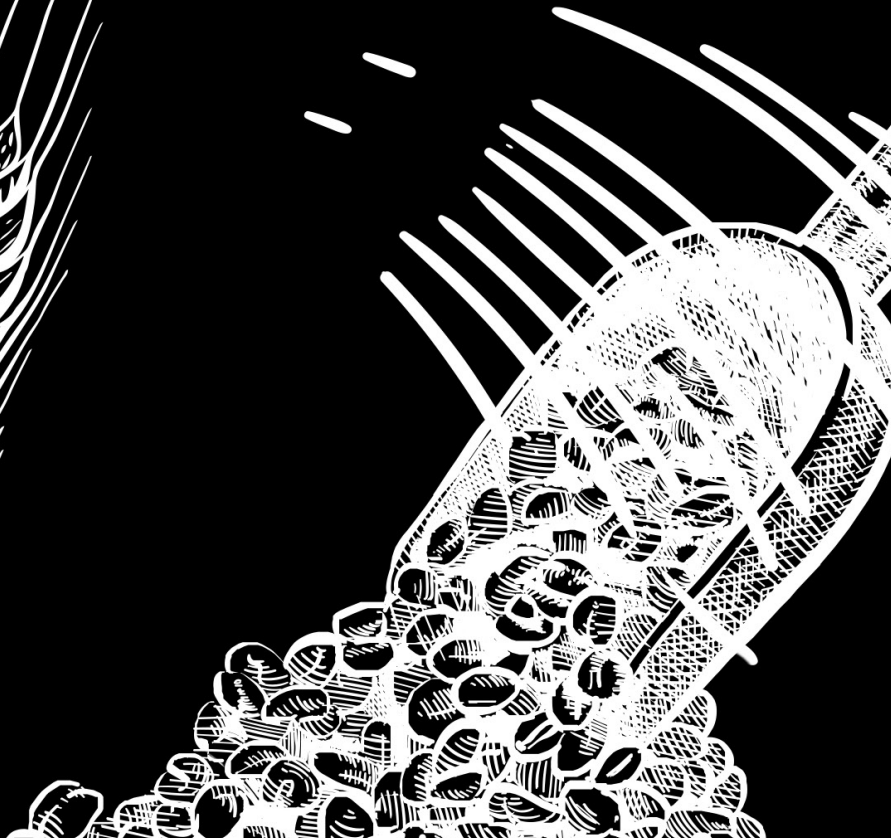
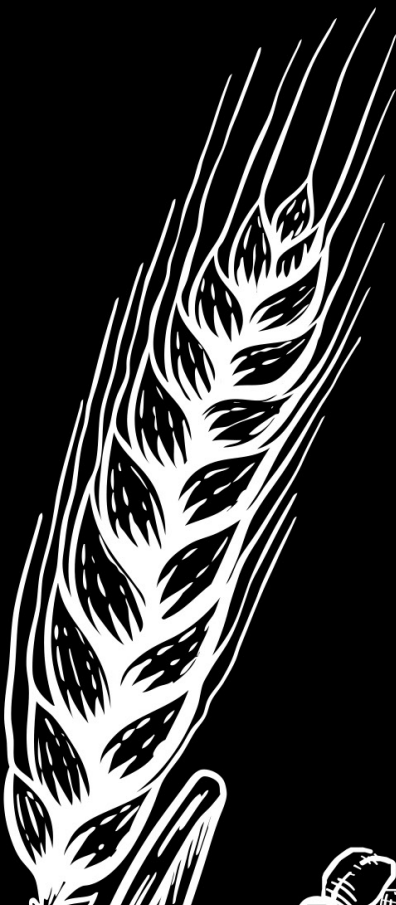




PARTE

1

**ALIMENTOS DE ORIGEM
VEGETAL UTILIZADOS NA
ALIMENTAÇÃO ANIMAL**







CAPÍTULO 1

Milho (*Zea Mays* L.)

O milho é um cereal, extensivamente utilizado para a alimentação humana e animal, sendo considerado o alimento concentrado energético padrão. Segundo Teixeira (1998), a sua utilização se deve ao elevado teor de energia e baixos teores de proteína, principalmente na concentração do aminoácido lisina; no entanto, é rico em provitamina A (β -caroteno) e pigmentantes (xantofila). Lana (2020), destaca que o milho apresenta baixos teores de triptofano, cálcio, riboflavina, niacina e vitamina D.

O milho é um alimento energético apresentando teores de NDT variando entre 83 a 87% (Tabela 1), devido ao fato de ser rico em amido (71,75%) e possuir maiores teores de gordura do que qualquer outro cereal. A concentração de gordura varia entre 3 a 4% e apresenta grandes proporções de ácidos graxos insaturados. Já os teores de proteína bruta, para as variedades brasileiras, são variáveis entre 8 e 13% (média de 9%, base da MS). O milho em grão pode ser fornecido como ingrediente para bovinos, suínos e aves em até 80%; sendo que para animais não ruminantes, deve apresentar a moagem fina (fubá), enquanto que para bovinos, cavalos e ovinos o fornecimento pode ser na forma integral.

Segundo Paes (2006), o grão de milho possui em sua composição pericarpo, endosperma, gérmen e ponta. O pericarpo, representa aproximadamente de 5% do peso do grão, e é rico em fibra; se caracteriza por uma camada de células densas e pouco vacuoladas, atuando na permea-

bilidade da água (umidade); servindo como uma barreira física, reduzindo assim a digestibilidade. O endosperma corresponde com mais de 80% do peso do grão, e é constituído de 86% de amido, 10% de proteína e pequenas quantidades de cinzas e gordura (FORNASIERI FILHO, 1992).

Tabela 1 - Composição químico-bromatológica do grão de milho (%MS).

Item (%MS)	%
Matéria seca	87,96
Proteína bruta	9,01
NNP/N (% N)	18,13
NIDN/N	9,02
NIDA/N	2,69
CHO	85,08
Amido	71,45
Matéria mineral	1,15
FDN	13,05
Fibra bruta	2,25
Extrato etéreo	4,02
Nutrientes digestíveis totais (NDT)	84,64
Cálcio	0,03
Fósforo	0,25
Energia metabolizável - ruminantes	1,43 mcal/kg
Energia digestível - suínos	3,472 kcal/kg
Energia metabolizável - suínos	3,421 kcal/kg
Energia metabolizável - aves	3,230 kcal/kg

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018.

Legenda: NNP - nitrogênio não proteico; NIDN - nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA - nitrogênio insolúvel em detergente ácido; CHO - carboidratos totais; FDN - fibra em detergente neutro.

O amido presente principalmente nos grãos é encontrado na forma de amilose (27%) e amilopectina (73%). Essas estruturas são unidas por pontes de hidrogênio e dispostos na forma de grânulos, em um arranjo facilmente digerível. Esse arranjo em grânulos é organizado de forma

amorfa ou regiões de alta e baixa cristalinidade (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986), o que está relacionada a densidade, devido ao envoltório proteico (DUVICK, 1961; WOLF *et al.*, 1952). Davide (2009) destacou que os grânulos esferoidais estão dispersos em endosperma farináceo, já os grânulos helicoidais se apresentam de forma adensada ou compactada e se encontram na região vítrea mais densa e desenvolvida.

A fração nitrogenada é composta por proteínas de reserva as zeínas (prolaminas) e não zeínas (albumina, globulinas e glutelinas) (GIBBON; LARKINS, 2005). Sendo a matriz do endosperma constituída principalmente pelas glutelinas. As prolaminas, são responsáveis pela ligação entre o amido e a matriz do endosperma; enquanto o endosperma vítreo possui maiores e mais numerosos corpos proteicos maiores que o endosperma farináceo (WOLF *et al.*, 1952), além de possuírem maior conteúdo de α - e γ -zeínas (DOMBRINK-KURTZMAN; BIETZ, 1993; PAIVA *et al.*, 1991). Segundo Hamaker *et al.* (1995), a proteína do milho é representada entre 30 a 60% pelas zeínas e, ao se comparar diferentes grãos de milho em diferentes estágios de maturidade, observou-se que grãos farináceos, opacos e imaturos apresentam menor proporção de prolamina do que grãos duros e maduros (DAVIDE, 2009). A zeína é encontrada em até 50% do total da proteína existente no grão e caracteriza-se por baixas concentrações de aminoácidos essenciais, principalmente, triptofano e lisina.

A distribuição dos grânulos de amido e da matriz proteica, nos permite classificar o endosperma em: farináceo ou vítreo (MENEZES *et al.* 2017); e de acordo com a textura, em dentado ou farináceo (Dent), duro ou vítreo (Flint) e semiduros ou dentados. Dessa forma, a dureza está associada a vitriosidade e em contra partida o grão dentado seria aquele com endosperma farináceo (CORREA *et al.*, 2002; CRUZ *et al.*, 2004). Menezes *et al.* (2017) destacaram que os grãos produzidos no Brasil apresentam grande variação com relação à vitriosidade, sendo a maior parte classificado como duro e vitriosidade (64,2 a 80,0%), densidade (1,268 g/cm³), com grandes concentrações de prolaminas-zeínas envolvendo os grânulos de amido (CORREA *et al.*, 2002).

Vejamos alguns subprodutos do milho:

Palhada de milho

É uma fonte volumosa para animais ruminantes, oriunda da colheita do grão de milho podendo ser fornecida in natura e ou na forma de silagem. É caracterizada como alimento de baixo valor nutricional, apresentando baixa digestibilidade da FDN, e composição média de 49,3% de colmo, 20,6% de folhas, 19,1% de sabugos, e 11% de espigas (Tabela 2).

Tabela 2 - Composição químico-bromatológica da palhada, colmo, folha e sabugo de milho.

	Palhada	Colmo	Folha	Sabugo
Proteína Bruta (%)	4,6	3,7	7,0	2,4
FDA (%)	46,4	47,6	41,6	42,8
Lignina (%)	7,8	8,7	5,4	7,3
DIVMS (%)	50,0	48,2	49,8	52,6
Celulose (%)	33,5	33,6	24,5	37,7
Hemicelulose (%)	34,9	23,7	27,3	39,6

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; MAGALHÃES; ROCHA JÚNIOR *et al.*, 2006.
Legenda: FDA - fibra em detergente ácido; DIVMS - digestibilidade in vitro da matéria seca.

Rolão de milho

O rolão de milho é um alimento constituído apenas pela palhada do milho após a colheita das espigas. Contudo, pode ocorrer com toda a planta naturalmente a campo, após a secagem, a planta é triturada por completo, incluindo as espigas (TEIXEIRA, 1998); o corte pode ser feito entre 150 a 200 dias após o plantio, quando a planta está totalmente seca, evitando perdas no armazenamento (VILELA, 1983). No entanto, esse se apresenta como alimento de pequenas proporções nutricionais (Tabela 3), podendo ser uma alternativa para bovinos de corte ou vacas secas.

Tabela 3 - Composição químico-bromatológica do rolão de milho.

MS (%)	PB (%)	EE (%)	CZ (%)	CHO (%)	FDN (%)	FDA (%)	Lignina (%)	Ca (%)	P (%)
86,66	7,15	2,91	2,22	87,67	61,32	17,95	3,85	0,03	0,13

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018.

Legenda: MS - matéria seca; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; CZ - cinzas; CHO - carboidratos totais; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; Ca - cálcio; P - fósforo.

Quando se compara essa forma de conservação do milho, rolão, com a silagem (Tabela 4), pode-se enumerar algumas vantagens, apesar de necessitar em média 60 dias a mais de utilização da área de plantio, tais como: não requer técnicas especiais para sua utilização, não exige instalações apropriadas, o período de colheita é flexível e se for armazenado como planta inteira, o produtor poderá optar por transformá-la em grão. O uso de 100% ou 66,6% de grãos no rolão mostrou a mesma eficiência, para todos os parâmetros analisados: matéria seca, matéria orgânica, energia digestível e metabolizável, e digestibilidade aparente (SILVA *et al.*, 1982).

Tabela 4 - Comparação entre as composições da silagem de milho e rolão de milho.

	% MS	% PB	% FDN	% FDA	% Dig MS
Silagem de milho	31,17	7,18	53,98	29,44	53 - 62,2
Rolão de milho	86,66	7,15	61,32	17,95	40 - 64,9

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; MAGALHÃES; ROCHA JÚNIOR *et al.*, 2006; VILELA, 1983.

Legenda: Dig. MS - digestibilidade da matéria seca.

Milho desintegrado com palha e sabugo – MDPS

O MDPS é um produto oriundo da moagem das espigas inteiras, incluindo valores médios de grãos de milho (70%), sabugo (20%) e palha (10%), podendo ser uma fonte energética para animais ruminantes, porém com valores nutritivos inferiores ao grão de milho; por apresentar elevados teores de fibra (Tabela 5). Esse alimento pode ser utilizado para bovinos de corte ou vacas secas e de baixa produção. Para matrizes suínas em gestação, o MDPS pode ser recomendado em até 50% nas rações; em virtude dos efeitos benéficos da presença da fibra em detergente neutro; já para animais em crescimento a inclusão não deve ultrapassar de 5%; e em animais de terminação e lactação pode se utilizar até 10% enquanto que em animais de reposição o limite pode ser de 15%. A baixa densidade apresentada pelo MDPS associado aos teores de fibra, dificultam a mistura de ingredientes durante o processo de fabricação de ração, principalmente com o uso de misturadores verticais.

Tabela 5 - Composição químico-bromatológica do milho desintegrado com palha e sabugo (MDPS).

MS (%)	PB (%)	EE (%)	CZ (%)	CHO (%)	FDN (%)	FDA (%)	LIG (%)	Ca (%)	P (%)	NDT (%)
87,89	6,99	3,15	2,30	85,96	35,61	17,68	3,14	0,04	0,22	63,71

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018.

Legenda: MS - matéria seca; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; CZ - cinzas; CHO - carboidratos totais; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; Ca - cálcio; P - fósforo; LIG - lignina; NDT - nutrientes digestíveis totais.

Farelo de gérmen de milho

Na composição do grão de milho, o gérmen corresponde a parte vegetativa, onde se encontra o embrião. A obtenção do gérmen de milho ocorre por via úmida, após separação por moinhos de disco e hidro-

ciclones (HENRIQUE; BOSE, 1995), ou pelo processo de via seca durante a obtenção do fubá ou farinha de milho (MORRISON, 1949). A remoção do gérmen se dá após a maceração do grão e degerminação do amido por moagem grosseira; resultando em um material em forma de polpa, constituído de gérmen, película, amido e glúten; na sequência ocorre o isolamento do gérmen dos demais componentes, esse isolamento origina o farelo de gérmen de milho integral.

Após a extração do gérmen, é possível a extração do óleo (representa 4% do grão) através de processo hidráulico ou remoção por solvente; originando o farelo de gérmen de milho desengordurado. O farelo desengordurado difere do farelo integral pelos teores de extrato etéreo e carboidratos totais (Tabela 6). Rodrigues *et al.* (2001a) destacaram que variações na composição desses produtos podem ocorrer decorrentes das condições de solo, clima e cultivares, bem como pelas diferenças pelo processamento da matéria prima.

Tabela 6 - Composição químico-bromatológica, do farelo de gérmen integral e desengordurado.

Produto	MS (%)	PB (%)	EE (%)	CZ (%)	CHO (%)	FDN (%)	FDA (%)	Ca (%)	P (%)
Integral	89,91	11,02	22,92	3,51	69,86	32,48	6,76	0,03	0,42
Desengordurado	89,76	11,22	3,69	6,55	82,23	29,28	6,37	0,39	0,55

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; MAGALHÃES; ROCHA JÚNIOR *et al.*, 2006.
 Legenda: MS - matéria seca; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; CZ - cinzas; CHO - carboidratos totais; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; Ca - cálcio; P - fósforo.

O farelo de gérmen integral ou desengordurado consiste de gérmen, tegumentos (fibras) e partes do endosperma, que podem conter partículas amiláceas. O farelo de gérmen de milho apresenta boa aceitabilidade pelos animais, resistência ao armazenamento e produção constante ao longo do ano; com isso pode substituir o fubá de milho, em concentrado para bezerros na fase inicial de crescimento (SIGNORETTI *et al.*, 1997), proporcionando redução nos custos, por possuir preços mais atrativos. No entanto, a concentração de fibra do farelo de gérmen de milho pode ser fator

limitante para a alimentação de poedeiras e/ou frangos de corte. Outro fator que deve ser considerado para a utilização desse produto para aves poedeiras seria, a capacidade de conferir pigmentação à gema do ovo, coloração esta que é influenciada pela quantidade de xantofila do presente no alimento (ACKER; CUNNINGHAM, 1991). O farelo de gérmen de milho apresenta concentração média de xantofila, de 1,8 µg/g, enquanto o grão de milho apresenta valores de 20,09 µg/g (MOROS *et al.*, 2002).

A utilização de farelo de gérmen de milho desengordurado para alimentação de aves de postura pode afetar a produção e a qualidade dos ovos, devido a redução da biodisponibilidade de minerais traços, como zinco, ferro e cobre, pois o fósforo presente está na forma de fitato (GRAF; EATON, 1984; RAVINDRAN *et al.*, 1999), ou reduzindo a ação as enzimas digestivas (KORNEGAY, 1996). Brunelli *et al.* (2010), avaliando a inclusão de farelo de gérmen de milho desengordurado em dietas para galinhas poedeiras, recomendaram a inclusão de 21,2% (Tabela 7). Já para suínos em crescimento, Soares *et al.* (2004) recomendaram a inclusão de até 30% na dieta, sem alteração do desempenho e a qualidade da carcaça dos animais.

Tabela 7 - Produção de ovos e índice de pigmentação da gema, de poedeiras alimentadas com rações com diferentes níveis de farelo de gérmen de milho desengordurado.

	Farelo de gérmen de milho desengordurado						Média
	0	4	6	12	24	30	
Índice de pigmentação da gema*	6,21	5,80	6,01	5,44	4,81	4,72	5,50
Produção de ovos (%)	97,00	96,00	97,00	98,00	98,00	98,00	97,33
Consumo de ração (g/dia) *	105,12	100,82	99,56	99,26	99,07	99,60	100,57

Fonte: Adaptado de BRUNELLI *et al.*, 2010.

Nota: * Efeito linear.

Farelo de glúten de milho

O farelo de glúten de milho (FGM) é originado pela remoção do amido e do gérmen, durante o processo de fabricação do amido de milho ou xarope, pelo tratamento enzimático do endosperma. Segundo Honeyman (1989), o processamento de 100 kg de grãos de milho em grãos rendem 62 a 68 kg de amido; 3 kg de óleo; 3,2 kg de farelo de gérmen; 20 kg de glúten; e 4,5 kg de farelo de glúten de milho.

O FGM é uma fonte alternativa de energia e/ou proteína, sendo caracterizado por apresentar elevados teores de proteínas solúveis e vitaminas (DROPPO; MACLEOD; GRIVE, 1985), possui em sua composição a parte mais externa do grão de milho, remanescente da extração do amido, do glúten e do gérmen (ANFAR, 1985; VIEIRA, 1991). Atualmente são, dois tipos de farelo de glúten utilizados na alimentação animal: o farelo de glúten de milho 21 e o farelo de glúten de milho 60 (Tabela 8).

Tabela 8 - Composição químico-bromatológica do farelo de glúten de milho (FGM).

	MS (%)	PB (%)	EE (%)	CZ (%)	CHO (%)	FDN (%)	FDA (%)	Ca (%)	P (%)	NDT (%)
FGM 60	89,75	58,14	1,47	4,98	40,36	8,50	5,0	0,04	0,36	84,56
FGM 21	87,46	23,18	3,37	8,22	66,22	39,53	11,23	0,10	0,60	73,45

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES et al., 2018; VALADARES FILHO; MAGALHÃES; ROCHA JÚNIOR et al., 2006.

Legenda: MS - matéria seca; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; CZ - cinzas; CHO - carboidratos totais; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; Ca - cálcio; P - fósforo; NDT - nutrientes digestíveis totais.

O FGM 21 apresenta a fração fibrosa do grão de milho, pode conter também extrativos fermentados do milho e/ou farelo de gérmen de milho, bem como, deve ser isento de materiais estranhos à sua composição. Já o farelo de glúten de milho 60 é o resíduo seco, obtido após a remoção do amido, do gérmen e da separação do farelo, por via úmida, através do tratamento enzimático do endosperma (TARDIN, 1991).

O FGM apresenta elevado teor nitrogenado, no entanto, essa proteína é de baixa qualidade, não sendo recomendado sua utilização como principal fonte de proteína para a avicultura e suinocultura. Apresenta alto nível de energia metabolizável; alto teor de xantofila; alto teor de metionina (1,9%); e é rico em beta caroteno (45,5 µg/g) (Tabela 9).

Tabela 9 - Teores de proteína *by pass*, xantofilas e teores de minerais do farelo de glúten de milho (FGM).

	FGM21	FGM60
Proteína <i>by pass</i> (%)	22,00	55,00
Teores de xantofila - µg/g	-	225 - 500
Cálcio (%)	0,36	0,16
Fósforo (%)	0,82	0,50
Potássio (ppm)	0,55	0,03
Magnésio (ppm)	0,36	0,06
Enxofre (ppm)	0,23	0,39

Fonte: Adaptado de SANTOS, 2004.

Hisano, Pilecco e Lara (2016) avaliaram a substituição do farelo de soja pelo glúten de milho em dietas para Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e identificaram que 21.95% a 38.75% de substituição, correspondendo a 5,37% e 9,48% do total da ração, melhora o desempenho e o rendimento de carcaça e filé, sem alterar a coloração. Pedroso, Santos e Bittar (2009) avaliaram a inclusão de FGM21 em substituição ao milho para vacas em lactação e concluíram que a inclusão não provoca alterações na produção de leite, resultando variações na composição do leite (Tabela 10).

Tabela 10 - Consumo de matéria seca, produção e composição do leite de vacas Holandesas, com 159 dias de lactação e alimentadas com farelo de glúten de milho (FGM).

	Inclusão do FGM (% da ração total)		
	0	10	20
Consumo de MS (kg/d)	21,03	22,32	20,22
Leite (kg/dia)	24,17	24,91	24,55
Gordura (%)	3,52	3,60	3,74
Proteína (%) *	3,05	2,99	3,00
Rel. Gordura/proteína	1,16	1,20	1,26
Sólidos totais (%)	11,85	11,82	11,92

Fonte: Adaptado de PEDROSO; SANTOS; BITTAR, 2009.

Nota: * P: 0,004.

Processamento do grão de milho

Para se melhorar a utilização dos nutrientes de grãos de milho, alterações físicas e/ou químicas na estrutura dos grãos, através da moagem, quebra, laminação e/ou floculação são necessários e influenciam a quantidade de alimentos a ser fornecida e o local onde esses cereais serão digeridos; fato que aumenta a eficiência da utilização energética proveniente do amido (MELLO JR., 1991). Com isso, vamos avaliar alguns processos separadamente:

- **Moagem:** esse processamento modifica a estrutura física de grãos inteiros, aumentando a superfície de exposição do amido às enzimas digestivas. A exposição é provocada pelo rompimento do endosperma, da matriz proteica protetora dos grânulos amiláceos. A digestibilidade ruminal do amido é aumentado pelas condições para o crescimento microbiano, disponibilizando maior energia e esqueletos de carbono. As alterações físicas podem ser obtidas através de diferentes graus

de moagem, associada a redução do tempo de permanência do alimento no rúmen, com decorrente aumento de consumo.

- **Laminação a seco:** durante o processo de laminação o grão de milho inteiro é fracionado em pedaços menores pela passagem de um rolo compressor, com força ajustada que estabelece a intensidade de quebra. Nesse processo ocorre pequenas alterações físicas no grão. Ao se comparar o grão laminado ao grão inteiro, conclui-se que o processamento permite aumento na digestibilidade ruminal, facilitando a chegada de amido ao intestino delgado.

- **Laminação a vapor:** Os grãos sofrem alterações físicas (laminação) e químicas (gelatinização). Durante esse processo, o grão inteiro fica em um condicionador, abastecido por uma linha de vapor. Devido ao aumento de umidade e temperatura, o processo de gelatinização do amido é iniciado. O grau de gelatinização é determinado pelo tempo de exposição: tempo de 15 a 20 min., à temperatura de 90 a 95 °C e com pressão no seu interior, resultando em um grão com umidade entre 17 e 20%. O processo de gelatinização, total ou parcial, permite melhora na digestibilidade ruminal do amido superficial, não havendo excesso na formação de ácidos graxos, metano e calor de fermentação e falta de energia que impeça o crescimento microbiano. A forma desse grão estimula a mastigação mais demorada, reduzindo o risco da queda do pH ruminal.

- **Floculação:** nesse processo os grãos ficam em um condicionador abastecido com linha de vapor, com tempo de permanência em torno de 30 a 40 min. e temperatura entre 90 e 105 °C para que, assim, a umidade dos grãos fique entre 20 e 24%.

Gelatinização do amido

Os grânulos de amido se observados em microscópio ótico sob luz polarizada apresenta birrefringência (diferentes índices de refração para diferentes direções de propagação da luz), indicando certo grau de organi-

zação molecular. As moléculas de amilopectina de forma linear, formam estruturas helicoidais duplas, estáveis na presença de pontes de hidrogênio entre os grupamentos de hidroxila, que originam as regiões cristalinas dos grânulos de amido. Já a região amorfa é composta pelas cadeias de amilose e ramificações da amilopectina (SOEST *et al.*, 1996; KEETELS; OOSTERGETEL; VLIET, 1996).

O fenômeno que afeta as propriedades do amido é a gelatinização, que transforma o amido granular em pastas viscoelásticas (JANG; PYUN, 1996). Durante o processo de aquecimento, na presença de excesso de água, ocorre o aumento do tamanho dos grânulos que, associado a temperaturas elevadas, rompem os grânulos, destruindo a ordem molecular e alterando suas propriedades. A temperatura na qual ocorre esse tipo de transformação é chamada de temperatura de gelatinização – T(G) (RAGHEB; EL-THALOUTH; TAWFIK, 1996; THIEWES; STEENEKEN, 1997). Por outro lado, quando aquecido com pequenas quantidades de água, o fenômeno que indica o rompimento de seus grânulos é conhecido como fusão (FARHAT; BLANSCHARD, 1997). A gelatinização indica que os grânulos de amido sofreram inchamento e rompimento na presença de umidade superiores a 40%, necessitando de aplicação de temperaturas elevadas quando o teor de água é mais baixo (SOUZA; ANDRADE, 2000). Nas tabelas 11 e 12 são apresentados os intervalos de temperatura de diferentes ingredientes e a percentagem de absorção de águas de diferentes tipos de processamento.

Tabela 11 - Intervalos de temperatura para a gelatinização do amido de diferentes ingredientes.

Ingredientes	Intervalo de temperatura (°C)
Batata (<i>Solanum tuberosum</i>)	56/66
Mandioca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)	58/70
Milho (<i>Zea mays</i> L.)	62/72
Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench)	68/75
Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	52/63
Arroz (<i>Oryza sativa</i> L.)	61/77

Fonte: Adaptado de BUTOLO, 2002.

Tabela 12 - Absorção de água de diferentes tipos de processamento para o milho grão.

Material	Absorção de H2O (%)
Milho moído	125,0
Milho laminado a seco	155,4
Milho cozido	289,8

Fonte: Adaptado de BUTOLO, 2002.



CAPÍTULO 2

Aveia (*Avena* sp.)

A aveia é uma planta da família das gramíneas típicas de inverno, muito rústica, exigente em água, com capacidade de perfilhamento e produção de massa verde; podendo ser utilizada como volumoso (pastejo, feno ou silagem) e para produção de grãos. A variedade preta (*Avena strigosa* Schreb) apresenta maior rendimento de grãos e maior produção de matéria seca que a aveia branca (*Avena sativa* L) e amarela (*Avena byzantina* C. Koch), sendo considerada uma forrageira de inverno. No entanto, as variedades brancas e amarelas apresentam maior tamanho de grãos, os quais são destinados a alimentação humana e animal.

O grão de aveia é envolto por uma casca resistente e fibrosa, correspondendo a 20 e 30% do grão; apresenta peso variando de 30 a 35 mg e densidade entre 520 a 760 kg/m³. As proporções do grão de aveia são: 9 a 12% (pericarpo), 63 a 84% (endosperma) e 2,8 a 3,7% (gérmen). O farelo de aveia apresenta teores de fibra variando de 15 a 20%, apresentando solubilidade de até 50% (HOSENEY, 1991; WOOD; BEER, 1998; McMULLEN, 2000).

A composição bromatológica do grão de aveia branca em comparação ao grão de milho pode ser vista na tabela 13. Destaca-se a concentração proteica do grão de aveia, que pode variar entre 12,40 a 24,50% quando descascado (LÀSZITITY, 1998), bem como pela maior porcentagem de lipídios (3,10 a 10,90%), com predominância de ácidos graxos insaturados

(PEDÓ; SGARBIERI, 1997). A concentração de amido varia de 44 a 61%, com valores médios de NDT próximos a 80% (VALADARES FILHO *et al.*, 2018).

Os carboidratos totais do grão variam de 75 a 80% da matéria seca, sendo o amido (43,7 e 61%) o principal carboidrato. No entanto, os grãos de aveia apresentam carboidratos não amiláceos que constituem a fração fibrosa do alimento. O grão de aveia apresenta elevados teores de fibra solúvel (β -glucanas), que atuam na melhoria da resposta imune e na glicemia após a alimentação.

As proteínas presentes no grão de aveia apresentam composição aminoacídica de acordo com os padrões exigidos pela FAO/OMS (ASP; MATTSON; ONNING, 1992). McMullen (2000) destaca que a maior porção proteica se encontra no grão (13,8 a 22,5%) e a menor na casca (1,4 a 1,9%) com variações entre as espécies; porém, assim como os demais cereais, a lisina se apresenta como o principal aminoácido limitante, seguido da treonina.

Tabela 13 - Composição químico-bromatológica do grão de aveia branca em comparação ao milho.

% MS	Aveia	Milho
Matéria Seca	90,44	87,96
Proteína Bruta	14,60	9,01
Extrato Etéreo	3,82	4,02
Fibra Bruta	10,20	2,21
FDN	27,69	13,05
FDA	22,92	3,89
Amido	52,71	71,75
NDT	75,24	86,11

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018.

Legenda: MS - matéria seca; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; NDT - nutrientes digestíveis totais.

Dentre os cereais utilizados na alimentação equina, o grão de aveia é o mais seguro, possuindo maior densidade energética (nutrientes) e teor

de fibra bruta (FB) na base da MS, próximos a 13%, podendo assim satisfazer as exigências nutricionais. O controle das cólicas equinas está relacionado a densidade do grão ingerido que pode alterar o consumo de nutrientes (GRIFFIN, 2020). A aveia integral é ideal quando fornecida a equinos, pela elevada proporção de mucilaginosas, alta proporção de casca (25%), alta digestibilidade do amido (90%), alto teor de gordura (4%) e o que acarreta em melhor mastigação, levando em conta a dentição do cavalo.

Para a avicultura, devido a seu teor de fibras, o uso de grãos de aveia é limitado, não sendo aconselhável inclusões superiores a 15% nas rações. As β -glucanas presentes na aveia são responsáveis por uma menor taxa de esvaziamento gástrico, que resulta em saciedade e decorrente da formação de géis, que tornam o bolo fecal maior e mais viscoso, reduzindo assim a absorção nutrientes, como glicose e colesterol, e menor ação de enzimas digestivas.

Na alimentação de ruminantes, considera-se a aveia como um alimento “concentrado-volumoso” (LOPES; MAGALHÃES, 2005), pois apresenta alto teor de fibra em detergente ácido (23%), enquanto que os demais cereais não excedem esse teor. Johnson e Boyles (1991) destacam que o uso de aveia preta poderia melhorar a microflora ruminal, facilitando a adaptação dos animais a dietas à base de grãos de cereais, devido ao consumo de grande quantidade de casca e consequentemente de fibra.

Apesar das particularidades apresentadas, a aveia possui diferentes formas de fornecimento aos animais, onde cada qual possui peculiaridades, podendo ser ofertada como flocos, grãos integral, forrageira e conservada na forma de feno.



CAPÍTULO 3

Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench)

O sorgo é uma planta da família das gramíneas (Poaceae) e, na alimentação animal, pode ser utilizado na forma de forrageira, ensilada e em grãos; no entanto, apresenta variações na presença de compostos fenólicos, principalmente o tanino condensado, considerado um fator antinutricional para animais não ruminantes.

O grão de sorgo é constituído de pericarpo, endosperma e gérmen; dependendo da variedade observa-se também a testa pigmentada, uma estrutura localizada entre o pericarpo e o endosperma. Essa estrutura apresenta taninos pigmentados (EARP; MCDONOUGH; ROONEY, 2004).

A presença do tanino no grão é dependente da cultivar, antigamente era comum se encontrar a classificação de sorgo com baixo, médio e alto tanino (KEMM; BRAND, 1996). Atualmente, os grãos são classificados pela presença ou ausência de tanino (BUTOLO, 2002). As variedades mais comuns são as de médio teor de tanino, pois reduzem o ataque de pássaros aos grãos.

O grão destinado à alimentação animal deve ser isento de fungos, micotoxinas, sementes tóxicas, pesticidas e apresentar compostos antinutricionais abaixo de 0,7%, sendo que esses podem ser oriundos de outros tipos de composto fenólico e não exclusivamente de tanino condensado; assim, essa concentração pode não trazer prejuízos dietéticos aos animais.

O grão de sorgo é o principal substituto ao milho, pois apresenta composição semelhante (Tabela 14), no entanto possuem menores teores de carotenoides e xantofilas (Tabela 15); além de baixas concentrações dos aminoácidos isoleucina e leucina, quando comparado ao milho. Ao ser comparado aos demais grãos de cereais, o sorgo é reconhecido pela sua dureza decorrente da quantidade de proteína presente no grão, que em média é de 11,4% (variação de 9 a 13%), sendo a prolamina a mais representativa (4,5%) e o aminoácido lisina, 2,35% (GAVA JUNIOR, 2017). No entanto, as proteínas e os grânulos de amido presentes no endosperma estão ligados às prolaminas (kafirinas), que reduzem a digestibilidade relativa desses nutrientes (FIALHO *et al.*, 2002).

Tabela 14 - Composição químico-bromatológica do grão e da silagem de sorgo.

	Sorgo (grão)	Sorgo (grão reidratado) [#]	Sorgo (silagem)*
MS (%)	88,01	59,80	28,49
PB (%)	9,33	9,52	6,26
NNP (%N)	16,66	2,34	12,09
NIDN (%N)	21,92	-	20,27
NIDA (%N)	18,22	0,1	10,24
EE (%)	2,91	3,5	3,39
CHO (%)	84,36	84,81	84,00
Amido (%)	64,51	61,82	14,85
FDN (%)	14,01	6,50	53,33
NDT (%)	79,86	88,40	59,28
Ca (%)	0,07	-	0,32
P (%)	0,29	-	0,13

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018; SILVA, 2021; COSTA, 2017; FAUSTINO, 2016; PEREIRA, 2012; ITAVO *et al.*, 2006.

Legenda: MS - matéria seca; PB - proteína bruta; NNP - nitrogênio não proteico; NIDN - nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA - nitrogênio insolúvel em detergente ácido; EE - extrato etéreo; CHO - carboidratos totais; FDN - fibra em detergente neutro; NDT - nutrientes digestíveis totais; Ca - cálcio; P - fósforo. Nota: [#]Sorgo reidratado com 30% de água.

*Silagem de sorgo forrageiro (*Sorghum vulgare*, *bicolor* ou *sudanense*).

Tabela 15 - Teores de pigmentos dos grãos de sorgo e de milho.

	Sorgo	Sorgo endosperma amarelo	Milho
Caroteno (ppm)	0,2	1,3	1,8
Xantofila (ppm)	1,1	7,0	19,0

Fonte: Adaptado de GOES *et al.*, 2013.

Como dito anteriormente a limitação principal para o uso de sorgo seria a presença do tanino condensado, um composto polifenoico presente no pericarpo dos grãos e que apresenta peso molecular entre 500 a 3.000 (JANSMAN, 1993). Esse composto ligado à proteína, além de tornar as dietas menos aceitáveis, reduz a digestibilidade, interferindo nos metabolismos de carboidratos e proteínas (FIALHO; BARBOSA, 1997) devido à inibição da tripsina ao longo do sistema digestivo (TEIXEIRA, 1998).

Quando está presente nas dietas, o ácido tânico se combina com grupos metil da metionina e colina, provocando redução nas disponibilidades desses compostos, reduzindo a taxa de crescimento dos animais. O grão pode ser fornecido triturado ou moído devido às características do grão integral que reduzem a digestibilidade, podendo substituir o milho em até 100% para vacas leiteiras e suínos (LANA, 2020). No caso das aves de corte e postura, recomenda-se a substituição de até 50% do milho e a adição de pigmentantes artificiais ou naturais para coloração da carcaça e da gema dos ovos. Um dos pretextos para o uso do sorgo em substituição ao milho seria o baixo custo do produto.

O tanino condensado, por um lado, apresenta vantagens agrônomicas, pois diminui os prejuízos causados pelos pássaros à cultura devido ao sabor adstringente e proporciona maior resistência de doenças ao grão. Por outro lado, a presença de tanino no grão apresenta vários problemas devidos aos testes colorimétricos não diferirem o tanino de outros compostos fenólicos (BUTOLO, 2002).

Na forma de forragem, o sorgo pode ser ofertado para todos os herbívoros. Porém quando a planta é jovem possui altos níveis de ácido cianídrico (HCN), o qual pode alterar as funções do rúmen causando distúrbios nos animais, levando a morte ou a perdas produtivas dos animais. No entanto, é possível o uso de sorgo na alimentação de animais com sis-

tema digestório distinto dos animais ruminantes, como equinos e suínos, pois o HCN pode ser destruído na presença do ácido clorídrico (HCl) secretado no estômago desses animais. A silagem de sorgo, quando comparada à silagem de milho (forragem comumente utilizada na nutrição de ruminantes), apresenta valor nutritivo inferior devido ao tamanho dos grãos, que reduzem os estímulos à ruminação dos animais.



CAPÍTULO 4

Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)

A mandioca é uma planta pertencente à família das Euforbiáceas, arbustiva e originária da América do Sul, cultivada em todo o território brasileiro, e apresenta características como tolerância à seca e baixa fertilidade; ela pode ser utilizada na alimentação animal integralmente (parte vegetativa, *in natura*, desidratada ou moída) (LANA, 2020). As hastes desidratadas e o farelo de rama apresenta valor nutritivo semelhante ao feno de alfafa. As formas de fornecimento podem ser: planta inteira, raiz picada e secada, raspas, além do uso na forma de farelos e farinhas (Tabela 16).

Tabela 16 - Composição químico-bromatológica e forma de utilização da mandioca e seus coprodutos.

Mandioca	MS (%)	PB (%)	EE (%)	CZ (%)	CHO (%)	FDN (%)	FDA (%)	NDT (%)
Raízes frescas	33,88	3,21	0,25	2,35	94,19	-	4,36	-
Raspa integral	87,33	3,05	0,60	3,91	91,71	11,20	6,81	82,10
Raspa residual sem amido	88,15	2,40	0,66	-	-	-	-	-
Rama	21,85	19,58	4,62	5,05	69,79	51,80	30,28	61,53

Continua

Tabela 16 - Composição químico-bromatológica e forma de utilização da mandioca e seus coprodutos.

Continuação

Mandioca	MS (%)	PB (%)	EE (%)	CZ (%)	CHO (%)	FDN (%)	FDA (%)	NDT (%)
Folha	30,38	24,55	6,41	6,65	58,36	48,97	20,10	58,10
Silagem parte aérea	25,51	11,01	3,59	4,89	80,51	50,80	44,20	67,86
Silagem raiz	45,49	2,64	0,25	3,96	91,82	12,00	2,07	84,48
Farinha de varredura	91,23	1,99	1,45	1,59	94,97	9,69	3,64	82,37
Farelo com casca	90,69	3,58	1,63	2,66	92,10	43,74	21,84	-
Fécula desidratada	88,45	1,96	0,42	1,93	95,70	33,00	24,11	63,09

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018; VALADARES FILHO; MAGALHÃES; ROCHA JÚNIOR *et al.*, 2006; FIGUEIREDO; SOUZA; FERREIRA, 2006; SILVA *et al.*, 2010; CARVALHO *et al.*, 2012.

Legenda: MS - matéria seca; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; CZ - cinzas; CHO - carboidratos totais; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; NDT - nutrientes digestíveis totais; Ca - cálcio; P - fósforo.

Nas cascas e raízes inteiras de mandiocas denominadas bravas, existem as substâncias glicosídeo cianogênico e linamarina que podem ser convertidas em ácido cianídrico (HCN), o qual, além de reduzir a aceitabilidade do alimento (em torno de 70%), é um potente inibidor da atividade enzimática da cadeia respiratória (OLIVEIRA, 1986), podendo causar anoxia e levar o animal a morte. Os teores HCN variam de 0,02 a 0,03% e nas variedades mansas os teores não ultrapassam de 0,005%.

A inibição desses efeitos tóxicos pode ser realizada através da desidratação ao ar livre por um intervalo de tempo de 24 a 72 horas, da fervura por 5 a 15 minutos (redução de 83%), da ensilagem ou dos processos fermentativos (redução de 70 a 80%), do aquecimento e da torrefação (redução de 100%), da maceração, dos processos de embebição em água ou da combinação de mais de um desses processos.

As raízes frescas são ricas em carboidratos amiláceos e pobre nos outros nutrientes, podendo ser recomendada o consumo de 2 a 3% do peso corporal do animal/dia. A raspa de mandioca moída apresenta ausência de carotenoides e é deficiente em metionina (LANA, 2020). Os

cereais como milho, sorgo e trigo apresentam em sua composição maior quantidade de amilose (aproximadamente de 28%) em relação a raízes e tubérculos; no entanto, a mandioca apresenta amilose com peso superior a esses cereais, apresentando de 1000 a 6000 moléculas de glicose, enquanto a amilose presente no milho é de 200 a 1200 (RANGEL *et al.*, 2008). Os grânulos de amido presentes em raízes e tubérculos apresentam maior capacidade de expansão na água que o amido de cereais, maior capacidade de dilatação de forma reversível (10 a 15% de aumento no diâmetro) em água fria, retornando ao estado original após secagem.

A presença da amilose apenas na região amorfa (forma menos pontes de hidrogênio com a amilopectina) e a baixa formação de complexos lipídio-amilose proporciona maior capacidade expansiva do amido de mandioca em relação aos cereais. Essa característica inerente ao amido de mandioca explica a maior digestibilidade quando comparada com o amido dos grãos de milho e sorgo (RANGEL *et al.*, 2008).

A farinha integral é constituída do tubérculo desidratado e moído, enquanto a farinha ou o farelo de raspa é associado ao produto após a extração do amido da mandioca (fécula). Nesses produtos, os teores de proteína bruta são baixos e encontram-se em sua maior parte (50%) na forma de nitratos, nitritos, cianetos e aminoácidos livres. Já como fonte de energia, seu uso é interessante, pois apresenta elevadas proporções de amido (65 a 75%), com baixa concentração de amilose. Ainda, a raspa de mandioca possui alto poder aglutinante, o que facilitaria o processamento de rações (extrusão e peletização).



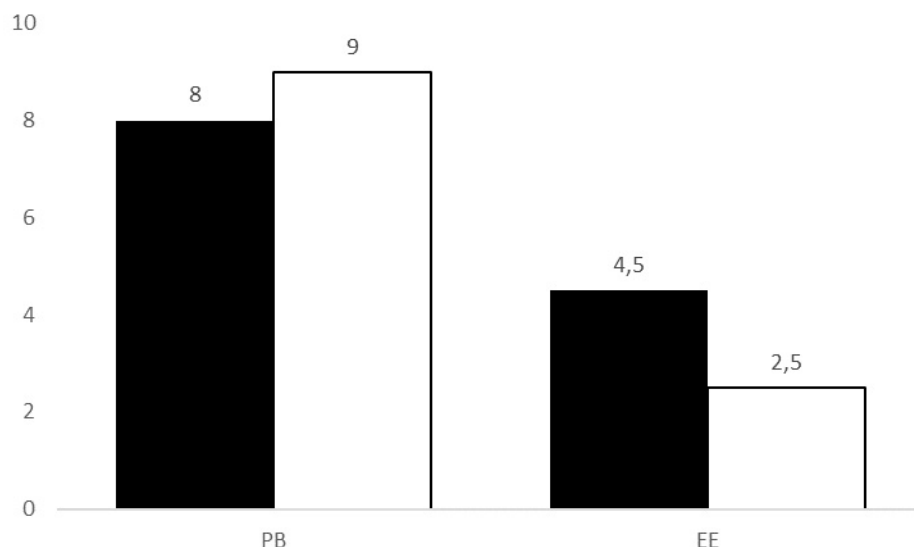
CAPÍTULO 5

Arroz (*Oryza sativa* L.)

O grão de arroz é composto por casca que corresponde a 20% do peso do grão, película (7 a 8%), gérmen (2 a 3%) e endosperma representando de 70 a 72% do peso total do grão (JU; VALI, 2005). O grão descascado pode ser utilizado na alimentação animal, uma vez que a casca possui valor nutricional muito baixo, elevado teor de fibra indigestível e sílica, que agredem a mucosa intestinal, trazendo desconforto e perda de desempenho produtivo.

O grão de arroz apresenta elevados níveis de carboidratos e teores de lipídeos baixos, no entanto os teores de proteína bruta são próximos ao encontrado no milho (média de 9%) (KRABBE; BERTOL; MAZZUCO, 2012 – Figura 01), caracterizando-se, assim, como uma fonte energética. O amido, presente no grão corresponde a aproximadamente 90% da matéria seca. O endosperma do grão é composto principalmente por amido, farelo e gérmen; apresenta principalmente fibra e pequenas quantidades dos outros carboidratos (JULIANO, 1993). A estrutura das cadeias de amilopectina e o teor de proteína influenciam na dureza do grão (ONG; BLANSHARD, 1995).

Figura 1 - Teores de proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) dos grãos de milho e arroz.



Fonte: Adaptado de KRABBE; BERTOL; MAZZUCO, 2012, elaborada pelos autores.

Legenda: grãos de milho (■) e arroz (□).

O grão de arroz possui albumina, globulina, prolamina e gluteína como frações proteicas, sendo a gluteína a maior fração presente (70 a 80% da proteína total), contendo boa digestibilidade (88%) segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 1985).

O arroz integral desclassificado, a quirera de arroz, ou os coprodutos do processamento dos produtos para a alimentação humana são destinados à alimentação animal. Esses ingredientes de baixa qualidade podem ser usados para alimentação de frangos de corte, poedeiras, suínos, caninos e bovinos. Dentre esses coprodutos, destaca-se o farelo de arroz integral (película envoltória do grão) que, após a remoção do óleo, resulta no farelo de arroz desengordurado. Esses alimentos apresentam em média 16% PB e energia metabolizável de 1850 kcal/kg para aves (BUTOLO, 2002) e de 3179,31 kcal/kg para suínos (ROSTAGNO *et al.*, 2005). O farelo de arroz integral, utilizado na alimentação animal, apresenta média de 13% de extrato etéreo, acarretando alta capacidade oxidativa, devendo ser utilizado

logo após o processamento ou em curtos períodos, se usado em longos períodos é necessário o uso de antioxidantes que diminuam as chances de rancidez oxidativa e o desenvolvimento de ácidos graxos livres.

Os principais coprodutos do grão de arroz, segundo Butolo (2002) são:

- 1) **Farelo integral de arroz branco:** originário após polimento e beneficiamento dos grãos descascados. Consiste de pericarpo e/ou película, podendo ainda apresentar gérmen, fragmentos de arroz (quirera fina) e pequenas quantidades de casca. Representa de 8% a 11% do peso total do grão (LUCHESE; JUSTINO, 2003) e apresenta aspecto farináceo e fibroso, suave ao tato.
- 2) **Farelo integral de arroz parboilizado:** originário do polimento após o beneficiamento dos grãos tratados termicamente (parboilizados). Consiste em pericarpo e/ou película, gérmen, fragmentos de arroz e pequenas quantidades de casca. Apresenta granulometria semelhante à do farelo de arroz integral.
- 3) **Farelo de arroz desengordurado:** produto final obtido após a extração de óleo por ação de solventes aplicados ao farelo de arroz integral ou parboilizado.
- 4) **Quirera de arroz ou arroz quebrado (arroz ¾):** produto originado do processo de seleção do grão de arroz para alimentação humana.
- 5) **Casca de arroz (moída):** oriunda do descascamento do grão, finamente moída, apresentando granulometria homogênea, livre de pó e de preferência dessilicada, podendo ser utilizada como veículo para inclusão de aditivos e suplementos.

Tabela 17 - Composição químico-bromatológica do grão de arroz e de seus coprodutos.

Item (%)	Grão	Quirera	Farelo integral	Farelo desengordurado	Farelo de casca
MS (%)	88,00	88,94	88,95	88,88	89,58
PB (%)	10,46	9,03	13,42	14,48	3,2
NIDN (%N)	-	-	19,51	7,38	-
NIDA (%N)	-	-	12,78	5,65	-
EE (%)	2,52	1,23	16,38	1,49	-
CHO (%)	76,00	87,74	59,07	69,05	28,91
Amido (%)	74,12	76,35	20,15	26,00	-
FDN (%)	11,76*	5,15	23,15	25,08	-
FDA (%)	8,93	-	11,96	14,37	68,98
NDT (%)	-	83,33	89,9	87,91	-
Ca (%)	-	0,07	0,11	0,09	0,04
P (%)	-	0,15	1,73	1,79	0,05

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018; WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008; LIMBERGER, 2006.

Legenda: MS - matéria seca; PB - proteína bruta; NIDN - nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA - nitrogênio insolúvel em detergente ácido; EE - extrato etéreo; CHO - carboidratos totais; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; NDT - nutrientes digestíveis totais; Ca - cálcio; P - fósforo.

Nota: *fibra total.

Farelo de arroz

Na comparação entre arroz e milho temos maior quantidade de fibra, menores teores de vitamina A, metionina, proteína bruta e alta quantidade de sílica. O farelo de arroz apresenta média de 75% de nutrientes digestíveis totais (NDT); 14% de proteína bruta na matéria seca, sendo pobre nas concentrações de minerais de cálcio (Ca) e rico em fósforo (P), tiamina, riboflavina e niacina. Os altos teores de extrato etéreo faz com que o farelo de arroz integral rancifique facilmente, prejudicando a aceitabilidade e a ingestão pelos animais. O armazenamento por tempo pro-

longado e em condições precárias (alta temperatura e umidade) aceleram o processo de rancificação do produto.

O farelo de arroz integral (FAI) tem a sua utilização limitada para aves e suínos devido aos efeitos antinutricionais, elevado teor de fibra, presença de fitatos e inibidores enzimáticos que podem prejudicar a digestibilidade dos nutrientes da ração (LE GOFF; VAN MILGEN; NOBLET, 2002; SELLE *et al.*, 2000). Gomes *et al.* (2012a) destacaram que a inclusão de FAI, por ser um ingrediente farináceo e fibroso, apresenta característica que tornam a ração menos densa e muito pulverulenta, dificultando a ingestão pelos animais.

Nicolaiewsky *et al.* (1989) verificaram que a inclusão o farelo de arroz integral é limitado a 30 ou 40% da ração; já Campos, Ludke e Terra (2002) avaliaram o efeito da inclusão de FAI sobre o desempenho de suínos nas fases de crescimento e terminação e concluíram que os animais que a inclusão de 30% de FAI piora a conversão alimentar e o ganho de peso. Gomes *et al.* (2012b) destacaram que a inclusão de FAI na dieta de leitões de 21 a 42 dias de idade pode ser realizada em até 20% sem que ocorra piora no desempenho zootécnico, na ocorrência de diarreias e na viabilidade econômica da produção. Para vacas, a sua inclusão pode chegar em até 30% e bezerras em até 20%, desde que não ultrapasse 5% de extrato etéreo na ração.

O farelo de arroz desengordurado, obtido pela extração do óleo por exposição a solventes orgânicos, apresenta valores variando de 14 a 18% de PB e 20% de FDN. As inclusões nas dietas de suínos nas fases pré-inicial e inicial podem ser realizadas em até 5% da ração e nas fases de terminação e reprodução, em até 30%; para alimentação de vacas leiteiras pode entrar em até 50% do concentrado. No caso das aves, recomenda-se a inclusão de até 5% da ração para frangos de corte e de 15% para poedeiras.



CAPÍTULO 6

Trigo (*Triticum aestivum*)

O trigo é uma gramínea, pertencente à família Poaceae, subfamília Pooideae e ao gênero *Triticum* com ampla utilização para consumo humano, devido ao seu valor nutricional. O grão de trigo é um cariópse, possuindo uma única semente (HOSENEY, 1991), com comprimento entre 6 a 8 milímetros e de 3 a 4 milímetros de largura; o gérmen e os tricomas são encontrados em extremidades opostas (QUAGLIA, 1991). Na parte oposta ao gérmen (região ventral), o grão apresenta um sulco ao longo da extensão longitudinal (HOSENEY, 1991), sendo composto por pericarpo (7,8 a 8,6%), endosperma (87 a 89%) e gérmen (2,8 a 3,5%) (QUAGLIA, 1991).

O pericarpo, a camada mais externa do grão é rico em fibras e sais minerais (ATWELL, 2001) e no endosperma se encontram a matriz proteica, inserida aos grânulos de amido (HADDAD *et al.*, 2001). A estruturação presente no endosperma caracteriza duas propriedades ao grão e trigo: dureza e vitreosidade. A vitreosidade se refere ao grau de compactidade do endosperma e a dureza, aos parâmetros físicos definidos por características genéticas (GREFFEUILLE *et al.*, 2007). A dureza interfere na moagem e na disponibilidade de amido resistente e na absorção de água (EL-KHAYAT *et al.*, 2006). Por último, o gérmen é constituído da parte embrionária da planta, formado por 2 a 3% do peso do grão e concentra a maior parte dos lipídeos (ATWELL, 2001).

O grão de trigo é uma fonte energética, podendo ser a principal fonte de energia em dietas para a avicultura em diversos países europeus; no entanto, em território brasileiro, não é comumente utilizado na alimentação animal, pelo alto custo de produção e pela disponibilidade de ingredientes energéticos alternativos. Normalmente, o grão que é destinado à alimentação animal é desclassificado ou possui classificação inferior para a produção de farinha de trigo; esses grãos apresentam baixo peso específico e baixo rendimento na moagem.

Nutricionalmente, o grão de trigo é classificado como mole ou duro, em função da composição da matriz proteica. O trigo duro possui maior associação entre a fração proteica e o amido, apresentando maior teor de lisina (utilizado para a produção de pães); já o trigo mole possui baixos teores de proteína e é utilizado para a confeitaria.

Devido à qualidade nutricional apresentada pelo grão de trigo e seus derivados, esses ingredientes apresentam potencial para inclusão em dietas de animais ruminantes e não ruminantes; no entanto, as cultivares podem apresentar grande variação na composição química e valor nutricional.

Em comparação ao grão de milho, o de trigo apresenta teores de proteína mais elevados, porém com níveis energéticos inferiores (Tabela 18). Nos grãos de trigo, os teores de PB variam de 9 a 16%, além de apresentar maiores quantidade de fósforo, níveis de energia metabolizável semelhantes, sem pigmentos, sendo um alimento com a boa aceitabilidade. Apresenta de 5 a 8% de pentosanas (arabinoxilanos), que alteram a viscosidade da digesta ao longo do trato gastro intestinal; essas substâncias se ligam aos componentes da parede celular proporcionando uma absorção de água pelas células 10% superior; em aves, os polímeros formados aumentam a viscosidade da digesta, pois esses animais não apresentam produção de xilanas com isso, esses problemas devem ser contornados com a limitação de trigo na dieta, ou com a adição de enzimas exógenas. Goes *et al.* (2008), avaliando a casca de trigo com 8,53% de PB, 46,62% de FDN e 19,24% de FDA na alimentação de ruminantes, encontraram elevada (63,23%) solubilidade na degradação de proteína decorrente da elevada quantidade de globulina, constituinte da proteína existente em sua composição, o que contribuiu para os elevados valores de degradação (80%).

Tabela 18 - Composição químico-bromatológica do grão do trigo e do grão de milho.

Nutrientes (%)	Grão de Trigo	Grão de Milho
Matéria Seca	89	87,96
NDT	88	84,64
Proteína Bruta	15	9,01
Extrato Etéreo	2	4,02
FDN	8	13,05
Amido	70,38	71,45
Calcio	0,04	0,03
Fósforo (P)	0,42	0,25
Magnésio (Mg)	0,16	0,11
Sódio (Na)	0,05	0,03
Potássio (K)	0,42	0,35
Enxofre (S)	0,18	0,04
Cu (ppm*)	7	3,48
Zn (ppm)	50	18,85
Fe (ppm)	61	55,94
Mn (ppm)	42	8,80
I (ppm)	0,1	-
Co (ppm)	0,14	0,02
Se (ppm)	0,3	0,07

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018;

Legenda: MS - matéria seca; NDT - nutrientes digestíveis totais; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; FDN - fibra em detergente neutro; Ca - cálcio; P - fósforo; Mg - magnésio; Na - sódio; K - potássio; S - enxofre; Cu - cobre; Zn - zinco; Fe - ferro; Mn - manganês; I - iodo; Co - cobalto; Se - selênio.

Nota: *ppm (partes por milhão).

Por outro lado, devido a esse elevado poder aglutinante, a inclusão do trigo no processamento de rações, principalmente as peletizadas, melhora a qualidade do *pellet* produzido. A adição desse ingrediente na dieta de aves reduz o teor de xantofilas; Lima *et al.* (1998) acrescentaram 14% de trigo em grão para frangos de corte, que apresentaram redução linear da coloração da canela, indicando assim necessidade de adição de pigmentantes artificiais na dieta.

A albumina encontrada principalmente no amido do grão de trigo, atua como inibidores de α -amilase; porém, esses inibidores são termolábeis e inativados durante o processo de peletização. No entanto, problemas com processamento podem ocorrer com a moagem fina do trigo, que pode causar enterite necrótica e, em aves jovens, provocar a impactação no bico devido à proteína presente apresentar maior viscosidade e aderência, causando transtornos como redução da atividade de alimentação, aumento dessa “massa” nos bebedouros e propiciando o aparecimento de bactérias e fungos patogênicos.

Farelo de trigo

O farelo de trigo é um produto formado pelo pericarpo (película que recobre o grão), a testa (película que recobre a semente), a camada hialina e a aleurona, partes externas do endosperma (EVERS; MILLAR, 2002). O endosperma é um complexo celular que, em sua maioria, apresenta paredes celulares grossas de elevada resistência; no entanto, o processo de moagem provoca a ruptura desse tecido, liberando micronutrientes, como o selênio (Se), ácido fólico, flavonoides e ácido fítico (HELSEBY; ZHUA; PEARSON, 2000).

O farelo de trigo (Tabela 19) apresenta concentração média de 15,52% de PB (ROSTAGNO *et al.*, 2005) e teor médio de 71% de NDT; entretanto, sua inclusão em dietas de aves é limitada pela elevada concentração de FDN. Os principais polissacarídeos não amiláceos presentes são as arabinoxilanas (36,5%), celulose (11%), lignina (3 a 10%) e os ácidos urônicos (3 a 6%) (MAES; VANGENEUGDEN; DELCOUR, 2004). O farelo de trigo também é rico em niacina, tiamina, fósforo, ferro e pobre em caroteno, pigmentantes, cálcio e riboflavina.

As arabinoxilanas apresentam alta capacidade de retenção de água, promovendo a viscosidade em soluções (SCHOONEVELD-BERGMANS; BELDMAN; VORAGEN, 1999). O aumento da viscosidade da digesta ao longo do trato gastro intestinal pode alterar a morfologia e a fisiologia entérica e alterar a taxa de trânsito, desregulando a função hormonal decorrente de variação na absorção de nutrientes. A digestibilidade da proteína

bruta pode ser reduzida pela presença das arabinoxilanas devido à inibição e/ou desarranjo da digestão proteica ou redução na absorção de aminoácidos, podendo também aumentar a secreção de proteínas endógenas, derivadas das secreções e de células intestinais (BEDFORD; PARTRIDGE, 2001; SILVA; SMITHARD, 2002).

Tabela 19 - Composição químico-bromatológica do grão de trigo e seus derivados.

(%)	Grão	Farelo	Glúten	Gérmen	Palha
MS	88,57	87,64	92,38	89,12	90,04
PB	14,7	16,68	74,48	31,14	3,92
NNP/N	-	19,00	-	-	-
NIDN/N	-	17,87	-	-	-
NIDA/N	-	3,71	-	-	-
EE	1,55	3,56	6,83	8,40	-
CHO	82,83	73,37	-	52,66	-
Amido	70,38	32,48	-	-	-
FDN	22,15	42,22	5,67	9,47	91,23
FDA	3,24	13,27	9,62	4,38	55,18
NDT	84,53	78,99	-	79,76	-
Ca	0,09	0,17	0,08	0,12	-
P	0,34	1,01	0,20	0,94	-

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018.

Legenda: MS - matéria seca; PB - proteína bruta; NNP - nitrogênio não proteico; NIDN - nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA - nitrogênio insolúvel em detergente ácido; EE - extrato etéreo; CHO - carboidratos totais; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; NDT - nutrientes digestíveis totais; Ca - cálcio; P - fósforo.

O farelo apresenta teor lipídico de aproximadamente 3,5% e ligeiro efeito laxante; a gordura presente pode rancificar se o armazenamento é realizado por tempo prolongado e em condições de alta temperatura e umidade. Possui um valor de energia metabolizável de 1300 Kcal para aves e 2800 Kcal para suínos (GOES *et al.*, 2013).

O farelo de trigo é recomendado para fases pré-inicial e inicial na suinocultura, em até 5% da ração, e na terminação e reprodução, pode ser

incluído até 30%. Na avicultura é recomendado a inclusão em até 5% da ração para frangos de corte e de até 15% para poedeiras; para animais ruminantes, pode ser usado sem restrição, desde que não ultrapasse o limite de 5% de EE na ração.



CAPÍTULO 7

Milheto (*Pennisetum americanum* L. Leeke)

O milheto ou painço milheto é uma gramínea cespitosa, cultivada durante a época de verão muito utilizada como forrageira, devido a elevada capacidade de rebrota após corte ou pastejo. Os grãos de milheto são pequenos e circulares (1/3 do tamanho do grão de sorgo); constituídos de endosperma (75%), gérmen (17%) e casca (8%), sendo a proporção do gérmen o dobro da observada no grão de sorgo (ANDREWS; KUMAR, 1992). O milheto apresenta teor médio de proteína bruta de 13% (variações entre 8,8% a 20,9% – Tabela 20), superior ao grão de milho e sorgo (ADEOLA; ORBAM, 1995), alta resistência a fungos e ausência de fatores antinutricionais (BANDYOPADHYAY; KUMAR; LESLIE, 2007); porém, apresenta ausência de carotenoides pigmentantes.

Tabela 20 - Composição químico-bromatológica do grão de milheto.

MS (%)	PB (%)	NDT (%)	CHO (%)	Amido (%)	EE (%)	FDN (%)	FDA (%)	CZ (%)	Ca (%)	P (%)
88,95	13,35	77,42	76,05	63,03	4,49	20,86	7,21	1,80	0,04	0,23

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018.

Legenda: MS - matéria seca; NDT - nutrientes digestíveis totais; PB - proteína bruta; CHO - carboidratos totais; EE - extrato etéreo; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; Ca - cálcio; P - fósforo.

O perfil aminoacídico do milheto (Tabela 21) é superior ao encontrado nos grãos de sorgo e milho (EJETA; HANSEN; MERTZ, 1987). O teor de lisina varia de 1,9 a 3,9 g/100 g (ADEOLA; ORBAN, 1995; EJETA; HANSEN; MERTZ, 1987; OSENEY; ANDREWS; CLARK, 1987) e as concentrações de metionina e treonina também são elevadas no milheto quando comparadas ao milho. O teor de extrato etéreo do milheto é superior ao do milho, a fração lipídica é responsável pela maior energia bruta presente no grão de milheto (LAWRENCE; ADEOLA; ROGLER, 1995).

Tabela 21 - Composição de aminoácidos do milheto comparada com milho e sorgo.

Aminoácidos (%)	Milheto	Milho	Sorgo
Metionina	0,30	0,19	0,15
Cistina	0,26	0,18	0,15
Lisina	0,39	0,26	0,22
Treonina	0,52	0,32	0,29
Triptofano	0,25	0,08	0,07
Arginina	0,65	0,44	0,36
Isoleucina	0,60	0,28	0,37
Leucina	1,44	1,03	1,19
Valina	0,78	0,42	0,45
Histidina	0,31	0,26	0,24
Fenilalanina	0,72	0,39	0,49
Proteína bruta	14,14	8,5	9,0

Fonte: Adaptado de BUTOLO, 2002; RODRIGUES *et al.*, 2001b.

Apesar de a energia bruta apresentada ser superior à do milho, a concentração de energia digestível é 15% inferior para suínos (VIANA, 1982 - Tabela 22). Ribeiro *et al.* (2004) avaliaram o teor de amido do grão de milheto e encontraram valores 10% inferiores ao grão de milho (62% x 72% da MS), o que poderia alterar o padrão de fermentação ruminal dos animais ruminantes. Mesmo apresentando redução dos valores energéticos na substituição do milho por milheto, melhoras nos coeficientes de digestibilidade do extrato etéreo e do amido são apresentados (GONÇAL-

VES; PIRES; SUSIN, 2010), com isso a substituição entre os grãos pode ser de até 100%.

Tabela 22 - Comparativo entre milho, sorgo e milheto.

	Milheto	Milho	Sorgo
MS (%)	88,13	87,68	85,20
PB (%)	11,58	8,49	9,33
EE (%)	4,0	4,0	2,91
EM A Kcal/kg	3038	3421	3323
EM B Kcal/kg	3020	3230	3080
EM C Kcal/kg	3460	3693	3480

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018.

Legenda: MS - matéria seca; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; EM - energia metabolizável.





CAPÍTULO 8

Polpa cítrica

A polpa cítrica ou polpa de citrus peletizada (*Citrus Pulp Pellets* – CPP) é um coproduto da indústria citrícola composto por cascas, sementes e bagaço de citrus, posterior a extração do suco. É utilizado como alimento energético para alimentação de bovinos; comercializada peletizada, minimizando os problemas ambientais, com redução da umidade, atração de moscas, e liberação do efluente produzido; com isso, o armazenamento superior a 2 meses não é recomendado e seu uso deve ser suspenso caso haja mudança na coloração do material.

Na forma *in natura* a polpa cítrica apresenta elevado teor de umidade e acidez. A secagem se inicia com processos mecânicos, por sucessivas prensagens, reduzindo em 70% a umidade; posteriormente, ocorre a exposição na temperatura de 100 a 116 °C, até que se obtenha valores de 88 a 90% de MS, possibilitando assim o processo de peletização. Para reduzir a sua hidrofilicidade e neutralizar a acidez antes de se iniciar a prensagem, é adicionado a massa úmida, hidróxido ou óxido de cálcio, o que acarreta em elevados teores de cálcio (Ca) no produto final e em algumas implicações nutricionais. (AGUIAR *et al.*, 2016; TEIXEIRA, 2001). No entanto, a exposição aos agentes secantes leva à produção de dioxina, o que limita a utilização da polpa de citrus. A dioxina é um contaminante pertencente a classe dos poluentes orgânicos persistentes (POPs), que tende a se acumular no organismo, podendo provocar distúrbios no organismo e levar

ao desenvolvimento de câncer. A dioxina pode ser transmitida através do consumo de leite e carne contaminadas, levando então o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) em 2003 a exigir o registro de empresas que processam a polpa cítrica com cal destinadas à produção de ração animal (BRASIL, 2003).

As características bromatológicas, valor e qualidade nutricional e aceitabilidade, variam conforme a variedade de citrus utilizado, métodos de secagem, condições e período de armazenamento. A polpa de citrus é um alimento com baixo teor de proteína bruta (5 a 7%) e elevado valor energético, com teores de NDT médio de 79% (NRC, 2007), alto coeficiente de digestibilidade da matéria seca; teores de FDN (21%); pectina (22,3%); polissacarídeos não amiláceos (32,4%); extrato etéreo (2,2%); e 7% de matéria mineral (MM) (Tabela 23). Destaca-se pelos teores de cálcio (1,81%) e fósforo (0,12%), baixo teor de lignina (1%) o que possibilita elevada degradabilidade ruminal (ORSKOV, 1987).

Tabela 23 - Composição químico-bromatológica da polpa cítrica.

Nutrientes (%)	Polpa cítrica	Polpa cítrica peletizada
MS	88,38	89,59
CZ	6,51	6,50
PB	6,93	7,17
CHO	84,02	83,17
FDN	24,47	26,13
FDA	20,20	20,35
EE	3,10	2,59
CNF	59,61	61,29
Lignina	2,17	2,35
Amido	6,70	0,60
Pectina	21,00	-
Ca	1,81	1,84
P	0,13	0,10
NDT	73,59	73,46

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018.

Legenda: MS - matéria seca; CZ - cinzas; PB - proteína bruta; CHO - carboidratos totais; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; EE - extrato etéreo; CNF - carboidratos não fibrosos; NDT - nutrientes digestíveis totais; Ca - cálcio; P - fósforo.

De acordo com as suas características pode ser considerado um produto intermediário entre volumosos e concentrados, com altos teores de pectina, celulose e polissacarídeos hemicelulósicos (BAMPIDIS; ROBINSON, 2006; FRANZOLIN; FRANZOLIN, 2000). Geralmente, a polpa cítrica é utilizada na substituição do milho representando de 85 a 90% do valor energético deste (NRC, 2000). O baixo teor de fósforo pode ser devido ao complexo do fósforo aos componentes fibrosos ou ao ácido fítico. A polpa cítrica é deficiente em aminoácidos como triptofano, metionina e cistina (AMORIM *et al.*, 2014).

Os teores de fibra dos compostos cítricos encontram-se principalmente na casca e sua maior parte é composta por celulose, parte importante de fibra alimentar insolúvel. As frações solúveis e insolúveis da fibra estão relacionadas à absorção de matérias orgânicas ou inorgânicas de forma mais lenta. A polpa cítrica contém em sua composição entre 0,25 a 0,45% de flavonoides que se encontram principalmente nas cascas e sementes da laranja e, segundo Domínguez (1995), a pectina apresenta capacidade ligante aos ácidos biliares, aumentando assim sua excreção e reduzindo o pool entero-hepático de colesterol circulante (BURKHALTER *et al.*, 2001; MONTAGNE; PLUSKE; HAMPSON, 2003; SILVA *et al.*, 2003).

A polpa cítrica apresenta em sua composição cerca de 25% de pectina (MULLER; PRADO, 2004a, 2004b). A pectina é um carboidrato estrutural, componente da fração solúvel da fibra, sendo um polímero de ácido galacturônico (VAN SOEST; ROBERTSON; LEWIS, 1991; SANTOS *et al.*, 2007). A pectina apresenta alta solubilidade e degradação ruminal; as taxas de degradação variam de 30 a 50%/hora, superiores ao amido (10 a 20%/hora), resultando em fermentação acética no rúmen e estabilizando pH, reduzindo a acidose ruminal (SNIFFEN 1988; VAN SOEST 1994; BAMPIDIS; ROBINSON, 2006).

Além disso, a polpa cítrica tem em sua composição 0,033 a 0,048% de oxalato, que podem reduzir a disponibilidade de minerais essenciais na dieta, tais como cálcio (KUMAR; KUMAR; SHARMA, 2012; KUMAR *et al.*, 2013). A polpa cítrica possui também em sua composição de 3,88 a 145,83 mg de vitamina C/100 g, que se encontra principalmente na casca de laranja (IBRAHIM *et al.*, 2011; NOBAKHT, 2013); também contém

aproximadamente 2,6 mg de carotenoides totais por 100 g de polpa cítrica (IBRAHIM *et al.*, 2011).

Esse ingrediente se torna uma alternativa para a suinocultura, visando redução de custos devido à substituição ao milho. Oluremi, Ojighen e Ejembi (2006) e Agu, Oluremi e Tuleun (2010) afirmaram que a polpa cítrica (PC) pode substituir de 15 a 20% de milho na dieta de frangos de corte, sem qualquer efeito adverso sobre o desempenho. Mourão *et al.* (2008) avaliaram a inclusão de 5 e 10% de PC para aves de corte e observaram redução na intensidade de vermelho (a^*)² da cor do peito desses animais; essa redução pode estar associada aos baixos níveis de moléculas bioativas vermelhas contidos na polpa e à absorção intestinal reduzida desses pigmentos. Segundo Silva e Smithard (1997), os teores de fibras solúveis contidos na PC podem afetar a digestão e absorção de pigmentos. Florou-Paneri *et al.* (2001) relataram que o uso de até 6% de polpa cítrica em dietas de codornas não apresentou efeito adverso.

Na alimentação de coelhos, a fibra digestível encontrada em alimentos como a polpa cítrica desidratada, com elevados níveis de pectina e reduzida lignificação da fibra, é bem aproveitada na forma de energia, minimizando os efeitos causados por fontes amiláceas como o milho, fornecendo também pequenas quantidades de fibra indigestível, aliando assim o valor nutritivo a efeito lastro. Nesse sentido, o uso de polpa cítrica poderia proporcionar aumento no peso de estômago e cecos dos animais, reduzindo a taxa de recuperação cecal da digesta; com isso, Maria (2008) recomenda a inclusão de, no máximo, 20% em relação à energia digestível do milho. Ibrahim *et al.* (2011) obtiveram melhor digestibilidade da fibra em substituição ao milho de 60%, demonstrando que a fibra contida na polpa tem um alto aproveitamento para coelhos.

2 O espaço de cor $L^*a^*b^*$ foi criado após a teoria de cores opostas, onde duas cores não podem ser verdes e vermelhas ao mesmo tempo, ou amarelas e azuis ao mesmo tempo.

Como mostrado abaixo, o L^* indica a luminosidade e o a^* e b^* , são as coordenadas cromáticas.

L^* = Luminosidade

a^* = coordenada vermelho/verde (+a indica vermelho e -a indica verde)

b^* = coordenada amarelo / azul (+b indica amarelo e -b indica azul). (FIOROTTO, [202-?]).

Schalch *et al.* (2001) obtiveram ótimos resultados na utilização da polpa cítrica desidratada (PCD) para bezerros leiteiros desmamados precocemente, relatando a possibilidade de 100% de substituição ao milho. Manzano *et al.* (1999) trabalharam com potras em crescimento e afirmaram a viabilidade de fornecimento de PCD a um nível de 15% na dieta completa, ou substituindo até 55% do milho no concentrado, ambos em uma alimentação composta por 60% de concentrado e 40% de volumoso. Nesse mesmo experimento, os autores observaram um aumento na digestibilidade aparente das rações com o incremento na utilização do subproduto.

A polpa cítrica se trata de um alimento concentrado energético, com características diferenciadas quanto à fermentação ruminal, atuando como alimento volumoso. Ela apresenta alta digestibilidade da matéria seca, sendo por muitas vezes superior à do milho laminado (EZEQUIEL, 2001). Devido a essas características, pode substituir o volumoso e os concentrados energéticos como o milho em 100%; pode ser utilizada como aditivo para silagens, pois proporciona benefícios para a fermentação acética, refletindo na rápida queda do pH da massa ensilada.





CAPÍTULO 9

Melaço

O melaço é coproduto da produção de açúcar. No Brasil, a partir da década de 1970, com a implantação do Plano Pró-Álcool, o melaço passou a ser usado eficientemente na produção de álcool combustível. Esse produto também é disponível para alimentação animal devido ao seu custo ser reduzido, onde 1 tonelada de cana produz aproximadamente 100 kg de açúcar e 20 a 50 kg de melaço.

O melaço de cana-de-açúcar é um produto líquido viscoso, de elevada densidade, de cor marrom-escura, apresentando em sua composição além da sacarose, todos os produtos originais do caldo de cana e mais aqueles formados durante o processamento (SANTANA; SOUZA, 1984). Na sua forma líquida, o melaço apresenta valores próximos de 75% de matéria seca e 50% de açúcares, sendo uma fonte de carboidratos e sais minerais. Trata-se de um alimento rico em monossacarídeos e dissacarídeos, cálcio, magnésio, potássio, niacina e ácido pantotênico; e pobre em tiamina, riboflavina e vitaminas lipossolúveis (E e K), com valores médios de 2,8% de PB (Tabela 24). A presença de nitrato de potássio em excesso é um fator limitante, podendo desencadear diarreia, nefrite e outras enfermidades.

Tabela 24 - Composição químico-bromatológica do melaço líquido e em pó.

	MS (%)	NDT (%)	PB (%)	EE (%)	CHO (%)	CHO sol (%)	Ca (%)	P (%)
Melaço	75,47	69,92	3,22	1,44	81,63	78,63	0,82	0,07
Melaço em pó	95,64	70,00	2,70	0,35	79,33	85,00	4,24	0,25

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018.

Legenda: MS - matéria seca; NDT - nutrientes digestíveis totais. PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; CHO - carboidratos totais; CHOsol - carboidratos solúveis; Ca - cálcio; P - fósforo.

No Brasil, há empresas que comercializam melaço em pó utilizado-o como palatabilizante para alimentação animal ou como aglomerante para a produção de rações peletizadas. Sua utilização é viabilizada quando o custo é inferior ou igual a 65% do preço do grão de milho. Já o melaço líquido pode ser utilizado como palatabilizante, reduzindo a pulverulência da dieta e minimizando a separação de partículas. A faixa de inclusão varia entre 5 a 12% da dieta (NUSSIO, 2005) para animais jovens (*i.e.*, bezerros); já para animais adultos essa inclusão pode chegar a 10 ou 20% em dietas com elevada proporção de forragens, para se estimular o consumo dos animais. No entanto, geralmente para bovinos, a recomendação máxima é de 15% da matéria seca da ração; para suínos recomenda-se o uso em até 20% da ração e para aves, 2 a 5% da ração. Para vacas leiteiras pode se utilizar de 2,5 a 3 kg, sendo que a inclusão acima de 30% de melado na dieta ocorre a redução dos teores de gordura e sólidos totais do leite. A utilização de melaço em bovinos deve seguir uma adaptação prévia e gradativa na dieta, para se evitar uma rápida fermentação e elevado risco de acidose ruminal.

Por ser um produto rico em carboidratos e de rápida fermentação, é utilizado veículo líquido em dietas de animais ruminantes para o fornecimento de nitrogênio não proteico (NNP), como a ureia (SANTANA; SOUZA, 1984; CAMPOS NETO, 1987). Para a adição de ureia, deve-se respeitar a proporção melaço/ureia, de 9:1 (LANA, 2020).

Dentre as principais características do melaço podemos citar: elevado teor energético (presença de sacarose e glicose); alta palatabilidade/aceitabilidade; baixa quantidade e qualidade da PB (até 3%); deficiência

em fósforo, rico em nitrito e potássio, Ca, Mg, niacina, colina, biotina; alta digestibilidade; ausência de vitaminas A e D; propriedade aglutinante podendo ser utilizado como veículo para o acréscimo de N (ureia); ou aspergido sobre forrageira de baixa qualidade.

O melaço apresenta concentração de 78° Brix e Art de 60 mg/L, devendo ser diluído em 20% com água (MORAES *et al.*, 2015). Para se facilitar o armazenamento e evitar a fermentação, deve ser mantido uma quantidade de sólidos dissolvidos (Brix), de 79,5°. Para isso a fermentação pode ser interrompida com adição de melaço com brix maiores, e/ou as superfícies serem cobertas com óleo vegetal (soja ou algodão).





CAPÍTULO 10

Cevada (*Hordeum vulgare*)

O grão de cevada é um dos cereais indicados para substituição ao milho na alimentação animal. Apresenta em torno de 12% PB, com maiores proporções de aminoácidos essenciais que o milho, embora contenha maior teor de fibra e menor energia (CORNEJO *et al.*, 1973). No mercado mundial, 66% da produção é utilizada como fonte forrageira e ração para a alimentação animal, no entanto o cultivo comercial de cevada no Brasil destina-se à fabricação de malte, principal matéria-prima da indústria cervejeira (STEFANELLO *et al.*, 2014).

Durante a produção de cerveja gera-se um coproduto industrial (STOJCESKA; AINSWORTH; PLUNKETT, 2008; WATERS *et al.*, 2012) resultante do processo fermentativo e caracterizado por uma fração sólida de malte de cevada remanescente após a produção de mosto, denominado de bagaço de cevada, bagaço de malte, resíduo de cervejaria (RC) ou simplesmente “cevada”.

O resíduo de cervejaria é descrito como a massa resultante da aglutinação da casca com resíduos da mosturação, apresentando maiores concentrações de compostos nitrogenados e carboidratos, do que o cereal de origem (CLARK; MURPHY; CROOKER, 1987). São comercializados em duas formas: úmida ou seca. Os custos gerados durante o processo de secagem fazem que o resíduo úmido de cervejaria (RUC) seja a principal forma comercializada (BROCHIER; CARVALHO, 2008); no entanto, a di-

ficuldade de transporte e a rápida deterioração restringem seu uso para propriedades próximas às indústrias cervejeiras. O armazenamento pode ser realizado em condições de aerobiose, contribuindo para a rápida degradação e a perda da qualidade (CABRAL FILHO; BUENO; ABDALLA, 2007). A conservação do resíduo úmido sem adição de conservantes é de no máximo 7 a 10 dias (DAVIS; GRENAWALT; McCOY, 1983; JOHNSON; HUBER; KING, 1987).

O processo de secagem é uma alternativa para aumentar o tempo de conservação, diminuindo assim o volume do material e facilitando o armazenamento (KLAGENBOECH; THOMAZINI; SILVA, 2011); entretanto, a exposição a temperaturas elevadas e o tempo de secagem elevado pode interferir nas características do produto final (LÓPEZ; PASCUAL, 1981). Reduções nos teores de proteína bruta são relatados por Armentano *et al.* (1986) que observaram perdas de nitrogênio de 32% e 55% quando empregado temperaturas de secagem de 50 °C e 150 °C. Pereira *et al.* (1999) também destacam que a temperatura de secagem reduz a degradabilidade ruminal e aumenta teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro e ácido (NIDN e NIDA).

O resíduo seco de cervejaria (RSC) apresenta teores de proteína bruta variando de 21,33% a 30,8% (POLAN *et al.*, 1985; VALADARES FILHO *et al.*, 2018 – Tabela 25), sendo que a degradabilidade ruminal da proteína bruta é baixa, mas a digestibilidade intestinal é alta (MERCHEN; HANSON; KLOPFENSTEIN, 1979; SANTOS; STERN; SATTER, 1984; GERON; ZEOULA; BRANCO, 2007).

No Brasil, o RUC é utilizado para a alimentação de bovinos (CARDOSO *et al.*, 1982, CABRAL FILHO 1999, SIMAS *et al.*, 2007), principalmente na bovinocultura de leite (SIMAS *et al.*, 2007), por apresentar proteína de escape ruminal – *by pass* (STENGEL 1991). Outro fator positivo para a utilização desse ingrediente na pecuária leiteira é a presença dos aminoácidos, lisina e metionina, considerados os aminoácidos mais limitantes à produção de leite. O RUC como fonte de metionina, atua como complemento ao farelo de soja, que apresenta baixos teores desse aminoácido (MENEGETTI; DOMINGUES, 2008). A administração do RUC na alimentação de ruminantes é associada a casos esporádicos, por vezes fatais, de intoxicação por etanol (BRUST *et al.*, 2015).

O RC apresenta elevados teores de fibra, proteína e aminoácidos essenciais, bem como minerais, polifenóis e lipídios (MUSSATTO; ROBERTO, 2005; MUSSATTO; DRAGONE; ROBERTO, 2006); e apresenta em sua composição, camadas de pericarpo (casca) da semente, que são ricas em celulose, polissacarídeos não celulósicos, lignina, proteína e gordura. Além de fornecer as vitaminas, biotina, ácido fólico, niacina, colina, riboflavina e tiamina, ácido pantotênico e piroxidina (HUIGE, 1994). O RC também é relatado por conter minerais tais como Ca, Cu, Fe, Mn, K e Na e aminoácidos essenciais (*i.e.*, lisina, histidina, metionina, fenilalanina, triptofano) e não essenciais (*i.e.*, alanina, serina, glicina, prolina) (HUIGE, 1994).

Tabela 25 - Composição químico-bromatológica da cevada grão e do resíduo de cervejaria, úmido (RUC) e seco (RSC).

(%)	Cevada, grão	RUC	RSC
MS	86,03	19,45	93,99
PB	15,18	20,50	24,13
NIDN/N	-	33,25	-
NIDA/N	-	13,55	-
EE	2,15	4,52	7,87
CHO	34,26	71,79	-
Amido	66,07	5,59	-
FDN	48,41	61,64	62,92
FDA	24,71	22,29	23,05
NDT	76,71	57,82	83,08
Ca	0,41	-	-
P	0,43	-	-

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2018; STEFANELLO *et al.* 2014.

Legenda: MS - matéria seca; PB - proteína bruta; NIDN - nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA - nitrogênio insolúvel em detergente ácido; EE - extrato etéreo; CHO - carboidratos totais; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; NDT - nutrientes digestíveis totais; Ca - cálcio; P - fósforo.





CAPÍTULO 11

Grãos secos de destilaria (DDG)

Os coprodutos da produção de etanol de milho são conhecidos como grãos secos destilados (DDG) e grãos secos destilados com solúveis (DDGS), oriundos da fermentação do amido pelas leveduras e enzimas.

O DDG corresponde a aproximadamente 20% do cereal empregado. Possui elevado valor nutricional e é pouco utilizado na alimentação humana, mas possui potencial para uso na nutrição dos animais (BARRAGÁN *et al.*, 2008). O seu uso como ingrediente para a alimentação animal, pode ser uma alternativa economicamente viável nas regiões produtoras, substituindo alimentos comumente utilizados, como farelo de soja, farelo de algodão, torta de algodão, caroço de algodão, milho, farelo de arroz, entre outros ingredientes.

Após a produção do etanol, através de moagem seca, há a formação do DDGS. Nesse processo, o produto passa pelas etapas de moagem, maceração, cozimento, hidrólise enzimática, fermentação e destilação, os resíduos, que normalmente são descartados (ALVES *et al.*, 2012); são centrifugados e separados em frações: hidrossolúvel, lipídica e sólida (WEIGEL; LOY; KILMER, 1997).

O milho, como matéria prima para a produção de etanol, apresenta rendimento industrial de 460 L de etanol anidro e 380 kg de DDGS por

tonelada de grão seco (WYMAN, 1996), podendo esses valores variarem entre diferentes plantas industriais. Normalmente, os coprodutos de destilaria de milho apresentam variação de cor de dourado brilhante a marrom, com odor semelhante ao da cerveja.

Devido ao processamento do milho, as concentrações dos nutrientes (proteína, gordura, fibra e fósforo) apresentam aumento de até 3 vezes (SPIEHS; WHITNEY; SHURSON, 2002), tornando-o pobre em amido, mas rico em nitrogênio e fibra em detergente neutro (FDN) de fácil digestão (PICANÇO 2022; GALATI, 2022; FONSECA *et al.*, 2021; LODGE *et al.*, 1996), podendo se apresentar como uma fonte viável de energia e proteína (Tabelas 26 e 27).

Tabela 26 - Composição Química - bromatológica dos grãos secos de destilaria (DDG).

%	DDG
MS	86,19
PB	29,5 - 45,19
EE	10,20
FDN	37,89 - 46,72
FDA	12,22 - 27,68
Cinzas	2,23 - 4,33
Amido	4,68
NDT	64,3

Fonte: PICANÇO, 2022; GALATI, 2022.

Legenda: MS - matéria seca; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; NDT - nutrientes digestíveis totais.

Tabela 27 - Fracionamento de carboidratos e proteínas, fração proteica degradável no rúmen (PDR) e não degradável no rúmen (PNDR) de diferentes fontes de DDG.

Frações dos carboidratos (%MS)		
	DDG sorgo	DDG milho
A+B1	16,47	4,4 - 14,86
B2	69,98	75,48 - 84,53
C	13,55	8,9 - 10,07
Frações nitrogenadas (%MS)		
	DDG sorgo	DDG milho
A	11,80	7,5 - 8,9
B1	4,67	7,85 - 9,67
B2	52,56	56,02 - 52,25
B3	10,20	7,14 - 10,20
C	20,95	17,72 - 18,13
PDR	45,80	48,10 - 56,02
PNDR	54,20	49,90 - 51,90

Fonte: Adaptado de FONSECA *et al.*, 2021.

Um desafio para o uso de DDG é a padronização produto, pois, como acontece com outros ingredientes, as concentrações de nutrientes podem variar (TJARDES; WRIGHT, 2002) porque a composição não é determinada pela taxa de emissão de um único produto final (como amido, açúcar ou óleo), mas sim de vários fatores oriundos das variações na inclusão de soluções, produtos (ou não), técnicas de inovação na fabricação e fracionamento (KELZER *et al.*, 2009).

Esse coproduto possui altos teores de proteína bruta (PB) variando entre 29,56% a 45,10% e extrato etéreo (EE) com valores médios de 10,2%, fazendo com que esse ingrediente possa ser utilizado como um alimento proteico alternativo na alimentação de ruminantes (Tabela 27). Em comparação ao farelo de soja apresenta menores concentrações de lisina e metionina, com elevada proporção de leucina e glutamato (Tabela 28). O DDG, quando incluído nas dietas de vacas em lactação, reduz as propor-

ções de milho e farelo de soja, sendo que inclusões de até 32% na MS aumentam a produção leiteira (MACAYA-QUIRÓZ; ROJAS-BOURRILLON, 2009). Picanço (2022), avaliou a inclusão de DDG em suplementos para bovinos em terminação a pasto e encontrou baixa solubilidade para a proteína e média degradação (Tabela 29).

Tabela 28 - Composição de aminoácidos do farelo de soja e do DDG, expressos em g de aminoácidos por 100 g de proteína (16gN).

Aminoácidos (g/100g)	Farelo de soja	DDG
Alanina	4,29	2,18
Glutamato	18,63	5,32
Aspartato	11,78	1,18
Leucina	-	3,74
Serina	5,45	1,38
Arginina	7,27	1,21
Fenilalanina	5,01	1,47
Prolina	-	2,68
Glicina	4,3	1,06
Valina	4,58	1,43
Histidina	2,55	0,83
Isoleucina	4,58	1,06
Tirosina	3,75	-
Lisina	6,43	0,71
Metionina	1,13	0,60
Cistina	-	0,62
Cisteína	0,93	-
Treonina	3,93	1,04

Fonte: Adaptado de ANDERSON *et al.*, 2000; GALATI, 2022.

Tabela 29 - Parâmetros cinéticos de degradação ruminal da matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) do grão seco de destilaria (DDG), em bovinos em terminação a pasto.

	Degradabilidade	
	MS	PB
A	19,34	0,97
B	59,72	80,51
C	3,914	1,37
DP	71,09	53,98
DE 5%/h	44,52	18,13
I	20,93	17,80

Fonte: Adaptado de PICANÇO, 2022.

Legenda: A - fração solúvel, B - fração potencialmente degradável, C - taxa de degradação da fração “b”; DP - degradabilidade potencial; DE - degradabilidade efetiva. I - fração indegradável.

A alimentação de suínos na fase inicial (11 kg) podem apresentar em sua composição 15 a 30% de DDGS sem causar prejuízos ao desempenho dos animais (GAINES; RATLIFF; ALLEE, 2006). De acordo com Stein e Shurson (2009), a inclusão de DDGS pode ocorrer em até 30% em dietas de leitões na fase pré-inicial (7 kg) e em até 50% para porcas em gestação e/ou lactação. No entanto, os autores destacam que a recomendação seria de 10% de DDGS, pois não se observou diferença no desempenho de suínos alimentados com dieta à base de milho e farelo de soja.

Tipos de DDG

Os coprodutos da indústria do etanol que utilizam o milho como matéria prima são: o Grãos Secos Destilados (DDG), Grãos Secos Destilados com Solúveis (DDGS) e o *Wet Distillers Grains* (WDG) — que traduzido significa Grãos Úmidos de Destilaria, ele é o resíduo ainda úmido, sem passar pelo processo de secagem.

O uso de WDG é limitado por conta desse alto teor de umidade (cerca de 70% de umidade). Essa alta umidade tem grande impacto no trans-

porte, pois pode afetar sua qualidade, consequentemente inviabilizando seu uso em confinamentos localizados a longas distâncias do local de produção. Além disso, o armazenamento do WDG também é dificultado por essa característica, caso seja mantido exposto, sua vida útil dura em torno de 4 dias. Para que tenha maior durabilidade, é necessário que seja ensilado (NETO, 2018).

Já o DDG (*Dried Distillers Grains* – Grãos Secos de Destilaria) é a versão seca do coproduto (contém cerca de 10 a 12% de umidade). Diferente do WDG, o DDG possui vida útil longa, assim como os alimentos concentrados comumente utilizados, como o milho (NETO, 2018). O DDG não possui adição de substâncias solúveis ao final do processamento. Com isso, sua composição é diferente da matéria-prima inicial (milho) e dos demais coprodutos e essas diferenças na composição podem afetar a degradabilidade desse alimento. Isso porque o processo de extração do etanol, além de causar redução da concentração de amido e de carboidratos não fibrosos, aumenta a concentração de FDN e proteína não degradável no rúmen, dificultando, assim, a degradabilidade por parte da microbiota ruminal (ALHADAS *et al.*, 2021).

Outro coproduto proveniente da indústria do etanol é o DDGS (*Dried Distillers Drains with Solubles* – Grãos Secos de Destilaria com Solúveis). O DDGS se diferencia dos anteriores por causa da adição da fração solúvel a sua composição. De forma mais clara, os resíduos da produção de etanol são centrifugados e separados em três frações: 1) Fração hidrossolúvel (vinhaça, tradicionalmente utilizada como adubo orgânico); 2) fração lipídica (óleo de milho); e 3) fração sólida (DDG) (SILVA; NETTO; SCUSSEL, 2016). Logo, a adição da fração solúvel (rica em óleo) à porção sólida (DDG) deriva em um produto com alto teor de energia, o qual passando por um processo de secagem resulta em DDGS (REIS; ROMANZINI, 2020). Esse coproduto possui elevado valor nutritivo, tendo alta concentração de proteína bruta (PB) e fibra bruta (FB), sendo a maior parte insolúvel. O DDGS apresenta um valor médio de energia e proteína bruta similar ao do farelo de soja, tendo como limitantes apenas os aminoácidos triptofano, arginina e lisina (PENZ JÚNIOR; GIANFELICE, 2008; BATALLA; DALE, 2006).



CAPÍTULO 12

Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)

O feijão quebrado ou “bandinha de feijão” trata-se de um resíduo de uma etapa do processo de limpeza e beneficiamento dos grãos, sendo, na maioria das vezes, eliminado. Esse resíduo apresenta teor médio de proteína bruta em torno de 249,9 g/kg de MS (ANTUNES *et al.*, 1995; VALADARES FILHO *et al.*, 2006; PATUSSI *et al.*, 2011 – Tabela 30); sendo caracterizado, conforme Nunes (1998) e Lana (2020), como um produto de baixa aceitabilidade e digestibilidade, com recomendações de inclusão de até 15% em concentrados destinados a bovinos em engorda, já o Department of Primary Industries and Fisheries (DPI, 2003), indica a inclusão de 20 e 10% em dietas para bovinos leiteiros e de corte.

Tabela 30 - Composição químico-bromatológica do resíduo do beneficiamento de feijão cru e tostado.

Alimento	MS (%)	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	EE (%)	CZ (%)
Feijão Cru	86,44	25,98	54,71	7,17	2,13	4,29
Feijão Tostado	88,24	24,00	54,05	8,61	2,10	4,81

Fonte: PATUSSI *et al.*, 2011.

Legenda: MS - matéria seca; PB - proteína bruta; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; EE - extrato etéreo; CZ - cinzas.

O resíduo do beneficiamento do feijão apresenta em sua composição lecitinas, que são proteínas ou glicoproteínas de origem não imune, fixadoras de carboidratos, com capacidade para aglutinar e precipitar glicoconjugados (GOLDSTEIN, 1980). Segundo Moss (2005), a lectina presente nos grãos de leguminosas não é degradada no rúmen, podendo ser fornecido em baixos níveis de oferta e por curtos períodos, sem causar sintomas de toxicidade em bovinos, já o DPI (2003) destaca que a lectina seria desnaturada no rúmen.

Segundo Mendonça *et al.* (2003), a baixa digestibilidade apresentada pelo feijão é devido à presença de globulinas e albuminas, que representam, em média, 75% das proteínas do feijão; sendo que a globulina G1, especificamente, representa de 35 a 50% das proteínas totais. A globulina G1 é resistente a ação enzimática (proteólise), reduzindo a digestibilidade da proteína bruta se comparada aos demais cereais e algumas leguminosas (SGARBIERI, 1996).

A presença de taninos também pode interferir na digestibilidade proteica, pois formam complexos com a globulina G1, através de interações hidrofóbicas, produzindo diminuição significativa na digestibilidade dessa fração, mesmo em concentrações elevadas de proteases (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996). A digestibilidade da proteína é reduzida em condições *in natura*, porém essa digestibilidade aumenta após tratamento térmico (SOLTELO; FLORES; HERNANDEZ, 1987). Patussi *et al.* (2011) avaliou a degradabilidade ruminal antes e após tratamento térmico e constatou melhora na degradabilidade potencial e na solubilidade (Tabela 31).

Tabela 31 - Parâmetros cinéticos da degradação *in situ* em tempo de colonização (TC) em horas, para MS, PB e FDN do resíduo de beneficiamento do feijão cru e tostado.

Alimento	a	b	c	DP	DE 2%	DE 5%	DE 8%	r ²	I	TC (h)
MS cru	5,9	42,81	0,62	48,21	38,25	29,58	24,57	0,97	51,29	6,54
MS tostado	46,67	34,52	0,33	81,19	79,21	76,64	74,44	0,95	18,81	4,65
PB cru	44,51	38,10	0,72	82,61	81,58	80,13	78,80	0,60	17,39	3,97

Continua

Tabela 31 - Parâmetros cinéticos da degradação *in situ* em tempo de colonização (TC) em horas, para MS, PB e FDN do resíduo de beneficiamento do feijão cru e tostado.

Continuação

Alimento	a	b	c	DP	DE 2%	DE 5%	DE 8%	r ²	I	TC (h)
PB tostado	83,58	16,29	0,60	99,87	99,35	98,62	97,96	0,93	0,13	3,30
FDN cru	65,48	25,64	0,63	91,12	90,33	89,22	88,22	0,92	8,88	3,71
FDN tostado	91,05	7,44	1,0	98,49	98,34	98,14	97,94	0,94	1,51	2,01

Fonte: Adaptado de PATUSSI *et al.* 2011.

Legenda: a - fração solúvel, b - fração potencialmente degradável, c - taxa de degradação da fração "b"; DP - degradabilidade potencial; DE - degradabilidade efetiva. I - fração indegradável. TC - tempo de colonização em horas.

Magalhães *et al.* (2008) e Goes *et al.* (2013) avaliaram a inclusão desse resíduo, em concentrados para vacas em lactação e novilhos confinados e constataram que a inclusão de feijão implicou na redução do desempenho e digestibilidade de nutrientes dos animais (Tabela 32 e 33).

Tabela 32 - Valores médios de consumo de nutrientes, digestibilidade de matéria seca (dMS) e proteína bruta (dPB), produção de leite (PL), de vacas em lactação alimentadas com resíduo de beneficiamento de feijão.

	0%	13%	26%	39%
CMS (kg/dia)	17,38	17,17	16,62	16,61
CPB (kg/dia)	2,29	2,28	2,13	2,14
CNDT (kg/dia)	19,96	19,19	18,69	18,18
dMS	0,63	0,62	0,63	0,61
dPB	0,61	0,60	0,57	0,55
PL (litros)	22,03	22,42	21,54	20,99

Fonte: Adaptado de MAGALHÃES *et al.*, 2008.

Tabela 33 - Valores médios de consumo de nutrientes, digestibilidade de matéria seca (dMS) e proteína bruta (dPB), ganho de peso (GPD) e taxa de eficiência proteica de novilhos alimentados com resíduo de beneficiamento de feijão.

	0%	13%	26%	Média
CMS (kg/dia)	6,84	7,85	6,41	7,04
CPB (kg/dia)	0,89	1,02	0,80	0,90
CNDT (g/dia)	5,01	5,06	4,20	4,75
Dms	0,39	0,57	0,50	0,49
dPB	0,50	0,59	0,44	0,51
GPDT	1,20	1,23	0,95	1,13
TEP	1,30	1,23	1,17	1,23

Fonte: Adaptado de GOES *et al.*, 2013.



CAPÍTULO 13

Soja (*Glycine Max* L)

A soja é uma planta pertencente à família das leguminosas e compreende mais de 7 mil variedades. O grão de soja como fonte proteica e energética é considerado a oleaginosa mais rica e disponível no mundo; apresentando de 90 a 100% de NDT, valores estes associados aos teores de óleo; possui cerca de 42% de PB (Tabela 34), mas é deficiente em cálcio, vitamina D e carotenoides. A soja pode ser utilizada de várias formas na alimentação animal, desde crua para ruminantes, como processada para não ruminantes. De uma forma geral, todo o produto soja deve ser caracterizado conforme o processamento submetido.

Apesar de a soja ser um ingrediente tradicional para a alimentação animal, apresenta componentes antinutricionais. Contém pelo menos quatro substâncias que inibem a ação da tripsina e quimiotripsina (SILVA, 1995b), sendo estes responsáveis por 40% dos efeitos sobre a redução de crescimento e hipertrofia pancreática. Esses compostos se complexam com a proteína dietética, conforme Gonçalves e Borges (1997), reduzindo a digestibilidade das proteínas alimentares já desdobradas pela pepsina. Ainda segundo os mesmos autores, o grão integral possui um componente bociogênico, que pode levar ao aparecimento de bócio animais, alimentados com rações com baixos teores de iodo.

A hipertrofia pancreática seria uma compensação fisiológica à baixa atividade da tripsina no intestino delgado, desde que a atividade urea-

tica do grão esteja em 0,20, a partir daí teremos redução do desempenho animal, já que a produção realizada pelo pâncreas será insuficiente para amenizar os efeitos e atuar na digestão de proteínas (BUTOLO, 2002); por exemplo, aves levam em média 6 semanas para compensar a falta de enzimas proteolíticas, neutralizar os inibidores de tripsina e ainda atuarem na digestão das proteínas.

Silva (1997) destaca que os inibidores de tripsina não são totalmente destruídos no ambiente ruminal, quando os animais são alimentados com grão de soja cru, provocando a redução da digestão proteica e consequente redução na produção de leite. Stern, Santos e Satter (1985) evidenciaram que a utilização de grãos de soja cru, reduz a digestibilidade da proteína no intestino delgado, sendo a extensão dessa queda relativamente pequena. O fornecimento do grão quebrado e tostado a 160 °C reduz a atividade inibidora da tripsina correspondendo a 24 unidades por miligrama; sendo a temperatura durante o processamento suficiente para desnaturar a maior parte da tripsina composto desse termolábil, tanto para o farelo quanto para o grão (MIELKE; SCHINGOETHE, 1981). Alimentos submetidos às altas temperaturas diminuem a solubilidade do N, pela coagulação ou desnaturação das proteínas; no entanto, pode ocorrer redução da solubilidade e da degradabilidade proteica ruminal. Essa proteína não degradada no rúmen (PNDR) poderá se tornar digestível para absorção no trato digestivo pós-ruminal (SNIFFEN *et al.*, 1992).

Os demais fatores antinutricionais, segundo apresentado por Butolo (2002), presentes nos grãos de soja integral são:

- Lectinas: albuminas com solubilidade em água que interagem com as glicoproteínas presentes nos glóbulos vermelhos, provocando a aglutinação celular. As células do intestino grosso tendem a se unir na presença de hemaglutininas reduzindo a absorção de nutrientes;
- Ácido Fítico (AF): possui ação quelante com o oxigênio presente em sua composição e possui elétrons livres que facilitam sua ligação a outras moléculas como cobre, zinco, ferro, cromo e cálcio, de modo que essa ligação leva à diminuição da biodisponibilidade desses minerais no organismo;

- Agentes Goitrogênicos: inibem a assimilação do iodo pela glândula tireoide atuando como competidor direto nos sítios de ligação das células tireoidianas; bloqueia a utilização da tiroxina;
- Fatores antivitaminas A e E: elevando a necessidade de suplementação para essas vitaminas;
- Lipase e lipoxidase: responsáveis pelo sabor amargo, essas enzimas catalisam a hidrólise da gordura presente no grão, podem levar a oxidação e rancificação do óleo (LIMA *et al.*, 2014);
- Saponinas, fatores flatulentos e alérgenos (glicina e β -conglucina): presentes em grãos com mais de 40% de PB e 20% de óleo, reduzem a absorção de nutrientes devido à atrofia das microvilosidades do intestino delgado. Causa também diarreias, principalmente em animais jovens (GRANT, 1989);
- Fitoestrógenos: as isoflavonas presentes no grão tem ação semelhante ao estrogênio no organismo; os efeitos produzidos são mais estudados na alimentação humana devido ao efeito benéfico sobre os sintomas da menopausa.
- Urease: enzima que atua na hidrólise da ureia no interior do rúmen, embora comumente não se utiliza o grão cru e a ureia conjuntamente para ruminantes, há pesquisas com suplementação múltipla para bovinos criados a pasto, em que a associação não gera quadros de intoxicação devido ao acúmulo de amônia no rúmen.

A inativação dos fatores antinutricionais pode ser realizada por diversos métodos, entre eles destacam-se:

- 1) Atividade ureática ou índice de urease: mede ao grau inativação dos fatores termolábeis. O grão cru possui atividade ureática de 2,0 a 2,5; sendo o recomendado 0,20 no máximo e quanto mais próximo de zero melhor. No entanto, a inativação por calor pode comprometer a disponibilidade de lisina, amino, aminoácidos sulfurosos.
- 2) Solubilidade da proteína KOH 0,2% e borato: método mais prático, onde a soja processada deve ter uma solubilidade pro-

teica mínima de 77%, enquanto que o ideal é de 80%. No entanto, a solubilidade próxima de 90% indica o subaquecimento do grão e vir acompanhada do teste de atividade ureática.

Os fatores antinutricionais presentes no grão são termolábeis e inativados pela exposição ao calor ou aquecimento a temperaturas elevadas por curto espaço de tempo (*i.e.* 100 a 170 °C por 20 a 30 min.) (MATEOS; LATORRE; LÁZARO, 2002; CARVALHO, 2006). O processamento térmico apresenta dois pontos positivos: além de eliminar os fatores antinutricionais termolábeis, provoca a ruptura da parede celular, liberando a proteína para o meio extracelular (LIMA *et al.*, 2014).

Se o aquecimento for insuficiente teremos uma inativação incompleta e se o aquecimento for excessivo, teremos perdas no valor nutricional da proteína da soja; afetando negativamente a digestibilidade dos aminoácidos; podendo ocorrer reduções na conversão alimentar, mau empenamento, queda de desempenho e canibalismo em aves (BUTOLO, 2002). Já com o superaquecimento a reação de Maillard é iniciada, permitindo que o grupo carboxila do carboidrato interaja com o grupo amino do aminoácido ou da proteína. Dentre os aminoácidos presentes a lisina é o mais vulnerável, de forma que deve ser suplementada quando a soja integral processada (tostada) for adicionada em dietas (ARABA; DALE, 1990).

O grão integral é recomendado para bovinos com inclusões entre 20 a 25%, da matéria seca total ou 2 a 4 kg/animal/dia (ESTEVES, 2000); mas o teor total dos lipídios não deve ultrapassar 5% da ração. A proteína de soja crua é rapidamente degradada no rúmen (GOES *et al.*, 2010) sendo reduzida pelo processamento térmico. A umidade presente e o teor de glicídios solúveis, bem como a temperatura são fatores que determinam a eficiência do processamento térmico na proteção da proteína. Silva (1995a) destaca que a tostagem do grão à temperatura recomendada de até 146 °C durante 30 min. proporciona o aquecimento do centro do grão de soja, em tempo suficiente para que a reação de Maillard ocorra. Porém, deve-se tomar cuidado para que o calor não prejudique a disponibilidade do aminoácido lisina. Para suínos com peso superior a 45 kg, recomenda-se a tostagem do grão a 100 °C por 30 a 45 minutos e logo em seguida moê-los, adicionando à ração em até 10%.

Tabela 34 - Composição químico-bromatológica do grão de soja integral e tostado.

(%)	Soja (grão)	Soja (grão tostado)
MS	90,92	90,08
PB	38,47	37,45
N-NH ₃ /N	47,28	-
NIDN	15,82	-
NIDA	6,93	-
EE	18,91	22,76
CHO	36,18	33,56
Amido	7,46	-
FDN	19,63	16,15
FDA	12,38	7,32
NDT	90,53	-
Ca	0,32	0,27
P	0,53	0,44

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018.

Legenda: MS - matéria seca; PB - proteína bruta; NIDN - nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA - nitrogênio insolúvel em detergente ácido; EE - extrato etéreo; CHO - carboidratos totais; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; NDT - nutrientes digestíveis totais; Ca - cálcio; P - fósforo.

Os processamentos térmicos mais comuns para o grão de soja são: tostagem e extrusão; sendo classificados em: curto — elevada temperatura em curto espaço de tempo (130 a 170 °C, por 10 a 180 segundos) — ou longo — baixa temperatura em maior espaço de tempo (105 °C, por 15 a 30 minutos) (MATEOS; LATORRE; LÁZARO, 2002). São exemplos de processos curtos a extrusão, a micronização e a tostagem (tambor rotativo ou *jet sploder*); sendo a tostagem a vapor e o processamento por micro-ondas exemplos de processos longos. Normalmente, os processos curtos se utilizam de calor seco e os processos longos de calor úmido (CARVALHO, 2006).

Farelo de soja

Segundo a Portaria n. 795/1993 do MAPA (BRASIL, 1993), entende-se por farelo de soja o “produto resultante da extração do óleo dos grãos de soja (*Glicine max* (L) Merrill), por processo mecânico e/ou químico”. Os teores de PB apresentados pelo farelo varia de 44 a 48% e dependem do processo de extração (solvente ou *expeller*). O farelo oriundo através de *expeller* apresenta menor degradabilidade ruminal da proteína que o farelo obtido pela extração de óleos via solvente.

O farelo de soja é considerado o alimento proteico padrão, com altos níveis de proteína bruta, de boa qualidade, energia e aceitabilidade. Para inativar os fatores antinutricionais (inibidor de tripsina e quimiotripsina, e as hemaglutinas-lecitinas) existentes no grão, o farelo de soja deve ser processado termicamente; é necessário exclusivamente o aquecimento para a evaporação do solvente químico (hexano) utilizado durante a extração do óleo.

O farelo de soja é classificado conforme o processamento a que foi submetido após a extração do óleo, ordenado em 2 classes, conforme a Portaria 795/1993 do MAPA/BR:

1. **Farelo cru:** não submetido a tratamento térmico, após a extração do óleo, apresenta aspecto e odor peculiares ao produto fresco, ser livre de matérias estranhas à sua composição e apresentar atividade ureática com variação no pH $\geq$ a 0,5; ou
2. **Farelo tostado:** submetido a tratamento térmico (tostagem) após a extração do óleo, apresenta aspecto e odor peculiares ao produto tostado, ser livre de matérias estranhas à sua composição e apresentar atividade ureática com variação de pH $<$ a 0,5.

O farelo de soja é classificado como alimento proteico (Tabela 35), com elevados teores de em tiamina, colina e niacina, mas pobre em carotenóides; apresenta o perfil aminoacídico mais favorável e também mais palatável para a maioria dos animais de interesse zootécnico. Para animais não ruminantes, a recomendação é variável de 20 a 30% dos constituintes da ração; para aves na fase inicial de desenvolvimento pode representar até 70% da proteína bruta da ração. No entanto, a recomendação para ani-

mais ruminantes depende diretamente das exigências nutricionais proteicas dos animais, visto que o farelo de soja é considerado uma fonte de proteína de média a lenta degradação (GOES *et al.* 2008, 2010).

Tabela 35 - Composição químico-bromatológica do farelo de soja.

MS (%)	PB (%)	FDN (%)	NNP/N	LIG (%)	EE (%)	CHO (%)	NDT (%)	Ca (%)	P (%)
88,56	48,79	14,78	16,01	1,56	1,94	42,80	80,41	0,33	0,58

Fonte: VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018.

Legenda: MS - matéria seca; PB - proteína bruta; FDN - fibra em detergente neutro; NNP - nitrogênio não proteico; Lig - lignina; EE - extrato etéreo; CHO - carboidratos totais; NDT - nutrientes digestíveis totais; Ca - cálcio; P - fósforo.

Casca de soja

A casca de soja é o envoltório do grão integral, separado do embrião durante o processamento industrial, lembrando que, para o processo de obtenção da casca de soja, é necessário a tostagem com o intuito de inativar os fatores antinutricionais. A cada 100 kg de farelo de soja de alta proteína, são produzidos em torno de 8 kg de casca de soja. A composição nutricional da casca de soja pode variar conforme o processo de industrialização; de acordo com Zambom *et al.* (2001), a casca corresponde a 2% do peso total do grão, no entanto, esse percentual pode variar de 0 a 3%.

A casca de soja pode ser considerada um suplemento energético, intermediário entre volumoso e concentrado (BERNARD; McNEIL, 1991; FISCHER *et al.*, 1992; SARWAR; FIRKINS; EASTRIDGE, 1991) por desempenhar papel fisiológico para a fibra vegetal, semelhante ao que ocorre com a polpa de citros e o resíduo de cervejaria, funcionando como um grão de cereal em termos energéticos. A casca de soja é disponibilizada de três formas básicas: intacta, moída ou peletizada. Tanto a forma intacta como a moída são volumosas e leves, levando a perdas durante o transporte, o armazenamento e o fornecimento aos animais.

Apresenta 80% do valor energético do milho (grão), com 2,82 Mcal de energia digestível por kg de MS (NRC, 1984); os teores de fibra são superiores (74% de FDN e 49,24% de FDA), no entanto, as concentrações de lignina são baixas, aproximadamente 3,8% (Tabela 36). Devido aos teores de lignina e da fermentabilidade da fibra no rúmen (BACH *et al.*, 1999), que proporciona elevada degradabilidade da FDN (em torno de 95%), esse alimento causa efeitos sobre o PH ruminal (LUDDEN; CECAVA; HENDRIX, 1995; GOMES, 1998), melhorando a produção de ácidos graxos de cadeia curta produzidos no rúmen. A adição da casca de soja pode ser realizada na substituição de volumosos em dietas de animais ruminantes em até 40% e para concentrados energéticos em até 25% (GARLEB *et al.*, 1988), sem alterar as concentrações de acetato ruminal e teor de gordura do leite.

Tabela 36 - Composição químico-bromatológica da casca de soja.

MS (%)	PB (%)	NNP (%)	FDN (%)	FDA (%)	CHO (%)	Amido (%)	EE (%)	CZ (%)	NDT (%)
90,9	12,59	19,88	66,45	49,29	76,70	3,78	2,23	4,8	74,85

Fonte: Adaptado de NRC, 2001; Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018.
 Legenda: MS - matéria seca; PB - proteína bruta; NNP - nitrogênio não proteico; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; CHO - carboidratos totais; EE - extrato etéreo; CZ - cinzas; NDT - nutrientes digestíveis totais.

A casca de soja é apresenta baixos teores de cálcio, vitamina D e carotenoides; podendo apresentar em sua composição a sojina, inibidor da tripsina, que causa crescimento retardado aos animais, hipertrofia pancreática, sendo inativada pelo tratamento térmico (tostagem) ou pelos microrganismos ruminais; e urease, que acelera a hidrólise da ureia no rúmen. Seu uso é recomendado para bovinos em até 20% da MS total da ração e os limites máximos de inclusão da casca de soja em dietas de vacas leiteiras são de 3,5 a 5,5 kg/vaca/dia (GOES *et al.*, 2013).

A alta aceitabilidade e as características bromatológicas da casca de soja, favorece o seu fornecimento em dietas para vacas em lactação e/ou bovinos de corte, permitindo o controle da acidose ruminal, principalmente quando são utilizadas dietas com elevadas proporções de con-

centrados. A substituição de alimentos ricos em amido pela casca de soja, pode ser realizado para vacas em lactação, prevalecendo a alta digestibilidade da matéria seca, produção e qualidade do leite (BERNARD; McNEIL, 1991). A adição de casca de soja em dieta de ruminantes contribui para que não ocorra alternâncias no pH ruminal e na produção de ácidos graxos de cadeia curta em animais com elevado potencial de produção. Segundo Goes *et al.* (2008), a casca de soja apresenta média degradação ruminal da matéria seca (45,50%), e proteína bruta (53,34%) com elevada fração potencialmente degradável.

Na alimentação de animais não ruminantes, a utilização de casca de soja tem se destacado, em suínos, com pequenas taxas de inclusão (percentagens de 12 a 24% na dieta total), para as categorias de reprodução e terminação têm acarretado resultados positivos, principalmente sobre o desempenho e reduzindo as emissões de nitrogênio e, consequentemente, a poluição ambiental (SILVA, B. A. N., 2004).



CAPÍTULO 14

Amendoim (*Arachis hypogaea* L.)

O amendoim é uma leguminosa cultivada em regiões tropicais e subtropicais. É originário do Brasil e de países fronteiriços, como Paraguai, Bolívia e Argentina. Esse ingrediente é destinado para a produção de farelo para alimentação animal e óleo vegetal para o consumo humano. O processamento por prensagem (quente ou frio) produz de 216 a 317 kg de óleo, por tonelada de amendoim processado. Após a extração de óleo vegetal, são obtidos a torta e/ou farelo de amendoim, destinados à alimentação animal.

Farelo de amendoim

O farelo de amendoim é oriundo de dois processos distintos: o farelo proveniente do descascamento dos grãos para produção da torta de amendoim; ou o farelo resultante da industrialização das vagens integrais. O farelo e a torta de amendoim apresentam elevados teores proteicos (Tabela 37), baixos teores de cálcio (Ca) e ausência de carotenoides pigmentantes. No entanto, possui níveis dos aminoácidos metionina, triptofano, treonina e lisina inferiores, se comparado ao farelo de soja. Os fatores antinutri-

cionais encontrados são os inibidores de tripsina, agentes goitrogênicos e as saponinas porém, podem ser inativados quando o farelo é submetido ao tratamento térmico. Para animais ruminantes, o farelo de amendoim apresenta elevada degradação ruminal da proteína bruta, em torno de 85% (GOES *et al.*, 2004).

A casca do amendoim, por se um componente fibroso, apresenta baixo valor nutritivo, o que, dependendo da proporção encontrada no farelo, pode influenciar em sua qualidade. O farelo de amendoim, obtido na ausência de casca apresenta cerca de 45% de proteína bruta; e 8,5% de extrato etéreo (ARAÚJO; SOBREIRA, 2008). Porém, segundo Reis e Fernandes (2020), a casca de amendoim pode atuar como fonte de fibra fisicamente efetiva para bovinos confinados, podendo ser incluída nas proporções de 12 a 20%.

Tabela 37 - Composição químico-bromatológica do grão de amendoim e seus coprodutos.

(%)	Amendoim, grão	Amendoim, farelo	Amendoim, torta
MS	91,90	89,41-91,9	90,94
PB	15,94	43,1-56,74	45,70
N-NH ₃ /N	-	0,52*	24,63
EE	-	1,28-1,50	8,66
CHO	72,38	35,37	31,62
Amido	-	12,29	2,78
FDN	29,71	13,08-27,2	15,37
FDA	-	10,84	11,37
NDT	66,95	80,73	91,21
Ca	0,11	0,18	-
P	0,74	0,62	-

Fonte: Adaptado de GOES *et al.*, 2004; VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018; ROSTAGNO *et al.*, 2005; OLIVEIRA *et al.*, 2013.

Lengenda: MS - matéria seca; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; CHO - carboidratos totais; NDT - nutrientes digestíveis totais; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; Ca - cálcio; P - fósforo.

Nota: * NH₃/MS.

Batal e Dale (2004) descreveram que o farelo de amendoim apresenta 2.664 Kcal / Kg de energia metabolizável, já as concentrações de aminoácidos são: totais (48,93%); lisina (1,45%), metionina (0,50%), cistina (0,64%), treonina (1,15%), triptofano (0,24%) e arginina (5,04%) (NRC, 1998; FEDNA, 2003; BATAL; DALE, 2004); devendo ser associados ao uso de aminoácidos sintéticos ou combinação com outros ingredientes adjuvantes, principalmente quando utilizados na avicultura comercial.

O farelo de amendoim ainda apresenta concentração de fósforo na forma de fitato, que reduz a assimilação pelos animais e se torna um problema ambiental, uma vez que o fósforo fítico é um potencial poluidor quando presente em dejetos animais (ARAÚJO; SOBREIRA, 2008).

A infestação pós-colheita pelos fungos *Aspegillus flavus* e *Aspegillus parasitus* se torna um dos pontos negativos para o uso do farelo de amendoim na alimentação animal, devido à produção de aflatoxinas, composto com propriedades hepatóxicas, teratogênicas e que em altas proporções podem levar o animal à morte. Os animais podem ser classificados de acordo com a sua susceptibilidade à aflatoxina, sendo: a) muito susceptíveis (DL50 até 1 mg/kg peso vivo): trutas, marrecos, coelhos, cães, gatos e perus; b) susceptíveis (DL50 até 10 mg/kg): porcos, bezerros, pintinhos, frangos, codornas, faisões, vacas e ratos; c) muito pouco susceptíveis: ovinos e camundongos. O farelo de amendoim contaminado com aflatoxina B1 pode ser tratado por processo de amonização (inativação de 95%); ou pela presença de substâncias adsorventes (i.e., alumino silicatos de cálcio e/ou sódio; mananoligossacarídeos) que se ligam a toxina impedindo sua absorção intestinal.

O farelo de amendoim pode ser incorporado na dieta de suínos e aves em até 12%, lembrando que, se necessário, deve-se suplementar com os aminoácidos lisina e metionina; já para bovinos, a inclusão pode ser de 20 a 30% da matéria seca da dieta.



CAPÍTULO 15

Babaçu (*Orbynia martiana*)

O babaçu é uma palmeira encontrada em diversas regiões da América Latina, contudo é nativa das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil, sendo encontrada principalmente em alguns estados como Mato Grosso, Maranhão, Tocantins e Piauí. Essa Palmeira é derivada da família Aracaceae. É uma palmeira típica das zonas de transição entre florestas úmidas da bacia amazônica e os ambientes dos biomas Cerrado e Caatinga.

Inúmeros produtos são derivados do babaçu, sendo utilizadas suas folhas, cascas, caule, palmeiras, seus frutos (cocos) e até mesmo seu tronco. As amêndoas contidas nos frutos da palmeira podem atingir teores de até 59% de óleo.

Isso leva a uma grande produção de matéria-prima, que são muitas vezes destinadas à alimentação de animais, principalmente bovinos. Alguns de seus derivados têm grande eficiência na alimentação de gado leiteiro e podem servir como meios alternativos a compostos convencionais feitos à base de milho e soja. Seus coprodutos vêm sendo desenvolvidos para a nutrição de aves, como a torta que tem alto teor de proteína e a farinha amilácea fina que possui alto conteúdo de energia.

Atualmente, uma das principais utilidades do babaçu é a produção de óleos a partir de suas amêndoas, que representam cerca de 6 a 7% do peso total de seu fruto, o coco. O óleo de babaçu consiste em 65% do peso da amêndoa.

Um dos seus subprodutos é a torta de babaçu, que tem sido ministrada nas rações de animais de produção (GASPARINI *et al.*, 2015); a torta apresenta alta aceitabilidade, com teores de 24% de PB (Tabela 38); é deficiente nas concentrações de lisina e apresenta níveis de fibra intermediários. Pode-se usar a torta na alimentação de vacas leiteiras, pois eleva o teor de gordura do leite; ela pode ser fornecida de 1,5 a 2,0 kg/dia ou incluída em rações na proporção de até 20% do concentrado (GOES *et al.*, 2013).

Devido aos teores de óleo presentes em sua composição (2,7 a 7,7%), a torta de babaçu se torna um ingrediente de fácil rancificação. A inclusão desse ingrediente em dietas de frangos de corte, em fase de cria, deve ser criteriosa, devido aos teores de fibra insolúvel (GASPARINI *et al.*, 2015), de difícil digestão no trato digestório (CARNEIRO *et al.*, 2009). Gasparini *et al.* (2015) destacaram que os elevados teores de FDN e FDA reduziram os valores de energia metabolizável da torta de babaçu. Já os teores de aminoácidos digestíveis foram inferiores ao encontrado na literatura para frangos de corte, destacando-se os aminoácidos histidina e arginina (Tabela 39).

Tabela 38 - Composição químico-bromatológica da torta e do farelo de babaçu.

%	Babaçu, torta	Babaçu, farelo
MS	90,75	89,96
PB	19,27	20,58
N-NH ₃ /N	9,02	-
EE	8,01	1,59
CHO	67,58	75,70
Amido	1,03	-
FDN	71,41	73,20
FDA	39,11	44,64
NDT	40,76	60,26
Ca	0,15	0,13
P	0,69	0,36

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018.; GASPARINI *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2013.

A inclusão de farelo de babaçu em dietas para ovinos confinados em até 30% reduz o consumo de matéria seca e de nutrientes e o ganho de pesos dos animais; porém, a inclusão de farelo babaçu aumentou os coeficientes de digestibilidade (XENOFONTE *et al.*, 2008). Já a inclusão de 20% do farelo, em substituição ao milho e ao farelo de soja, não interferiu nas características da carcaça dos animais (SOUSA JR., 2007).

Tabela 39 - Aminoácidos totais (AA totais) e aminoácidos digestíveis verdadeiros (AA dig. verd.) da torta de babaçu para frangos de corte em crescimento.

Aminoácidos (%)	AA totais	AA dig. verd.
Lisina	0,63	0,35
Metionina	0,36	0,20
Metionina + cistina	0,53	0,27
Treonina	0,69	0,39
Arginina	2,29	1,58
Histidina	0,40	0,18
Isoleucina	0,68	0,35
Leucina	1,28	0,69
Fenilalanina	0,82	0,39
Valina	0,98	0,48
Alanina	0,91	0,56
Ácido aspártico	1,69	0,85
Ácido glutâmico	3,80	2,40
Cistina	0,17	0,09
Glicina	0,95	0,46
Serina	0,92	0,53
Tirosina	0,59	0,31

Fonte: Adaptado de GASPARINI *et al.*, 2015.



CAPÍTULO 16

Coco (Cocos nucifera)

Na industrialização do coco é possível obter coprodutos como a torta e a farinha que são utilizados na alimentação de animais, principalmente para a avicultura. A torta e/ou o farelo de coco é um coproduto derivado da extração do óleo de coco, classificados como alimentos concentrados, como fontes de energia ou proteína. Atualmente, busca-se alternativas de baratear os custos com alimentação mantendo bons resultados; dessa forma, o farelo de coco é um ingrediente alternativo para a alimentação animal, por ter baixo custo e alta disponibilidade em diversas regiões brasileiras.

Segundo Rostagno *et al.* (2005), o farelo de coco apresenta valores de energia metabolizável para aves de 1.921 kcal, teores de 22,3% de PB, 3,8% de EE e 13,90% de FB. Entretanto, a tabela de composição de alimentos da Embrapa (1991) apresenta esse coproduto para alimentação de aves com 25,42% de PB, 17,08% de EE, 12,57% de FB, e 2.523 kcal de EM/kg. As variações na composição e no valor nutricional são decorrentes do processamento industrial utilizado (PANIGRAHI, 1989), determinando principalmente os teores de lipídeos (Tabela 40).

Tabela 40 - Composição químico-bromatológica da torta e do farelo de coco.

(%)	Torta de coco	Farelo de coco
MS	92,97	89,90
PB	20,26	23,72
EE	9,55	8,95
CHO	60,91	58,66
FDN	-	50,31
FDA	-	37,32
NDT	90,60	60,43
Ca	0,28	0,16
P	0,58	0,41

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018; ROSTAGNO *et al.*, 2005.
Legenda: MS - matéria seca; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; CHO - carboidratos totais; FDN - fibra em detergente Neutro; FDA - fibra em detergente ácido; NDT - nutrientes digestíveis totais; Ca - cálcio; P - fósforo.

Na comparação dos teores de proteína bruta entre o farelo de coco e o farelo de soja, podemos considerar que o coproduto da indústria do coco possui qualidade inferior, apresentando deficiência em lisina e baixos valores para metionina, fenilalanina e arginina (SOLDEVILA; ROJAS-DAPORTA, 1976; McDONALD; EDWARDS; GREENHALGH, 1988). Outra limitação existente para animais não ruminantes é o teor de fibra existente, que reduz o consumo e a digestibilidade dos nutrientes para aves (RODRIGUEZ PALENZUELA; GARCIA; BLAS BEORLEGUI, 1998).

Os trabalhos de Panigrahi (1989), Braga *et al.* (2005) e Lima *et al.* (2007) mostram que poedeiras comerciais não apresentam dificuldades em consumir e utilizar os nutrientes de rações com coprodutos do coco; entretanto, a coloração da gema dos ovos diminui linearmente conforme foram aumentados a inclusão do farelo de coco na ração, a recomendação é de 15%, desde que se utilize fontes de pigmentação (Tabela 41). Já para ovinos, a inclusão não deve ultrapassar a 6%, para não ocorrer a redução de consumo e digestibilidade dos nutrientes (BRAGA *et al.*, 2009).

Tabela 41 - Desempenho e coloração da gema dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo farelo de coco.

	Farelo de coco (%)				
	0	5	10	15	20
Índice de pigmentação da gema*	6,47	6,18	5,64	5,55	5,05
Produção de ovos (%)	84,89	86,46	85,77	83,23	83,30
Consumo de ração (g/dia) *	94,81	94,38	93,71	90,89	90,17

Fonte: Adaptado de BRAGA *et al.*, 2005.

Nota: * Diferente pelo teste de Dunnett ($P < 0,05$).

A extração do óleo de coco gera a torta de coco como principal co-produto, com valores médios de 22% PB (18 a 25%) e fibra bruta de 12,0%. O farelo de coco apresenta valor biológico inferior ao farelo de soja e amendoim, porém superior ao milho; é deficiente em lisina e apresenta boa aceitabilidade. Esse farelo é recomendado para bovinos na quantidade de 2 kg/dia e, para vacas em lactação, a quantidade é de 30% da matéria seca ofertada (LANA, 2020), favorecendo a produção de derivados do leite, como a manteiga com maior solidez.

O óleo de coco apresenta grandes proporções de glicerol e glicerídeos assimiláveis (91%), e óleos saturados, como o ácido láurico, que apresenta baixa rancidade e maior capacidade de derretimento; esse óleo apresenta maior grau de digestibilidade que as demais gorduras. Após a extração do óleo, é gerado uma polpa seca, que é processada em moagem fina originando a torta e/ou farelo.

Tabela 42 - Perfil dos ácidos graxos no óleo de coco.

Ácidos graxos	Teor (%)
Ácido capróico	0,3 – 0,8
Caprílico	5,5 – 9,5
Cáprico	4,5 – 9,5
Láurico	44 – 52
Mirístico	13 – 19

Continua

Tabela 42 - Perfil dos ácidos graxos no óleo de coco.

Continuação

Ácidos graxos	Teor (%)
Palmítico	7,5 - 10,5
Esteárico	1 - 3
Araquidônico	0,04
Oleico	5,8
Linoleico	1,5 - 2,5

Fonte: GOES *et al.*, 2013.

Em dietas de animais não ruminantes, o farelo ou torta de coco se apresentam como substituto parcial ao milho e ao farelo de soja, sendo necessário estabelecer níveis de inclusão adequados para aves e suínos. A utilização do farelo de coco nas rações de aves se torna economicamente vantajoso em regiões onde a disponibilidade de fontes de proteína tradicionais e de melhor qualidade é escassa. A presença de extrato etéreo (lípidos) nas rações eleva a densidade energética e melhora a utilização da energia e de outros componentes da ração, aumentando o tempo de trânsito do alimento pelo trato gastrointestinal, promovendo maior digestão e melhor absorção dos nutrientes (MATEOS; REBOLLAR; MENDEL, 1996).



CAPÍTULO 17

Linhaça (*Linum usitatissimum*)

O linho é uma herbácea pertencente à família das Lináceas, com altura variável (40 a 100 cm), de porte ereto, com ramificações na parte superior; apresenta folhas alongadas e estreitas, flores azuis-claras e o fruto na forma de cápsula globulosa. Os grãos ou sementes são chatas e ovaladas de bordas pontiagudas, com 3,0 a 6,4 mm de comprimento, 1,8 a 3,4 mm de largura e 0,5 a 1,6 mm de densidade, com textura e sabor de nozes. Apresenta em sua composição ácidos graxos Ômega 3, Ômega 6 e Ômega 9, além de compostos antioxidantes.

Os grãos de linhaça apresentam de 39% a 45% de óleo em sua composição (VIEIRA *et al.*, 2012); com 73% na forma de gordura poli-insaturadas, 18% monoinsaturadas e 9% saturada (OLIVEIRA *et al.*, 2012). Um dos principais destaques é a presença do ácido α -linolênico - C18:3n3 (50 a 55%), um ácido graxo essencial, anticarcinogênicos e utilizado na prevenção de doenças cardiovasculares e aumento da capacidade visual (PONNAMPALAM *et al.*, 2001; PETIT, 2002).

A linhaça apresenta, ainda, elevada percentagem de fibra, solúvel e insolúvel, e os maiores teores de lignanos (grupo de polifenóis de baixo peso molecular) e compostos fenólicos, existentes entre as oleaginosas utilizadas na alimentação animal (PETIT; DEWHURST; PROULX, 1998;

CAVALIERI *et al.*, 2005). Devido a esses fatores, a linhaça é um alimento que vem sendo cada vez mais estudado. Apesar de usada há muito tempo na alimentação humana, a maior parte do seu cultivo é destinada às indústrias de óleo para tintura e para ração de animais.

A inclusão de grãos e coprodutos da linhaça na dieta de vacas leiteiras proporciona aumento na concentração dos ácidos graxos ômega-3 no leite; no entanto, a adição de oleaginosas na adieta provoca um incremento na densidade energética da ração; sendo que a adição de óleo ou gordura não pode ultrapassar 6% em base da matéria seca para não alterar o consumo dos animais.

A linhaça apresenta aproximadamente 25% de PB, 34% de FDN, com elevada proporção (31%) de EE (Tabela 43); entretanto, segundo Morris (2007), a linhaça é pobre em carboidratos (açúcares e amidos), cerca de 1%, pouco contribuindo para a ingestão total de carboidratos. Os grãos apresentam concentrações equilibradas de três diferentes aminoácidos (valina, leucina e isoleucina – Tabela 44), e seu alto teor de gordura confere rendimento de energia diferenciada, com oxidação mais ágil. Estudos demonstram que o grão é palatável e um bom suplemento proteico para equinos (MANZANO; WANDERLEY; ESTEVES, 1995), melhorando significativamente a qualidade da pelagem, que se torna brilhante e luzidia; porém, apresenta ligeiro efeito laxante.

Tabela 43 - Composição químico-bromatológica do grão e do farelo de linhaça.

(%)	Linhaça (grão)	Linhaça (farelo)
MS	93,91	86,17
PB	21,71	26,07
EE	36,57	4,28
FDN	27,16	22,96
FDA	17,58	16,40
NDT	127,00	76,12

Continua

Tabela 43 - Composição químico-bromatológica do grão e do farelo de linhaça.

Continuação

(%)	Linhaça (grão)	Linhaça (farelo)
Ca	0,21	0,31
P	0,70	0,82

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018; MARQUES, 2008; SCHOGOR 2012.

Legenda: MS - matéria seca; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; NDT - nutrientes digestíveis totais; Ca - cálcio; P - fósforo.

Tabela 44 - Aminoácidos totais (% da Proteína Bruta) dos farelos de linhaça, algodão, canola e soja.

Aminoácidos (%)	Linhaça	Algodão	Canola	Soja
Lisina	3,85	1,45	2,36	2,82
Metionina	1,86	0,62	0,83	0,63
Treonina	3,65	1,27	1,67	1,80
Arginina	9,10	3,94	2,36	3,32
Histidina	2,15	1,00	1,04	1,16
Isoleucina	4,18	1,11	1,41	2,07
Leucina	6,00	2,21	2,69	3,62
Fenilalanina	4,93	2,00	1,56	2,34
Valina	4,99	1,64	1,85	2,16
Alanina	4,50	1,64	1,85	2,16
Ácido aspártico	9,14	3,17	2,78	5,5
Ácido glutâmico	18,3	7,1	7,0	8,7
Cistina	1,56	0,51	1,02	0,66
Glicina	5,84	1,64	1,98	1,97
Serina	3,88	1,66	1,75	2,47
Tirosina	2,71	1,21	1,29	1,50

Fonte: Adaptado de EASTWOOD, 2008; SCHOGOR, 2012.

O linho também apresenta fatores antinutricionais como os glicosídeos cianogênicos, que hidrolisados, a 38 °C, produzem glicose e cetona, entre outras substâncias, e liberam o ácido cianídrico em níveis de 15 a 75 mg (FENG; SHEN; CHAVEZ, 2003), que é tóxico para os animais na dosagem de 2 mg/kg/peso corporal, equivalente a 1,3 g para um animal de 650 kg (CONN, 1979). Os ruminantes respondem bem à introdução da linhaça na dieta. A torta de linhaça não é recomendada para aves e suínos, pois devido à deficiência de ácido araquidônico, pode ocorrer depressão de crescimento.



CAPÍTULO 18

Crambe (*Crambe abyssinica* Hoechst)

O crambe é uma planta originária do Mediterrâneo, tem sido cultivada em países da África, Ásia, Europa e América, entre eles o Brasil, pertence à família das crucíferas com potencial para cultivo como cobertura de solo e produção de óleo, já que não é recomendado para o consumo humano (KNIGHT, 2002). Por isso, o crambe tem sido utilizado principalmente como lubrificante industrial, na fabricação de tintas, de plásticos, nylon, colas. O óleo extraído é caracterizado por ácidos graxos insaturados, sendo o principal o ácido erúico (C22:2), nas proporções de 55%; possui também considerável concentração dos ácidos: oléico (16%); linoléico (9,0%) e linolênico (5,0%) (WATKINS, 1999); possuindo ainda isotiocianatos, compostos inibidores de células carcinogênicas (e.g. 2-hidroxi-3-enilciano) (NIEDOBORSKI; KLEIN; WALLIG, 2001); e glicosinolatos, que reduzem a aceitabilidade pelos animais (DAXENBICHLER; VANETTEN; WOLFF, 1965; CARLSON; TOOKEY, 1983; FENWICK; HEANEY; MULLIN, 1983; TRIPATHI; MISHRA, 2007). As concentrações de glicosinolatos [(S)-2-hidroxi-3-butenil glicosinolato] nos grãos de crambe são de 90 Mol/g (LAZZERI *et al.*, 1994; CARLSON; BAKER; MUSTAKAS, 1985).

Os coprodutos de crambe (torta e farelo) apresentam de 80 a 100 g/kg de glicosinolatos (LIU; STEG; HINDLE, 1994; TRIPATHI; MISHRA, 2007); sen-

do transformado em epigoitrina (epi-PG) em quase a sua totalidade. Os glicosinolatos são hidrolisados na presença da enzima mirosinase (thioglicosideo glicohidrolase-TGSase), presente na planta ou produzida pela microflora intestinal, liberando agliconas orgânicas e incluem quantidades equimolares de glicose e KHSO_4 . As agliconas são instáveis e formam os isotiocianatos, nitrilas, tiocianatos ou oxazolidithiona (TRIPATHI; MISHRA, 2007).

A formação das agliconas podem apresentar variações (R)-5-viniloxizolidina-2-thiona (vinil-OZT); 1-ciano-2 (S)-hidroxi-3-butano (cianobutano); eritro- e treo- 1-ciano-2 (S)-hidroxi-3 (R) (S), e 4-epithiobutanos (epithiobutanos); e íons sulfato e glicose podem ser liberados de tais reações (LIU; STEG; HINDLE, 1993). O rearranjo intramolecular da aglicona, seguido pela hidrólise da origem ao isotiocianato, sem ocorrer este rearranjo, é originado a nitrila, pela perda de enxofre. Um rearranjo para a produção de tiocianato pode ocorrer; porém, para isso, parece que a hidrólise da epi-PG não é suficiente, mas sim um número de diversos fatores envolvidos (KRUL *et al.*, 2002; LIU; STEG; HINDLE, 1993).

A mironase é ativada por injúrias da parede celular dos grãos (e.g. esmagamento). O produto hidrolisado depende do pH do meio que ocorre a ação enzimática; em pH neutro o produto originado é o isotiacianato, já em pH ácido (entre 3 a 6) é originado a nitrila. A mironase catalisa a hidrólise dos glicosinolatos, originando glicose, sulfato, isotiacinato (ITC) e (L)-5 vinil oxazolidinetiona (VTC), essa substância apresenta caráter boci-nogênico inibindo o crescimento animal (TRIPATHI; MISHRA, 2007). Dados indicam que a 5-vinil-2 oxazolidinetiona também promove aumento no tamanho da estrutura e alterações funcionais da glândula tireoide (KLOSS *et al.*, 1994).

O valor nutricional do farelo/torta de crambe depende da presença de epi-PG e os níveis de agliconas (Tabela 45). O principal efeito do glicosinolato sobre os animais é a redução do consumo, redução da aceitabilidade, apresentado pelo sabor adstringente e amargo, danos hepáticos, distúrbios endócrinos, aumento dos níveis plasmáticos de tiocinatos; que interferem redução da capacitação do iodo pela tireoide e redução das concentrações de tiroxina no sangue (CANOVA *et al.*, 2015; GOES *et al.*, 2019; SILVA, 2013; MENDONÇA *et al.*, 2015; TRIPATHI; MISHRA, 2007; TRIPATHI *et al.*, 2001).

Tabela 45 - Concentração de glicosinolatos na torta e no farelo de crambe ($\mu\text{mol/kg}$ de MS).

Glicosinolatos	Torta de crambe	Farelo de crambe
Progoitrina	0,9	1,6
Epi-Progoitrina	49	73,2
4-Hidroxiglicobrassica	0,5	0,7

Fonte: Adaptado de BÖHME; LEBZIEN; FLACHOWSKY, 2005.

Tripathi e Mishra (2007) afirmaram que diferentes espécies de animais apresentam capacidades de tolerância distintas ao glicosinolato (Tabela 46), sendo os animais adultos mais tolerantes, em comparação aos animais mais jovens.

Tabela 46 - Principais efeitos da ingestão dos glicosinolatos por diferentes espécies animais.

Espécie animal	Glicosinolato (mol/g dieta)	Efeito
Não ruminantes	0,5	Nenhum efeito adverso
	3,3 - 4,4	Redução do consumo e crescimento
	7,7	Aumento da glândula tireoide
Ruminantes	11,0	Deficiência de iodo
	11,7 - 24,3	Redução do consumo
	$\geq 23,0$ - 30,0	Redução da produção de leite
	31,0	Distúrbios da glândula tireoide/ fertilidade

Fonte: Adaptado de TRIPATHI; MISHRA, 2007.

A ação da microbiota ruminal altera a estrutura do glicosinolato e seus metabolitos, reduzindo a toxicidade (MANDIKI *et al.*, 2002). A redução em glicosinolatos e seus metabólitos durante a fermentação em ruminantes pode ser devido à utilização da glicose e de porções de enxofre destes compostos por enzimas microbianas; porém, a ingestão de glicosinolato por longos períodos, eleva os níveis plasmáticos de tiocianatos,

reduzindo a concentração de tirosina plasmática (TRIPATHI *et al.*, 2001). A atividade da flora ruminal é reduzida após seis dias de ingestão (DUNCAN; MILNE, 1992), e a redução do consumo de matéria seca ocorre ao terceiro dia (STOCK; BRITTON; KLOPFENSIEIN, 1993).

Os métodos para a remoção ou redução dos teores de glicosinolatos e os produtos de sua degradação são:

- A temperatura inativa a enzima mirosinase, comprometendo a hidrólise do glicosinolato (DAL PRÁ *et al.*, 2013; PAULINO, 2008).
- A lavagem ou imersão com água quente remove as substâncias antinutricionais que estão presentes na torta de crambe (remoção de até 95% do glicosinolato e nitrilas) (KLOSS *et al.*, 1994). Já Carlson e Tookey (1983) afirmaram que a concentração de glicosinolato é reduzida por extração com aquosa.
- A irradiação por micro-ondas (2,450 MHz por 2 minutos e meio), em pré-condicionamento (umidade de 13 g/kg, por 24 horas, a 4 °C) pode inativar a enzima mirosinase (MAHESHWARI; ANLEY; VAN DE VOORT, 1980).
- Tratamentos com sulfatos de zinco, cobre, ferro e níquel. Das e Singhal (2005) confirmaram a redução de glicosinolato após o tratamento com sulfato de cobre ($6,25\text{g CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), sendo o produto posteriormente exposto, posterior a secagem em estufa, a 60 °C.
- Outras possíveis formas de eliminação/redução do glicosinolato seriam: o tratamento térmico com temperaturas entre 103 a 110 °C, por 30 a 40 minutos (NEWKIRK *et al.*, 2003) ou acima de 110 °C, por mais de 30 minutos (JENSEN; LIU; EG-GUM, 1995).

No entanto, os processos realizados pela indústria são: cozimento, decorticagem, floculagem, condicionamento, expansão e tostagem do farelo, que reduzem o conteúdo de glicosinolatos entre 64 a 79%. (FUNDAÇÃO MS, 2011).

O farelo e a torta de crambe são aplicados na alimentação de bovinos como fornecedores de proteína (CANOVA *et al.*, 2015; MENDONÇA *et al.*, 2015; GOES *et al.*, 2010, 2018, 2019; MIZUBUTI *et al.*, 2011; ANDERSON *et al.*, 1993, 2000; STOCK; BRITTON; KLOPFENSTEIN, 1993; PERRY *et al.*,

1979). Na comparação do perfil aminoacídico (Tabela 47) entre o farelo de soja e farelo de crambe, Anderson *et al.* (1993) encontraram valores semelhantes para os aminoácidos lisina, metionina, treonina e histidina.; no entanto, Knight (2002) relata maiores concentrações dos cisteína, metionina, lisina e treonina para o farelo de crambe. Os principais aminoácidos encontrados nos coprodutos de crambe são: alanina, glutamato e aspartato (ANDERSON *et al.*, 2000; SILVA, 2013), aminoácidos não essenciais, que são precursores para a síntese de glicose, através da gliconeogênese hepática.

Tabela 47 - Composição de aminoácidos do farelo de crambe e do farelo de soja expressos em g de aminoácidos por 100 g de proteína (16 gN).

Aminoácidos	Farelo de soja [#]	Farelo de Crambe [#]	Farelo de Crambe [*]	Farelo de Crambe ^{**}
Alanina	4,29	3,81	23,06	3,8-4,2
Glutamato	18,63	15,9	11,97	14,2-17,0
Aspartato	11,78	6,74	9,51	6,0-7,6
Leucina	-	-	6,58	5,9-6,8
Serina	5,45	3,63	5,44	3,5-4,1
Arginina	7,27	6,06	5,44	5,7-7,3
Fenilalanina	5,01	3,93	5,09	3,4-4,0
Prolina	-	6,16	5,00	5,5-6,2
Glicina	4,3	4,74	4,95	4,7-5,3
Valina	4,58	4,59	4,91	4,5- 5,6
Histidina	2,55	2,51	3,95	2,2-2,7
Isoleucina	4,58	3,82	3,55	3,7-4,1
Triptofano	-	-	3,46	1,0-2,0
Tirosina	3,75	2,75	3,29	2,5-3,0
Lisina	6,43	5,01	2,10	4,9-5,7
Metionina	1,13	1,69	1,97	1,6-1,9
Cistina	-	-	0,44	2,6-2,8
Cisteína	0,93	2,84	-	-
Treonina	3,93	4,08	-	3,1-4,6

Fonte: [#]adaptado de ANDERSON *et al.*, 2000; ^{*}adaptado de SILVA, 2013; ^{**}adaptado de LIU; STEG; HINDLE, 1993.

O farelo de crambe apresenta valores médios de PB de 30,5% (22,7 a 49,5%), a qualidade está diretamente relacionada à quantidade de casca incorporada no produto. A torta de crambe tem variação entre os teores de PB de 26,19 a 28,00% (Tabela 48). Liu, Steg; Hindle (1993, 1994) destacaram que a degradabilidade ruminal da proteína do farelo possui taxa de degradação elevada; no entanto, Goes *et al.* (2017) encontraram valores de média degradabilidade, enquanto Goes *et al.* (2010) encontraram média e baixa degradação para o grão e a torta de crambe. Brás *et al.* (2014) encontraram degradabilidade efetiva para a torta de crambe de 80,25% para PB.

Tabela 48 - Composição químico-bromatológica do grão de crambe e de seus coprodutos (% MS).

Ingredientes	MS	PB	EE	FDN	FDA	MM	NDT
Crambe, Grão	93,52	27,00	44,10*	60,95	51,65	3,80	-
Crambe, Torta [#]	94,30	26,19	18,27	30,23	19,44	4,78	61,04
Crambe, Farelo ^{**}	89,76	37,07	3,40	36,14	27,79	6,81	58,61

Fonte: Adaptado de *SOUZA *et al.*, 2009; GOES *et al.*, 2010; **MIZUBUTI *et al.*, 2011; [#]GOES *et al.*, 2017.

O aquecimento do grão, para a extração do óleo, reduz substancialmente a degradabilidade ruminal da proteína bruta do farelo de crambe, bem como a presença de aminoácidos não essenciais, que são importantes precursores glicolíticos (BRÁS *et al.*, 2014), já os teores de NNP da torta de crambe, segundo estudo desenvolvido por Carrera *et al.* (2012), foram de 43,35%, com fração degradável: B1, B2 e B3 de 3,60; 46,7 e 3,14%, respectivamente. Os teores de proteína degradável no rúmen (PDR) foram de 92,44% e proteína não degradável no rúmen (PNDR) de 7,56%, com coeficientes de digestibilidade intestinal de 15,49%.

A casca do grão de crambe apresenta baixa digestibilidade (45%) em bovinos. Nesse sentido, o processamento de se descascar os grãos eleva a degradabilidade da matéria orgânica do farelo de crambe para 85% (STEG; HINDLE; LIU, 1994), cujos valores são semelhantes ao farelo de soja (CARLSON *et al.*, 1996). O desaparecimento ruminal da proteína bruta (PB) é maior do que o apresentado pelo farelo de soja; porém, o aquecimento

e a floculação dos grãos reduzem substancialmente a digestibilidade do farelo produzido (LIU; STEG; HINDLE, 1993).

A presença do glicosinolato acarreta sabor adstringente e amargo ao grão e a seus coprodutos, reduzindo o consumo total de matéria seca dos animais (MENDONÇA *et al.*, 2015; SILVA, 2013). Silva (2013), avaliando o tempo de refeição, encontrou aumento de 20 min. para que os animais iniciassem as refeições, no entanto, sem alterar a ingestão, ruminação e mastigação. Canova *et al.* (2015) avaliaram a inclusão de torta de crambe em substituição ao farelo de soja para cordeiros, nas proporções de 0, 22, 44 e 64%, acarretando em redução do consumo total de matéria seca (Tabela 49). Silva (2013) avaliou a inclusão de 0, 4, 8 e 12% da torta de crambe para animais alimentados com feno de *coast cross* (40:60) e encontraram efeito linear ($P < 0,05$) decrescente sobre o consumo de matéria seca em porcentagem do peso corporal sobre o ganho diário de peso, contudo, sem efeito de tratamento sobre a conversão alimentar.

Goes *et al.* (2018) avaliaram a substituição total do farelo de soja pela torta de crambe para ovelhas de descarte em confinamento, e não encontraram diferenças no desempenho e no consumo de matéria seca, mas sim para os coeficientes de digestibilidade aparente de nutrientes (Tabela 50); segundo Tripathi e Mishra (2007), animais adultos são tolerantes se comparados aos mais jovens.

Tabela 49 - Consumo da matéria seca em gramas por dia (CMS g/dia), em porcentagem do peso corporal (CMS %PC) e coeficiente de digestibilidade aparente CDA para MS e FDN.

Tratamento	CMS (g/dia)	CMS (% PC)	CDA MS	CDA FDN
Crambe 0%	796 ± 0,033	3,35 ± 0,16	0,76 ± 0,22	0,65 ± 0,24
Crambe 22%	727 ± 0,033	3,47 ± 0,16	0,75 ± 0,22	0,64 ± 0,24
Crambe 44%	750 ± 0,031	3,41 ± 0,15	0,74 ± 0,21	0,65 ± 0,23
Crambe 64%	687 ± 0,031	3,24 ± 0,15	0,68 ± 0,21	0,57 ± 0,23
Efeito trat.	P = 0.0532	P = 0.5708 (ns)	P < 0,05	P < 0,05

Fonte: Adaptado de CANOVA *et al.*, 2015.

Nota: (ns) = não significativo.

Tabela 50 - Desempenho e digestibilidade aparente de nutrientes de ovelhas alimentadas com torta de crambe na dieta.

Variável	Substituição (%)				EPM	Pr > F
	00	33	66	100		
Ganho de peso diário (kg/dia)	0,158	0,145	0,148	0,146	8,26	ns
Consumo de MS (g/dia)	953,93	965,71	909,45	965,02	46,56	ns
Consumo de MS (% PC)	2,09	2,08	1,99	2,06	0,10	ns
Digestibilidade aparente de nutrientes						
Matéria seca (0-1)	0,66	0,63	0,64	0,62	0,006	0,0324*
Matéria orgânica (0-1)	0,71	0,68	0,69	0,67	0,005	0,0166*
Extrato etéreo (0-1)	0,66	0,61	0,62	0,79	0,013	0,0005*
Proteína bruta (0-1)	0,57	0,53	0,45	0,43	0,011	0,0000*

Fonte: Adaptado de GOES *et al.*, 2018.

Nota: * 5% de probabilidade.

Sousa (2014) avaliou a inclusão do farelo de crambe (0; 28; 37 e 52% da dieta) na alimentação de borregos, não apresentando alteração no comportamento ingestivo dos animais; porém com redução no ganho de peso (27,8%), no rendimento de carcaça e na eficiência alimentar (EA). Mesmo com o farelo ocorre alteração no processo da digestão e absorção dos alimentos, possivelmente esse efeito é decorrente da temperatura de processamento do farelo. Herculano (2014) relata que o farelo de crambe passa por injeção de vapor a uma exposição a 75 °C e tostagem a 105 °C, o que reduz os efeitos antinutricionais e favorece a aceitabilidade do farelo pelos animais.

O farelo de crambe é autorizado somente para utilização na alimentação de bovinos de corte pela *US Food and Drug Administration* (FDA), podendo ser incluído em até 4,2% nas dietas (KNIGHT, 2002). Já Caton *et al.* (1994) indicaram a inclusão de até 5,88% da MS total. Carlson e Tookey (1983) indicam a inclusão de até 10% para animais em terminação em confinamento, desde que a alimentação não ultrapasse 30 dias. No entanto, Favaro *et al.* (2010) destacaram que a inclusão permitida para bovinos deve ser revista, pois estudos recentes apontam a possibilidade de se elevar a quantidade de farelo de crambe em dietas para animais ruminantes; com

isso, Mendonça *et al.* (2015) avaliaram dietas para animais em terminação com inclusão do farelo de crumbe de até 20% e encontraram efeito linear ($P < 0,05$) decrescente sobre o peso corporal e crescente sobre o consumo gordura (EE), sem alterar o ganho de peso e os coeficientes de digestibilidade. O mesmo ocorreu no trabalho de Souza *et al.* (2015) que avaliaram a inclusão de até 15% de torta de crumbe para vacas em terminação a pasto e não encontraram alteração no ganho de peso e nas características de rendimento da carcaça dos animais (Tabela 51).

Tabela 51 - Valores médios para as características de desempenho e para o consumo total de suplemento, de animais recebendo torta de crumbe.

Características	Inclusão de torta de crambe (% MS)					EPM
	0	5	10	15	20	
Souza et al. (2015)						
PC (kg)	428,75	463,30	441,80	441,30	-	3,21
GPD (kg dia ⁻¹)	1,22	1,49	1,34	1,40	-	0,03
CS (kg dia ⁻¹)	4,06	4,12	3,99	3,95	-	0,96
RCQ (%)	50,3	48,4	47,4	48,2	-	0,23
AOL (cm²)	53,0	57,0	62,8	58,2	-	0,78
Espessura de gordura (mm)	4,92	6,35	4,86	4,92	-	0,14
Mendonça et al. (2015)						
GPD (kg/dia)	1,71	1,55	1,51	1,62	1,42	0,09
CMS (kg/anim/dia)	11,2	11,0	10,2	10,2	7,7	-
Conversão alimentar ¹	6,5	7,1	6,7	6,3	5,4	-

Fonte: Adaptado de SOUZA *et al.*, 2015; MENDONÇA *et al.*, 2015.

Legenda: PC - peso corporal; ECC - escore de condição corporal; GPD - ganho de peso diário; CS - consumo de suplemento, RCQ - rendimento de carcaça quente; EPM - erro padrão da média; AOL - área de olho de lombo; CMS - consumo de matéria seca.

Silva (2014) avaliou a cinética de fermentação *in vitro* através da técnica de produção de gases das dietas utilizadas nos trabalhos de Patussi (2013) e Yoshiraha (2014); assim, Silva constatou que a torta de crumbe não altera o volume de gás produzido, as taxas de degradação e o tempo de colonização das partículas (Tabela 52). Contudo, a torta de crumbe se destaca na degradação de carboidratos não fibrosos e carboidratos fibro-

so, sendo potenciais fornecedores de energia e proteína na dieta de ruminantes.

Tabela 52 - Valores médios da produção cumulativa de gás in vitro (mL/100mg MS) para as dietas com inclusão de torta de crambe.

Variável (g/g)	Níveis de crambe na dieta (g/kg MS)				Média	EPM
	0	50	100	150		
Dieta 1 (Patussi, 2013)						
A (mL)	7,97	7,91	7,33	6,03	7,44	17,20
B (/h)	0,06	0,15	0,15	0,07	0,52	80,61
C (horas)	0,09	0,04	0,04	0,09	0,07	74,47
D (mL)	1,78	3,91	3,91	3,34	3,79	63,29
E (/h)	0,05	0,02	0,02	0,04	0,03	65,39
Dieta 2 (Yoshihara, 2014)						
A (mL)	7,97	6,8	7,82	7,46	7,46	11,6
B (/h)	0,05	0,15	0,04	0,08	0,08	84
C (horas)	0,07	0,05	0,09	0,05	0,06	79,3
D (mL)	5,52	4,66	5,14	5,72	5,26	22,3
E (/h)	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	33,4

Fonte: Adaptado de SILVA, 2014.

Legenda: A e D - volume de gás (mL) das frações de degradação rápida (açúcares solúveis e amido) e lenta digestão (celulose, hemicelulose), respectivamente; B e E - taxas de degradações das frações de digestão rápida e lenta (/h), respectivamente; e C - tempo de colonização das bactérias; EPM - erro padrão da média.



CAPÍTULO 19

Algodão (*Gossypium hirsutum* L.)

O algodoeiro é uma planta dicotiledônea, da família Malvaceae, com diferenciação entre as cultivares relacionadas ao: tamanho das fibras (curto, médio e longo), ciclo de produção (curto – 120 a 140 dias; ou longo – 150 a 180 dias), porte (alto ou baixo), resistência ou susceptibilidade a doenças, entre outras características. Os frutos (maças quando verdes e capulhos após a abertura) são cápsulas de abertura longitudinal, apresentando entre 6 a 10 sementes. As sementes ou os grãos são estruturas revestidas, de cor variável (creme, branco, avermelhado, azul ou verde), denominadas fibras (mais longos) ou linter (menos longos).

As formas de utilização do algodão, na nutrição animal são:

- Caroço de algodão;
- Farelo de algodão;
- Casca de algodão; e
- Torta de algodão.

A utilização do algodão e de seus coprodutos são limitadas por alguns fatores, entre eles o elevado teor de fibra presente na casca, que proporciona valores elevados de FDN nos farelos e na torta; assim, torna-se uma limitação para a alimentação de animais não ruminantes. O caroço de algodão possui alguns fatores antinutricionais como o gossipol e os ácidos cíclopropeno, que reduzem o desempenho dos animais.

Caroço de algodão

Segundo Teixeira (1998), o caroço de algodão apresenta valores médios de 34% de PB (varia de 30 a 38%), aceitabilidade animal, e pode ser uma alternativa na substituição ao farelo soja para vacas em lactação. É um alimento com elevada concentração de fósforo e baixa concentração dos aminoácidos lisina e triptofano, bem como vitamina D e provitamina A (LANA, 2020). Apresenta elevados teores de extrato etéreo (gordura), fibra e energia. Pode ser encontrado de duas formas: com línter ou sem línter (deslinterado), nessa última forma apresenta maiores teores de energia e proteína. Teixeira, J. C. (1997) recomendou a utilização na forma integral, do que nas formas moída ou triturada. Devido à sazonalidade e às características do grão, o armazenamento deve ocorrer em lugares limpos e seco.

O caroço de algodão é dotado de fatores antinutricionais, entre eles o gossipol e o ácido graxo ciclopropenoide. O gossipol ($C_{30}H_{30}O_8$) é um alcaloide polifenólico de cor amarela, produzido por glândulas pigmentares; dispersos nos grãos, como grânulos; já o ácido graxo ciclopropenoide está presente no óleo.

O gossipol se apresenta “livre” ou “ligada” aos compostos nitrogenados, principalmente ao aminoácido lisina. Considera-se como “não tóxico”, o gossipol apresentado na forma “ligada”, não sendo absorvido ao longo do trato digestivo; já se encontrar na forma “livre”, é considerado “tóxico”, reduzindo a capacidade de transporte de oxigênio sanguíneo, resultando em respiração mais curta e edema pulmonar. O gossipol presente no caroço de algodão se apresenta na forma “livre”, enquanto que farelos possuem na forma conjugada, devido ao tratamento térmico ocorrido durante o processamento, embora as concentrações totais não sejam alteradas (SALDANHA, 2016; MARSÍGLIO, 2015).

A intoxicação pela presença de gossipol provoca esterilidade dos animais reprodutores, debilidade muscular, edema cardíaco (BLANCO, 2008; GADELHA *et al.*, 2011), dispnéia, diminuição da taxa de crescimento e anorexia (SANTOS, 1997). Na alteração dos parâmetros reprodutivos para as fêmeas bovinas ocorre comprometimento no desenvolvimento embrionário e na produção de progesterona por células luteínicas *in vitro*; no entanto, em ensaios *in vivo*, não ocorreram efeitos da presença do

gossipol na fertilidade, ciclicidade e morfologia de ovários; possivelmente devido à capacidade fisiológica de detoxificação dos animais. No entanto, para touros reprodutores, a presença dessa substância provoca alterações na cauda dos espermatozoides, aumento no diâmetro do lúmen dos túbulos seminíferos, diminuição de camadas celulares e epitélio seminífero e do tamanho das células de Sertoli. A toxicidade pode ocorrer após um a três meses de ingestão (BLANCO, 2008; GADELHA *et al.*, 2011); no entanto, esses efeitos são reversíveis com a remoção do caroço de algodão das dietas fornecidas.

A velocidade de absorção do gossipol é inversamente proporcional à quantidade do íon Fe^{+} na dieta (SALDANHA, 2016). Ao se ligar com o ferro, o gossipol se torna indisponível, causando um possível quadro de anemias nos animais, provocando a deficiência de ferro; em condições de excessivo aquecimento, o ferro e o gossipol podem se complexar com o aminoácido Lisina, reduzindo assim o valor nutricional da PB.

Ainda, o gossipol na forma “livre” causa a descoloração da gema e do albúmen, podendo ocorrer apresentação de manchas de sangue na gema. A descoloração é mais intensa e depende do tempo de estocagem dos ovos e das variações de temperatura. Do mesmo modo, a deposição dos ácidos graxos ciclopropenoico presentes no óleo de algodão, na membrana vitelina dos ovos, provoca a descoloração da gema, alterando a permeabilidade dos íons Fe^{+} que se complexa com a albumina, proporcionando coloração rósea na gema do ovo.

O gossipol absorvido é acumulado em órgãos como fígado (KIM; CALHOUN; STIPANOVIC, 1996) e rins (BARRAZA *et al.*, 1991); sendo a sua excreção primária, a biliar, que é eliminada nas fezes após conjugação. O gossipol é acumulativo no organismo em aves, suínos, cães, caprinos e ovinos, sendo altamente tóxico para os animais não ruminantes; apesar dos ruminantes tolerarem níveis mais elevados de intoxicação, esse composto também apresenta toxicidade. O gossipol não é metabolizado pelos microrganismos ruminais e, por isso, animais com elevadas ingestões de matéria seca e alta produção necessitam de um acompanhamento técnico. Além disso, a idade interfere nos parâmetros de fermentação ruminal e na sensibilidade desses animais a esse composto, em que os animais jovens são mais sensíveis ao gossipol, se comparados com os adultos (BLANCO, 2008).

O gossipol pode ser inativado por tratamentos térmicos, embora esse processamento forme complexos inertes e indigestíveis entre o gossipol e proteína (TANKSLEY JR., 1992). Esses processamentos incluem a extrusão (NOFTSGER *et al.*, 2000), que reduz as concentrações de gossipol livre. No entanto, durante o processo digestivo, o gossipol conjugado pode ser liberado. Outra possibilidade de inativação seria o tratamento de radioativo, através de raios gama ou feixe de irradiação de elétrons (SHAWRANG *et al.*, 2011).

A adição de sais de ferro na dieta (*i.e.*, $\text{FeSo}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), na proporção de 1:1 (1 mol de ferro: 1 mol de gossipol), reduz as concentrações de gossipol livre, formando um complexo insolúvel e irreversível no trato intestinal, reduzido a sua absorção (CHIBA, 2001); essa recomendação altera as concentrações máximas dessa substância, de 50 para 150 ppm, para aves, e de 100 para 400 ppm, em suínos (BLANCO, 2008).

O caroço de algodão é caracterizado como fonte de proteína degradável no rúmen (PDR), apresentando baixa a disponibilidade de PNDR (TEIXEIRA; HUBER, 1989), com teores de PB e NDT de 24% e 80%, e pode ser fornecido para a alimentação de bovinos em inclusões de até 15% (10 a 20%) da matéria seca da dieta (STAPLES; THATCHER; MATTOS, 2001; VALADARES FILHO *et al.*, 2018), ou 3,0 a 3,5 kg/animal/dia (TEIXEIRA; HUBER, 1989), devendo-se respeitar o limite máximo de 5% de EE nas dietas.

Farelo de algodão

O farelo do algodão é o coproduto oriundo da extração do óleo de algodão podendo se apresentar na forma moída e/ou peletizada, utilizado para a alimentação animal. Devido ao processo de extração, pode-se produzir dois tipos de farelo/torta: o farelo gordo, proveniente apenas da prensagem mecânica, apresenta 5% de óleo residual, porém com menor teor de proteína; já o farelo magro é oriundo do processo de extração do óleo por solventes, apresenta menos de 2% de óleo residual, com teores mais elevados de PB (Tabela 53).

Tabela 53 - Composição químico-bromatológica do algodão e seus coprodutos.

(%)	Cascas	Caroço	Farelo 28	Farelo 38	Farelo 42
MS	90,21	90,67	89,73	89,74	90,48
PB	5,17	22,89	31,51	39,63	46,61
EE	1,58	20,02	1,99	1,46	1,64
CHO	88,64	52,38	60,05	54,5	47,02
FDN	88,49	45,65	39,30	32,68	31,98
FDA	60,94	33,81	29,85	21,23	20,12
NDT	48,65	81,46	69,09	69,15	69,92
Ca	0,16	0,27	0,26	0,24	0,22
P	0,12	0,74	0,78	0,97	0,96

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018.

Legenda: MS - matéria seca; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; CHO - carboidratos totais; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; NDT - nutrientes digestíveis totais; Ca - cálcio; P - fósforo.

O farelo de algodão, como fonte de proteína, apresenta deficiências para os aminoácidos triptofano e lisina. Também apresenta limitação para uso em dietas de aves e suínos devido à presença de gossipol, um pigmento natural; pelos teores de fibra presente nesse ingrediente, superiores ao farelo de soja, o farelo de algodão pode ser fornecido em substituição ao farelo de soja em inclusões de até 5% em dietas, para suínos em fase final de criação e para aves de postura e de corte, desde que se tenha controle rigoroso do nível de gossipol presente. A alimentação frequente para coelhos e suínos pode levar esses animais a óbito. Suínos apresentam maior sensibilidade à presença desse pigmento, podendo intoxicar-se com níveis próximos de 0,002% de gossipol livre. Os sintomas de intoxicação variam de tremores leves e danos causados no fígado e no coração em casos severos. Para ruminantes, a presença do gossipol nos níveis usualmente contidos no farelo não causam prejuízos, já que o rúmen apresenta características de inativação dessa substância, através da ligação de proteínas solúveis ou pela diluição presente no local. Com isso, a recomendação de uso do farelo de algodão pode ser feita em suínos (até 10% na ração), aves (5% da dieta) e bezerros e vacas leiteiras (até 20%)





CAPÍTULO 20

Canola (*Brassica napus* L. var. oleífera)

A canola é uma cultura de inverno, pertencente à família das crucíferas, de origem canadense, recebeu o nome de “Canadian Oil Low Acid”, é derivada das espécies *Brassica napus* e *Brassica campestris*; possui alterações provocadas por seleções genéticas para a redução do glicosinolato à níveis inferiores a 20 ug/g e o ácido erúxico em 5%.

O grão da canola possui valores de 5.475 kcal/kg de energia bruta, 22,63% de PB e 6,32% FB (GOPINGER *et al.*, 2015); ele tem elevadas concentrações de ácidos graxos poli-insaturados (PUFA), como os ácidos oleico (C18:1), linoleico (C18:2 ω 6) e linolênico (C18:3 ω 3) (WADA *et al.*, 2008), e baixas concentrações de ácidos graxos saturados. Os óleos de canola são caracterizados por dois grupos principais de ácidos graxos poli-insaturados (AGPI) — *Polyunsaturated Fatty Acids* (PUFA): os ômega-3 (ω 3) e ômega-6 (ω 6), ambos considerados essenciais, pois o corpo humano não consegue sintetizá-los. Outras gorduras poli-insaturadas também possuem funções importantes, mas não são consideradas essenciais, pois o organismo da maioria das pessoas pode produzi-las a partir dos ácidos linoleico e linolênico (SALDANHA; GONZALES, 2012).

Um dos principais fatores antinutricionais é a presença de tanino ou ácido tânico (Tabela 54) em torno de 3%, níveis considerados elevados,

que eleva a excreção de matéria seca, energia, nitrogênio endógeno, proteína e ácido úrico para aves de corte (BUTOLO, 2002), o que interfere no metabolismo de minerais, conforme apresentado na tabela a seguir.

Tabela 54 - Níveis crescentes de ácido tânico e excreção de minerais em frangos de corte.

Minerais	Ácido tânico / Tanino (gr)				
	0	1,5	3,0	4,5	6,0
Cálcio (mL)	57,7a	160,4b	200,6bc	236,1c	263,2d
Fósforo (mL)	221a	248ab	286b	289b	354c
Magnésio (mL)	23,4a	31,6b	35,5b	37,2bcd	43,2d
Matéria seca (g)	8,52a	13,42b	15,55bc	17,04c	21,69d
Cinzas (g)	1,05a	1,63b	1,93bc	1,94bc	2,29c

Fonte: Adaptado de BUTOLO, 2002.

O aumento das excreções de minerais pode ocorrer pelo/pela:

- aumento da secreção gastrointestinal com elevado nível e minerais;
- presença do ácido tânico que neutraliza o cálcio e que fixa ou altera a síntese de proteínas fixadoras de cálcio na parede intestinal, reduzindo a absorção de cálcio;
- bloqueio dos pontos de absorção do cálcio e do magnésio no duodeno e na parte superior do jejuno;
- aumento da excreção de fósforo pelos rins, que pode estar relacionado à manutenção da homeostase corporal dos animais; e
- aumento do catabolismo e, conseqüente, aumento da excreção de minerais.

A sinapina, presente em concentrações de 1,0 a 1,5% é outro composto que apresenta odor de peixe nos ovos em poedeiras de ovos marrons; esse odor característico é devido à degradação da sinapina ao longo do trato gastro intestinal em trimetilamina, e devido à incapacidade de produção em quantidade suficiente da enzima trimetilamina oxidase, ocorrendo a deposição dessa substância nos ovos produzidos.

A presença de ácido fítico também alta, indisponibiliza o Zinco (Zn), reduz a sua absorção, afetando, assim, o desenvolvimento ósseo dos animais. Dentre os minerais, o teor de enxofre (S) de 1,5% é superior ao encontrado no farelo de soja (0,40) e pode gerar complexação com cálcio no intestino, reduzindo, assim, sua absorção e aumentando a excreção. A baixa disponibilidade de cálcio pode levar a problemas de pernas em aves de corte, que são alimentadas com elevadores teores de canola e seus coprodutos.

Farelo de canola

O farelo de canola (FC) é o coproduto obtido após a extração do óleo por solventes; possui elevado teor de matéria seca, aminoácidos sulfurados, extrato etéreo, FDA cálcio, fósforo total (MUZTAR; SLINGER, 1982; BELL; KEITH, 1991; FURUYA *et al.*, 1999); contém vitaminas do complexo B (colina, niacina, tiamina, riboflavina, ácido fólico e biotina), metionina + cistina (4,3% superior), treonina (14,7% superior); e tem menores teores de lisina (7% inferior) (BUTOLO, 2002; BERTOL; MAZZUCO, 1998) e energia metabolizável (EM), e menor custo (30%) em relação ao farelo de soja (FURUYA; HAYASHI; FURUYA, 1997).

A casca apresenta elevado teor de fibra (44%), sendo a celulose em maior proporção (32%), seguido pelas pentosanas (14,5%) e a lignina variando de 12 a 24%. Nos grãos, os carboidratos são dispostos em: mono e dissacarídeos (3,2%) (*i.e.*, frutose, glicose, galactose, mioinositol, sacarose, galactinol, rafinose e estaquiose); pectina, celulose e carboidratos arabinóicos (29%); porém, com ausência de amido (BELL, 1984).

O farelo de canola pode apresentar atividade goitrogênica, mesmo após o tratamento térmico, resultando em hipertrofia da glândula tireoide, decorrente dos precursores do tiocianato (maior ação da enzima mirosinase); porém Bertol e Mazzuco (1998) avaliaram o produto brasileiro e encontraram níveis de 4,7 e 5,0 μ moles de glicosinatos/g, considerados muito baixos. No entanto, o farelo ainda pode possuir outros fatores limitantes como: metabólitos oriundos da hidrólise dos glicosinatos, inibi-

dores de tripsina, fitatos, compostos fenólicos e taninos (TESKEREDZIC *et al.*, 1995).

O farelo de canola, por apresentar elevados teores de fibra (Tabela 55), podem apresentar baixos coeficientes de digestibilidade, sendo assim recomenda-se a inclusão de até 10% em dietas de vacas em lactação e até 20% para bovinos de corte. Atenção aos níveis acima de 8 a 10% de inclusão, pois provocam respostas fisiológicas que reduzem o desempenho de aves de corte e postura; e as inclusões acima de 10% têm proporcionado problemas de perna, ovos de tamanho reduzido e hemorragias no fígado.

Tabela 55 - Composição químico-bromatológica do grão, farelo e torta de canola.

(%)	Grão	Farelo	Torta
MS	92,47	89,38	91,71
PB	27,02	40,12	37,20
EE	34,64	2,47	18,92
CHO	34,49	51,58	40,91
FDN	29,75	35,55	34,99
FDA	12,26	21,25	27,13
NDT	127,00	72,01	97,75
Ca	-	0,62	0,47
P	-	0,82	2,23

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018.

Legenda: MS - matéria seca; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; CHO - carboidratos totais; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; NDT - nutrientes digestíveis totais; Ca - cálcio; P - fósforo.



CAPÍTULO 21

Girassol (*Helianthus annuus* L.)

O girassol é uma dicotiledônia anual da família Compositae, originária da América do Norte, e é considerada a quarta fonte mundial de óleo vegetal, sendo que para cada tonelada esmagada de grãos são produzidos 400 a 500 kg de óleo, gerando como coprodutos: casca de girassol (200 a 250 kg) e farelo/torta de girassol (350 a 400 kg). O óleo de girassol apresenta baixo teor de ácidos graxos saturados (10%); aproxima-se do milho quanto ao teor de ácidos graxos monoinsaturados (24%) e possui maior teor de ácidos graxos poli-insaturados (66%) (FERNANDES *et al.* 1998). Esse teor, em sua quase totalidade, é constituído pelo ácido linoleico, ácido graxo essencial à fisiologia do organismo (ANDRADE, 1994), e ainda possui vitamina E, um agente antioxidante.

A semente de girassol apresenta baixas concentrações de compostos antinutricionais; entre eles estão a arginase e os inibidores de tripsina, que são termolábeis e inativados por processos térmicos; além de possuir uma baixa atividade dos inibidores de tripsina (ROY; BHAT, 1974). Essa semente também possui o ácido clorogênico em concentração média de 2,8% (variando de 1,1 a 4,5%) (DORELL, 1976), que apesar de não ser considerado tóxico, é o composto responsável pela alteração da coloração durante processos de produção de isolados e concentrados proteicos de girassol, a partir do farelo desengordurado (PEREIRA *et al.*, 2016).

Farelo e torta de girassol

Os coprodutos, após a extração do óleo de girassol, são passíveis de utilização na alimentação animal, principalmente os farelos e as tortas. Butolo (2002) classifica o farelo de girassol em duas categorias:

1. Farelo de girassol descascado: produto oriundo do processamento dos grãos descascados após extração de óleo através da exposição por solvente, seguido de moagem fina. Comercialmente disponível nas concentrações de 40 e 36% de PB.
2. Farelo de girassol com casca: produto oriundo do processamento dos grãos após extração de óleo através da exposição por solvente, seguido de moagem fina. Comercialmente disponível com 28% de PB.

O farelo de girassol descascado apresenta boa aceitabilidade, baixo teor de fibras, valor energético 10% inferior a farelo de soja (2200 Kcal/kg de EM), e concentrações de lisina total de 1,30% (50% inferior ao farelo de soja); no entanto, as concentrações dos teores de aminoácidos sulfurados são semelhantes. Porém, esse farelo com alto teor de proteína não é comumente encontrado no Brasil, pois durante o processamento para extração do óleo nas indústrias brasileiras não ocorre a separação da amêndoa da casca. Baseado nisso, o farelo de girassol pode ser considerado como um produto de médio teor de proteína, baixo valor energético, baixo nível de lisina e alto teor de fibras (BUTOLO, 2002) (Tabela 56).

Tabela 56 - Composição químico-bromatológica do grão, farelo e torta de girassol.

(%)	Grão	Farelo	Farelo não decorticado	Torta
MS	93,29	90,22	90,51	92,00
PB	18,91	31,47	37,50	25,51
EE	43,33	1,93	-	16,28
CHO	42,74	60,73	-	52,81
FDN	48,01	43,48	-	42,49
FDA	22,16	31,64	16,70*	30,82

Continua

Tabela 56 - Composição químico-bromatológica do grão, farelo e torta de girassol.

Continuação

(%)	Grão	Farelo	Farelo não decorticado	Torta
NDT	147,00	76,49	-	93,02
Ca	0,33	0,30	-	0,20
P	0,72	0,90	-	0,90

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018.; LIMA *et al.*, 2013; GOES *et al.*, 2012.

Legenda: MS - matéria seca; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; CHO - carboidratos totais; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; NDT - nutrientes digestíveis totais; Ca - cálcio; P - fósforo.

Nota: * teor de fibra bruta.

A inclusão do farelo de girassol em dietas para aves provoca aumento nos níveis de fibra que reduzem o consumo voluntário de ração, em virtude da menor aceitabilidade (PEREIRA, *et al.*, 2016); sendo esse farelo a maior percentagem de fibra insolúvel, o que acarreta menor retenção de água (ANTOSZKIEWICZ; TYWONCZUC; MATUSEVICIUS, 2004).

Assim, enquanto o farelo é resultante da extração do óleo com solventes, a torta é obtida apenas por prensagem das sementes. Com prensagem, obtém-se em torno de 33% de óleo e 67% de torta (AGUIAR, 2001). Devido ao alto teor lipídico dos grãos (>35%), recomenda-se sua extração a frio, processo que preserva a qualidade do óleo, resultando em produto bem mais límpido e isento de compostos mais polares (AGUIAR; BENEDETTI; GONÇALVES, 2003). O produto obtido apresenta teores residuais próximos de 15% de EE (OLIVEIRA; LEW, 2002). Segundo Santos (2008), esse teor de óleo residual, varia conforme o tipo e a regulagem da prensa. O produto residual apresenta maior teor de vitamina E, caso comparado aos óleos extraídos por processos industriais convencionais industriais, com solventes (OLIVEIRA; VIEIRA, 2004).

A prensagem a frio das sementes produz um produto que apresenta características nutricionais que permitem o seu uso na alimentação animal (Tabela 57) (BERAN *et al.* 2005; OLIVEIRA; CACERES, 2005; GOES, *et al.* 2008; 2010); podendo ser uma fonte alternativa de nutrientes, apresen-

tando valores médios de 22% de PB, 22,5% de EE e digestibilidade em torno de 68% (OLIVEIRA; VIEIRA, 2004); porém, devido ao processamento apresenta extrema variação no conteúdo de lipídeos (6 a 30%).

Tabela 57 - Composição químico-bromatológica da torta de girassol, segundo diferentes autores.

	Oliveira (2003)	Santos (2008)	Chung <i>et al.</i> (2009)	Goes <i>et al.</i> (2010)
MS (%)	91,80	91,90	91,71	95,05
PB (%)*	22,90	22,90	27,79	30,93
EE (%)*	15,50	15,53	19,90	16,76
FDN (%)*	38,30	38,33	39,63	42,69
FDA (%)*	29,30	29,32	37,49	31,27

Fonte: Elaborada pelo autor com dados informados no cabeçalho da tabela.

Legenda: MS - matéria seca; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido.

Nota: * % MS ou na base da matéria seca.

A proteína bruta da torta de girassol se caracteriza por ser extensamente degradável, sendo seu teor de proteína não degradável no rúmen (PNDR) menor que 10% (MILTON *et al.*, 1987; GALATI *et al.*, 2002; SILVA, Z. F., 2004; BERAN *et al.*, 2007); Mupeta *et al.* (1997) observaram que a quantidade de aminoácidos não degradáveis no rúmen foi de 7,2% e digestibilidade total aminoacídica foi elevada (95,6%), já Goes *et al.* (2008) encontraram baixa degradabilidade da proteína bruta para a torta de girassol, de 36,65%. A torta de girassol apresenta extrema variação no seu conteúdo de lipídeos (6 a 30%), porém se assemelha às características das sementes integrais devido ao teor de lipídeos poli-insaturados.



CAPÍTULO 22

Leveduras desidratadas (*Sacharomyces cerevisiae*)

Levedura (*Sacharomyces cerevisiae*) desidratada é o produto obtido após a separação do “creme de levedura viva” durante o processamento de fermentação etanólica, sendo inativado e esterilizado (termólise) para posterior secagem e ensacagem. É constituída basicamente de células de 5 a 10 μm ao longo do eixo maior e menor; com volume de 40 μm , com peso de 10pg e densidade de 1,03^a 1,10 g/cm; sendo comercializada como palatilizante, fonte proteica, fonte de vitaminas (B₁, B₂, B₆, ácido pantotênico, niacina, ácido fólico e biotina) e como adsorventes (mananoligossacarídeos — parede celular de leveduras).

A composição da levedura depende, principalmente, do substrato fermentado, do grau de aeração, das cepas de levedura, do tratamento térmico e da concentração de sais que auxiliam os processos de fermentação. A composição química apresenta elevado teor de proteína bruta — variando de 30,77% a 56% (COSTA, 2004) — e aminoácidos essenciais, com destaque para lisina e treonina (CAMPOS NETO, 1987); assim como teores de EE médio de 1,2% — variando de 9,0 a 1,6% (GRANGEIRO *et al.*, 2001) —; e os teores de fibra, os quais são baixos (Tabela 58) e solúveis, apresentando ausência de fibra insolúvel (YAMADA *et al.*, 2003). As leveduras apresentam também ação profilática, que melhora o bem-estar

animal, além de ser altamente palatável. Os teores de minerais variam de 9,8 a 11,4%, decorrente do fosfato acrescentado durante a fosforilação da proteína pela ação do trimetafosfato de sódio. Tanto o fosfato quanto os lipídios precipitados são associados às proteínas, sendo eliminados pelo processo de lavagem.

Tabela 58 - Composição químico-bromatológica da levedura desidratada.

MS (%)	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	EE (%)	CHO (%)	CZ (%)	NDT (%)	Ca (%)	P (%)
92,18	37,19	2,37	0,67	0,84	57,58	6,49	83,03	0,31	0,57

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018.

Legenda: MS - matéria seca; PB - proteína bruta; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; EE - extrato etéreo; CHO - carboidratos totais; CZ - cinzas; NDT - nutrientes digestíveis totais; Ca - cálcio; P - fósforo.

Diversos trabalhos destacam que em dietas para aves a inclusão de levedura desidratada pode ser realizada em até 20% para se evitar a redução de consumo dos animais (LATRILLE *et al.*, 1976; PEZZATO, L. E. *et al.*, 1982; PEZZATO, A. C. *et al.*, 1982; SURDZHIISKA; MARINOV; TOMOVA, 1987); no entanto, Tamburo *et al.* (1982) observaram que à medida que se eleva as inclusões de levedura desidratada, ocorre redução dos teores de matéria seca fecal. Grangeiro *et al.* (2001) recomendaram a inclusão de até 7,5% para aves de corte, sem afetar o desempenho animal e os teores de umidade da cama.



CAPÍTULO 23

Tabela nutricional de alimentos para curiós e bicudos

O bicudo (*Sporophila maximiliani*) e o curió (*Sporophila angolensis*) são espécies nativas pertencente à ordem dos passeriformes e à família *Emberizidae*, são classificados de acordo com o seu hábito alimentar como aves granívoras. Esses pássaros possuem características marcantes, com destaque para o canto, aparência e se distingue por sua elegância, porte ereto e altivo.

As técnicas de criação em cativeiro são primordiais para o sucesso da criação; no entanto, a alimentação de passeriformes em cativeiro é realizada de maneira empírica e dificultada, baseado em observações de hábitos e preferências alimentares (PAIANO *et al.*, 2011); com isso, o fornecimento de alimentos baseado nessas condições e em quantidades variáveis provocam dietas desbalanceadas e com elevados valores energéticos (ULLREY; ALLEN; BAER, 1991).

Os principais grãos utilizados para a alimentação de aves em cativeiro são: alpiste, amendoim, painço e girassol (NAHUM *et al.*, 2015), porém foi disponibilizada recentemente uma variedade de grãos para a alimentação de aves; no entanto, o fornecimento único de grãos proporciona

riscos no consumo desses animais, ocorrendo ausências de diversos nutrientes, entre eles vitaminas A e D3, vitaminas do complexo B e minerais, além delas possuírem elevadas concentrações energéticas (i.e. altos teores de lipídios). Carrillo *et al.* (2007) destacaram que o gasto energético das aves pode ser alterado durante o processo de descascamento dos grãos. Isso pode interferir na preferência dos pássaros pelo alimento e alterar o consumo. No entanto, o fornecimento de alimentos deve ser pautado no conhecimento dos nutrientes disponíveis. Para isso, confeccionamos uma tabela com os principais alimentos utilizados para aves canoras, principalmente para curiós e bicudos.

Os teores de proteína bruta dos alimentos avaliados apresentaram variação de 5,58 a 29,6% (Tabela 59). O capim navalha, presente em áreas alagadas, brejos, beiras de rios e lagos, é o principal alimento dos *Sporophila* sp na natureza; no entanto, apresentou os menores valores de PB (5,58%), de EE (6,78%) e os menores valores calóricos (EB = 2509 kcal/g). A perila branca, considerada uma fonte energética, apresentou valores para os teores de EE de 28,29% e de EB de 6553 kcal/g. Os maiores teores de EE foram obtidos pelos grãos de cânhamo e de girassol. Já os teores de fibra dos alimentos apresentados na tabela variaram entre 1,90 a 31,97%.

O pepino e o milho verde, amplamente utilizados na alimentação de pássaros, apresentaram valores de 22,12 e 17,75% para PB e baixos valores de lipídeos (4,75 e 2,82%), o milho verde apresentou teores de carboidratos (CHO) de 74,96%; os teores de carboidratos são estimados por diferença entre os demais nutrientes, com isso a alteração nos demais fatores proporcionam variação em seus teores, os teores de CHO entre os alimentos avaliados apresentaram valores entre 50 a 85,39%.

Tabela 59 - Composição químico-bromatológica de grãos e alimentos utilizados na alimentação de curiós e bicudos em cativeiro.

Grãos	MS (%)	MO (%)	PB (%)	CHO (%)	FB (%)	FDN (%)	FDA (%)	EE (%)	Cinzas (%)	EB (kcal)
Alpiste	90,27	92,99	18,00	68,04	23,59	-	-	6,95	7,01	3,638
Painço	89,23	95,25	12,10	76,91	11,09	-	-	6,24	4,75	3,731
Linhaça marrom	92,51	96,34	12,50	61,47	22,62	-	-	22,37	3,66	5,574
Nabão	93,45	96,52	28,19	40,88	27,15	-	-	27,45	3,48	6,108

Continua

Tabela 59 - Composição químico-bromatológica de grãos e alimentos utilizados na alimentação de curiós e bicudos em cativeiro.

Continuação

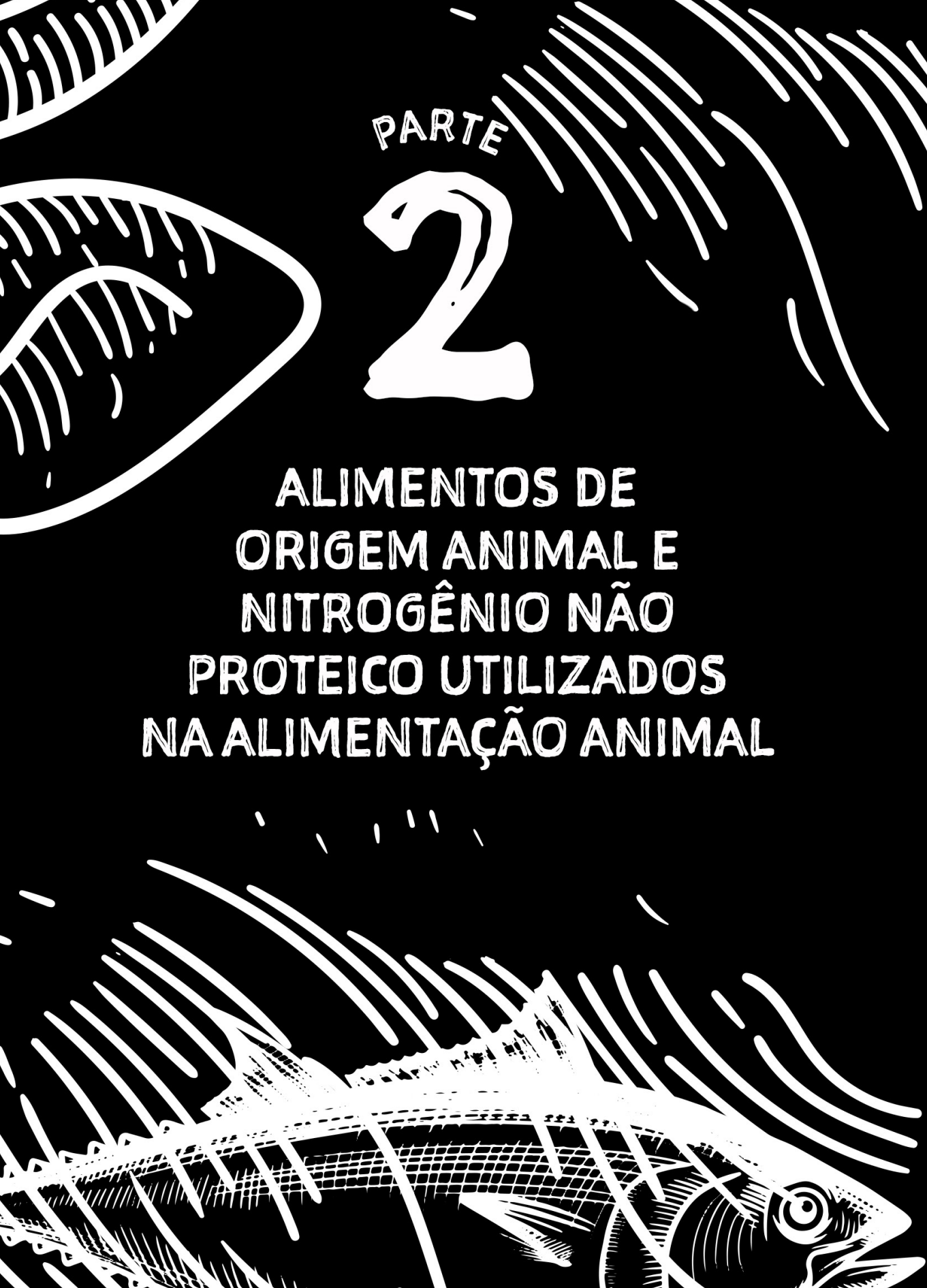
Grãos	MS (%)	MO (%)	PB (%)	CHO (%)	FB (%)	FDN (%)	FDA (%)	EE (%)	Cinzas (%)	EB (kcal)
Painço milheto	88,03	97,73	10,66	83,31	8,54	15,93	7,73	3,76	2,27	3,928
Cártamo	90,35	97,2	14,79	75,31	-	77,19	42,11	26,25	2,80	5,204
Níger	90,67	93,66	29,09	58,26	-	55,61	22,81	6,31	6,34	2,921
Capim Navalha	91,35	62,36	5,58	50,00	31,97	-	-	6,78	37,64	2,509
Cânhamo	90,60	94,28	18,00	20,00	18,50	39,80	-	30,00	5,72	5,814
Sorgo branco	88,70	98,98	11,67	85,39	1,90	14,20	6,30	1,92	1,02	3,774
Senha francesa	89,22	95,24	10,06	81,33	13,93	-	-	3,85	4,76	-
Colza	94,29	95,82	29,60	40,17	-	68,85	34,80	26,05	4,18	6,727
Perila branca	89,78	97,91	23,92	49,33	24,66	27,06	18,03	28,29	2,09	6,553
Perila marrom	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,657
Arroz cateto	88,54	98,12	7,79	84,46	14,19	15,65	10,61	5,87	1,88	4,451
Girassol	92,45	97,34	22,50	29,38	17,03	53,65	16,73	45,46	2,66	7,643
Alimentos										
Pepino	3,39	87,15	22,12	60,28	-	62,27	24,68	4,75	12,85	3,320
Milho verde	18,26	95,53	17,75	74,96	-	8,48	7,42	2,82	-	4,470

Fonte: Dados elaborados pelos autores. As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

Legenda: MS - matéria seca; MO - matéria orgânica; PB - proteína bruta; CHO - carboidratos totais; FB - fibra bruta; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; EE - extrato etéreo; CZ - cinzas; EB - energia bruta.

Por apresentarem diferenças entre os valores nutricionais, os alimentos utilizados na alimentação de curiós e bicudos devem ser disponibilizados de forma adequada às aves.





PARTE

2

ALIMENTOS DE
ORIGEM ANIMAL E
NITROGÊNIO NÃO
PROTEICO UTILIZADOS
NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL





CAPÍTULO 24

Farinha de carne e farinha de carne e ossos

A farinha de carne (FC) e a farinha de carne e ossos (FCO) são coprodutos, originado a partir de ossos e resíduos de desossa da carcaça de animais (*i.e.*, bovinos, suínos, ovinos, caprinos, equinos, bubalinos), produzida por frigoríficos/abatedouros a partir dos componentes que não são destinados a alimentação humana; não podendo conter em sua composição corpos estranhos, como (sangue, cascos, unhas, chifres, pelos e conteúdo estomacal). Durante o processo de preparação, todo o material passa pelo processo de moagem, cozimento e prensagem para extração da gordura e posteriormente é moído novamente. Esses produtos apresentam grandes variações em sua composição devido ao tipo de matéria prima (POZZA *et al.*, 2008).

A farinha produzida em frigoríficos possui controle sobre a matéria prima utilizada, controlando-se o tempo entre abate e processamento, bem como condições de estocagem do material até o momento de processamento. No entanto, quando a farinha é produzida por graxarias, a matéria prima é oriunda de material descartado e coletado em açougues e supermercados, dificultando o controle da estocagem até o processamento.

As farinhas de carne (FC) apresentam proteína de elevado valor biológico (fonte de aminoácidos), elevados teores de gordura e minerais

como o cálcio e fósforo (FARIA FILHO *et al.*, 2002) e vitamina B12 (Tabela 60). Destaca-se que os valores de cálcio não devem ultrapassar 2,5 vezes o nível de fósforo. No entanto, os valores energéticos desses produtos são afetados pela composição da farinha e apresentam elevada variação (POZZA *et al.*, 2008).

A farinha de carne e ossos (FCO) pode ser classificada como mista, quando é originada de mistura de matérias primas (*i.e.*, bovinos, suínos, ovinos), ou simples, quando apresenta somente um tipo de matéria prima (FCO bovina, FCO suína, *etc.*). Essa farinha apresenta valores superiores a 3,6% de fósforo na matéria seca, com teores de 42-58% de PB. A relação Ca: P deve apresentar relação máxima de 2,2: 1; proporções diferentes indicam adulteração do produto. A presença de fósforo se torna relevante pois é um dos componentes mais onerosos da alimentação animal. Já a FC contém teores de cinzas inferiores a 25% e de fósforos, menores de 3,8%, com valores de 55 a 60% de PB (NUNES, 1991; DIFISA, 1989).

Tabela 60 - Composição químico-bromatológica da farinha de carne e farinha de carne e ossos.

Farinha	MS (%)	PB (%)	NNP /N (%)	EE (%)	CHO (%)	CZ (%)	NDT (%)	Ca (%)	P (%)
Carne	91,96	51,25	-	12,42	6,76	28,32	53,51	10,39	4,90
Carne e ossos	93,09	45,11	20,79	11,6	5,93	38,11	50,07	13,07	6,21

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018; BUTOLO, 2002.

Legenda: MS - matéria seca; PB - proteína bruta; NNP - nitrogênio não proteico; EE - extrato etéreo; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; CHO - carboidratos totais; CZ - cinzas; NDT - nutrientes digestíveis totais; Ca - cálcio; P - fósforo.

As farinhas de carne (FC) podem ser incluídas em rações para aves em até 9%; no caso de suínos, pode ser utilizada em até 5% para animais em crescimento, 4% para animais em engorda e 10 a 15% para animais em gestação e lactação. Já para animais ruminantes, conforme a Instrução Normativa n. 15 de 17 de julho de 2001 do MAPA (BRASIL, 2001), o uso é proibido devido a enfermidades como encefalite espongiforme bovina

(BSE), conhecido como “mal da vaca louca”, Scrapie em ovinos e mesmo a doença de Creutzfeldt-Jakob em humanos.

Fatores que afetam a qualidade da farinha de carne e ossos

A qualidade do produto farinha de carne ou farinha de carne e ossos depende de algumas características:

- 1) umidades superiores a 8% favorecem a decomposição e o crescimento microbiano indesejável;
- 2) baixa movimentação provoca queima desuniforme (queima nas paredes do digestor);
- 3) temperaturas superiores a 120 °C provocam a redução na disponibilidade dos aminoácidos;
- 4) presença do sebo na farinheta acelera rancificação do material;
- 5) níveis de gordura entre 8 a 15% dificulta a moagem; além disso, a dureza dos ossos requer maior resistência dos equipamentos utilizados (*i.e.*, peneira);
- 6) os tipos de equipamentos utilizados durante o processamento altera os teores de gordura das farinhas FC e FCO;
- 7) os teores de PB, Ca e P servem de parâmetros para a classificação final do material obtido;
- 8) ausência de material contaminante, como cascos, chifres, sangue, pelos, sal, couro e resíduos de conteúdo estomacal;
- 9) presença de enzimas e umidade excessiva, pois hidrolisam os ácidos graxos e indicam rancidez hidrolítica, provocando aumento da acidez;
- 10) incidência de peróxidos, pois indicam rancidez oxidativa ou oxidação de radicais duplos dos ácidos graxos;
- 11) presença de salmonelas e outros microrganismos patogênicos são eliminados por tratamentos térmicos com temperaturas superiores a 100 °C. No entanto, as principais fontes contaminantes são: instalações (armazenamento); má higienização

dos equipamentos; armazenamento da matéria prima e produto final; roedores; exposição ao ar e à umidade por períodos prolongados; e embalagem imprópria ou contaminada.



CAPÍTULO 25

Farinha de sangue

A farinha de sangue é resultante da cocção, desidratação e moagem de sangue fresco (MATIAS *et al.*, 2012) de bovinos, suínos e aves. Inicialmente, o sangue é coagulado através de aquecimento lento; reduzindo a umidade e auxiliando na separação dos resíduos gordurosos. A dessecação reduz o volume total e favorece o armazenamento por longos períodos. A legislação brasileira e as indústrias de alimentação animal padronizaram como 80% de PB para o valor mínimo de comercialização; no entanto, os produtos comercializados no mercado brasileiro apresentam valores médios de 71% (KUBITZA, 1998).

Apresenta em sua composição variada gama de aminoácidos (Tabela 61), destacando-se lisina, triptofano, fenilalanina e treonina, mas com proporções limitadas em isoleucina e metionina. No entanto, temperaturas muito elevadas podem levar à indisponibilidade dos aminoácidos presentes e redução da digestibilidade (GRANT; HADDAD, 1998). A lisina, embora abundante, é um dos aminoácidos com maior sensibilidade ao aquecimento, podendo estar indisponível ou ser destruída.

Tabela 61 - Teores de aminoácidos encontrados na farinha de sangue.

NÍVEIS DE AMINOÁCIDOS ENCONTRADOS NA FARINHA DE SANGUE							
Arginina	Lisina	Metionina	Cistina	Triptofano	Treonina	Glicina	Isoleucina
2,40%	5,50%	1,00%	1,20%	1,05%	3,40%	3,60%	0,80%

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018 e NERY, 2005.

Além de ser pobre em vitaminas, a farinha de sangue apresenta elevados teores de ferro, baixa aceitabilidade, podendo ainda alterar a coloração das dietas, devido ao tom escuro apresentado.

Tabela 62 - Composição químico-bromatológica da farinha de sangue, para alimentação animal.

MS (%)	PB (%)	NNP (%)	NIDN (%)	NIDA (%)	EE (%)	CHO (%)	CZ (%)	NDT (%)	Ca (%)	P (%)
90,57	84,68	9,77	0,0	0,0	1,70	7,89	4,22	86,67	0,23	0,17

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018; VALADARES FILHO; MAGALHÃES; ROCHA JÚNIOR *et al.*, 2006.

Legenda: MS - matéria seca; PB - proteína bruta; NNP - nitrogênio não proteico; NIDN - nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA - nitrogênio insolúvel em detergente ácido; EE - extrato etéreo; CHO - carboidratos totais; CZ - cinzas; NDT - nutrientes digestíveis totais; Ca - cálcio; P - fósforo.

A recomendação de inclusão dessa farinha para dietas de aves e suínos jovens é de 1 a 2% da matéria seca, podendo ser utilizado em suínos na fase final da creche que compreende (50 a 70 dias); para poedeiras a recomendação é de 6 a 7%; para suínos em crescimento, de 5 a 8%, e em fase de lactação, 2 a 4%. Para frangos de corte, a inclusão se restringe a 2 a 3%, atentando-se ao fato de que o crescimento pode ser reduzido e o empenamento é deficiente. Para tilápias do Nilo, Barros *et al.* (2004) destaca que a inclusão de farinha de sangue de até 10,0% podem ser aplicadas. No entanto, sua utilização na substituição de fontes proteicas tradicionais deve ser condicionada ao custo de produção. Ressalta-se ainda que, de acordo com a Instrução Normativa n. 15 de 17 de julho de 2001 do MAPA (BRASIL, 2001), o uso de ingredientes de origem animal para animais ruminantes é proibido.



CAPÍTULO 26

Farinha de peixe

A farinha de peixe (FP) é a principal fonte proteica empregada na aquicultura, estando presente em dietas para a maioria das espécies cultivadas; trata-se de um produto seco e triturado, oriundo de peixes inteiros ou pedaços, podendo ou não se extrair a fração lipídica presente. No Brasil, a disponibilidade de farinhas de boa qualidade é escassa (BOSCOLO *et al.*, 2001) e, apesar de apresentar excelente perfil aminoacídico (metionina e o triptofano), conferir melhor aceitabilidade às rações, seu custo geralmente é elevado (FARIA *et al.*, 2001).

É uma excelente fonte de proteína bruta (58%) (Tabela 63) e de energia digestível, boa fonte de minerais (cálcio e fósforo), elementos traços e vitaminas (lipo e hidrossolúveis) (TACON, 1993). O teor de sal presente no produto deve sempre constar no rótulo da embalagem e teor não pode exceder a 7%.

Tabela 63 - Composição químico-bromatológica da farinha de peixe.

MS (%)	PB (%)	NNP (%)	NIDN (%)	NIDA (%)	EE (%)	CHO (%)	CZ (%)	NDT (%)	Ca (%)	P (%)
92,41	58,81	1,15	1,47	0,77	9,40	9,63	22,24	69,91	6,80	3,72

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018; VALADARES FILHO; MAGALHÃES; ROCHA JÚNIOR *et al.*, 2006.

Legenda: MS - matéria seca; PB - proteína bruta; NNP - nitrogênio não proteico; NIDN - nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA - nitrogênio insolúvel em detergente ácido; EE - extrato etéreo; CHO - carboidratos totais; CZ - cinzas; NDT - nutrientes digestíveis totais; Ca - cálcio; P - fósforo.

Particularidades sobre a farinha de peixe

- Presença do ácido graxo ramificado clupanodônico: responsável pelo cheiro característico do alimento e está relacionado com sua aceitabilidade.
- Matéria mineral, com altos teores de cálcio e fósforo com disponibilidade aproximada de 90%.
- Uso de antioxidantes como inibidores da formação de produtos oxidativos e ácidos graxos livres.
- Elevados níveis de histidina (amina bigênica), que causam erosão da moela em aves jovens.
- Exposição a temperaturas elevadas, estimulam a atividade excessiva da enzima tiaminase, que decompõe a vitamina B1.
- A toxina Gizerosina possui atividade “tipo histamina” (pró-inflamatória), estimulando a secreção de ácido no pró-ventrículo, sendo 300 vezes mais potente no desenvolvimento de erosão da moela.
- Fonte de ácidos ômega-3 (ω 3), eicosapentóico e docohexanóico-DHA (ácidos graxos de cadeia longa). O DHA é essencial para na espermatogênese, formação do músculo cardíaco e das membranas cerebrais.



CAPÍTULO 27

Farinha de vísceras

A farinha de vísceras (FV) é um coproduto da indústria abatedora avícola, amplamente utilizada na fabricação de rações para alimentação animal. Apresenta alta porcentagem de matéria mineral (HARDY, 1996), com elevada disponibilidade de cálcio e fósforo (MILANEMA, 2002). Esses produtos apresentam composição química muito variável (MURAKAMI *et al.*, 1994); em função da incorporação de vísceras, cabeças, pés e carcaças descartadas (WILSON, 1995; NENGAS; ALEXIS; DAVIES, 1999), para a farinha de vísceras; e para a farinha de pena e vísceras (FPV) pode-se conter também, penas; porém em ambos os produtos os resíduos de incubatórios não são permitidos.

Os teores de EE devem ser de 10% e os de minerais, 13% (Tabela 64). A utilização desse produto deve ser controlada para evitar a eutrofização do ambiente aquático (SUGIURA *et al.*, 2000; BOSCOLO, 2003). O teor proteico da FV varia entre 55 a 65% de PB, com deficiência nos aminoácidos (Tabela 65) metionina, lisina e triptofano (NRC, 1993; NENGAS; ALEXIS; DAVIES, 1999; EL-SAYED, 1999; PEZZATO *et al.*, 2002; FARIA; HAYASHI; SOARES, 2002; MEURER; HAYASHI; BOSCOLO, 2003); porém, tilápias do Nilo apresentam coeficientes de digestibilidades da PB semelhantes a farinha de peixe (PEZZATO *et al.*, 2002; MEURER; HAYASHI; BOSCOLO, 2003).

Tabela 64 - Composição químico-bromatológica da farinha de vísceras.

Farinha	MS (%)	PB (%)	EE (%)	CZ (%)	NDT (%)	Ca (%)	P (%)
Penas e Vísceras	90,84	75,47	12,16	5,15	95,12	1,40	0,74
Vísceras	93,85	57,74	18,16	13,48	90,91	3,92	2,19

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018.

Legenda: MS - matéria seca; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; CZ - cinzas; NDT - nutrientes digestíveis totais; Ca - cálcio; P - fósforo.

Tabela 65 - Composição de aminoácidos das farinhas de carne, sangue, vísceras e de peixe expressos em g de aminoácidos por 100 g de proteína (16 gN).

Aminoácidos	Farinha de carne	Farinha de sangue	Farelo de vísceras	Farinha de peixe
Alanina	4,19	7,64	3,23	3,74
Glutamato	7,46	8,29	6,47	7,08
Aspartato	4,38	10,19	4,60	4,83
Leucina	3,25	11,89	4,06	3,66
Serina	2,33	4,72	3,33	2,45
Arginina	3,59	3,50	3,67	3,37
Fenilalanina	1,74	5,96	2,34	2,00
Prolina	4,57	3,52	4,70	3,71
Glicina	7,89	3,78	5,66	5,66
Valina	2,05	7,73	2,88	2,51
Histidina	1,06	5,10	1,06	1,26
Isoleucina	1,34	0,63	2,27	1,91
Triptofano	0,33	1,20	0,50	0,73
Tirosina	1,17	2,43	1,51	1,60
Lisina	2,88	7,94	3,10	3,53
Metionina	0,79	1,14	1,02	1,32
Cistina	0,45	0,79	0,82	0,62
Treonina	1,78	4,17	2,37	2,08

Fonte: Adaptado de VALADARES FILHO; LOPES *et al.*, 2018.



CAPÍTULO 28

Ureia

A ureia ($\text{NH}_2\text{-CO-NH}_2$ ou $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) é uma fonte de nitrogênio não proteico (NNP), higroscópica; obtida industrialmente através de processos físicos (temperatura e pressão) fortemente controladas, sendo que a condensação entre o gás carbônico (CO_2) e a amônia (NH_3) formam o carbonato de amônia, dando origem à ureia. Esse produto é muito utilizado na alimentação de animais ruminantes e, ao ser ingerido e adentrar no rúmen, é imediatamente hidrolisado pelas bactérias ruminais, produzindo o nitrogênio amoniacal (N-NH_3); a urease microbiana é extremamente ativa e proporciona taxas de hidrólise quatro vezes maior que a capacidade de assimilação pelos microrganismos ruminais, para a síntese de proteína microbiana.

Os grânulos de ureia apresentam teores médios de 45% de N, com equivalente proteico de 2,81 (281 g proteína/100 g de ureia). Para sua utilização em dietas de animais ruminantes, os animais devem apresentar rúmen funcional e é necessário um período de adaptação para se evitar quadros de intoxicação. A adaptação dos animais deve ser feita de forma gradativa: iniciando com o fornecimento de 33% do total ou 13 g/100 kg de peso corporal (PC); passando quinzenalmente para 66% do total ou 26 g/100 kg de PC; e 100% do total ou 50 g/100 kg de PC. Deve-se atentar para o limite de consumo diário pelos animais: 50 g de ureia/100 kg de PC, com consumo máximo de 200 g de ureia/dia. O fornecimento de ureia deve ser

de forma contínua, pois a adaptação é perdida em até 3 dias, sendo necessário, inicia-se uma nova adaptação.

A inclusão de ureia para animais ruminantes pode ser de no máximo 1% da matéria seca total das rações ou representar até 3% da MS do concentrado; substituindo de 25 a 33% a proteína dietética; ou, como dito anteriormente, não ultrapassar a ingestão diária de 200 g/dia (50 g/100 kg de peso corporal). No caso de suplementos múltiplos, onde a finalidade é o fornecimento de minerais e nitrogênio, a ureia e o sal mineral podem ser usados em até 30%, sendo necessário completar o restante com alimentos energéticos e/ou proteicos.

A quantidade de NH_3 incorporada pelos microrganismos ruminais para a síntese de proteína microbiana depende da concentração energética da dieta; com isso, é necessário a presença de carboidratos fermentescíveis, que fornecem esqueletos de carbono, proporcionando a síntese proteica. As fontes e a quantidade de fornecimento desses carboidratos fermentescíveis estão relacionados à eficiência de uso do NNP pelos animais. O amido parece ser a fonte energética mais sincronizada com a hidrólise da ureia no rúmen. Os diferentes carboidratos apresentam características distintas quanto à fermentação ruminal.

Os carboidratos solúveis ou facilmente fermentáveis (*i.e.*, melaço e açúcares) fornecem a energia inicial de rápida degradação e, consequentemente, uma quantidade limitada de esqueletos de carbono para a síntese proteica. Carboidratos de média fermentação (*i.e.*, amido) se apresentam como o mais efetivo (PEREIRA; GUIMARÃES; TOMICH, 2008); porém, com taxas de degradação variáveis (milho e sorgo apresentam lenta degradação; e trigo, aveia e cevada apresentam rápida degradação) de acordo com a concentração de amido existente (*i.e.*, milho - 72,1%; sorgo - 71,1%; cevada - 52,8; milheto - 49,2%; e aveia - 44,1%); e os carboidratos fibrosos, ou lentamente fermentescíveis (*i.e.*, celulose e hemicelulose), quando presentes, limitam a síntese proteica por falta de energia.

Outro destaque para o uso de NNP seria a quantidade de enxofre nas dietas, que geralmente são baixos, com isso é necessário acréscimo de fontes desse mineral. A relação ótima de nitrogênio/enxofre (N:S) é de 10 a 15:1; ou seja 10 a 15 partes de nitrogênio para uma parte de enxofre. A presença de S em dietas é para auxiliar a síntese microbiana de aminoá-

cidos sulfurados (i.e., metionina, cisteína e cistina); da mesma forma, deve-se atentar para os teores de fósforo necessários para a síntese de ácido nucleico microbiano, devendo-se respeitar a relação N:P de 5-6:1.

Segundo Lana (2020), a toxidez por ureia ainda depende de uma série de fatores, entre eles se destacam:

- o fornecimento desse ingrediente a animais em jejum, que apresentam consumo rápido ou exacerbado;
- a falta de adaptação que ocasiona baixo aproveitamento do N pelos microrganismos;
- a disponibilidade de água necessária para eliminar o excesso de ureia pelos rins;
- a mistura deve ser homogênea para facilitar o consumo regular (evitar pelotas ou pedras no sal, lembre-se a ureia é higroscopia); e
- a qualidade da forrageira consumida, devido aos teores de lignina.

Os níveis de intoxicação sanguíneos para a ureia são perceptíveis com valores de nitrogênio amoniacal, de 1 mg/100 ml de sangue e valores de pH no rúmen próximos a 8,0, que permite maior absorção de NH_3 pelo epitélio ruminal. A capacidade de conversão da amônia absorvida em ureia pelo fígado é próxima de 84 mg de nitrogênio amoniacal/100 ml de fluido ruminal.

A ureia apresenta diversas formas para sua utilização, podendo ser acrescida em volumosos secos (70 a 90% de MS) em até 2%; em volumosos úmidos (20 a 40% de MS) em até 1%; na ensilagem, para se aumentar os valores de PB em até 1% (valores acima dificultam a queda do pH do material ensilado); em misturas minerais (10 a 50%); em misturas múltiplas (2 a 20%); e associado ao melaço, respeitando a proporção de 9 kg de melaço para 1 kg de ureia. Podendo ainda ser adicionado ao suplemento volumoso (cana + ureia), na proporção de 900 g de ureia e 100 g de sulfato de amônia, diluídos em 4 litros de água e distribuídos ("regada") em 100 kg de cana.

A inclusão de ureia em misturas minerais deve ser gradativa, permitindo a adaptação dos microrganismos aos elevados níveis de N-NH_3 (Tabela 66). Essa mistura como adição de alimentos farelados (fubá ou qui-

rera de milho, ou farelo de trigo), em 20%, melhora o consumo e evita a aglutinação e o empedramento da mistura (PEREIRA; GUIMARÃES; TOMICH, 2008).

Tabela 66 - Esquema de adaptação para usos de mistura mineral, ureia e farelos.

Semana	Mineral	Ureia (%)	Farelos (%)
1	80	10	10
2	60	25	15
3	40	40	20

Fonte: PEREIRA; GUIMARÃES; TOMICH, 2008.

REFERÊNCIAS

ACKER, D.; CUNNINGHAM, M. **Animal science and industry** 4. ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1991. 709p.

ADEOLA, O.; ORBAN, J.I. Chemical composition and nutrient digestibility of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) fed to growing pigs. **Journal of Cereal Science**, West Lafayette, n. 22, p. 177-184, 1995. DOI: [https://doi.org/10.1016/0733-5210\(95\)90048-9](https://doi.org/10.1016/0733-5210(95)90048-9).

AGU, P. N.; OLUREMI, O. I. A.; TULEUN, C. D. Nutritional evaluation of sweet orange (*Citrus sinensis*) fruit peel as a feed resource in broiler production. **International Journal of Poultry Science**, Dubai, v. 9, n. 7, p. 684-688, 2010. DOI: 10.3923/ijps.2010.684.688.

AGUIAR, C. W. S.; PEREIRA, E. V.; SILVA, A. K. O. *et al.* Processo de desidratação da polpa cítrica utilizada na alimentação de ruminantes como fonte de carboidratos. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO ACADÊMICA, 1., 2017, Fortaleza. **Resumo** [...]. Fortaleza: Encontros Universitários da UFC, 2017. p. 1.

AGUIAR, R. H.; **Avaliação do girassol durante o armazenamento, para uso como semente ou para a extração de óleo.** 2001. 74f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

ALHADAS, H. M.; VALADARES FILHOS, S. C.; TEDESCHI, L. O. *et al.* *In situ* evaluation of dried distillers' grains (DDG) and of diets containing different levels of DDG inclusion replacing soybean meal, urea and corn, and development of alternative methods to estimate in vivo digestibility of diets. **Livestock Science**, Villaviciosa, v. 253, p. 1-9, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104706>.

ALVES, J. O.; ZHUO, C.; LEVENDIS, Y. A. *et al.* Síntese de nanomateriais de carbono a partir do resíduo de milho (DDGS). **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 8, p. 1534-1537, 2012.

AMORIM, A. B.; THOMAZ, M. C.; RUIZ, U. S. *et al.* Citrus pulp and enzyme complex for growing and finishing pigs. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 369-380, 2014.

ANDERSON, V. L.; CATON, J. S.; KIRSCH, J. D. *et al.* Effect of crambe meal on performance, reproduction, and thyroid hormone levels in gestating and lactating beef cows. **Journal of Animal Science**, Kettering, v. 78, n. 9, p. 2269-2274, 2000.

ANDERSON, V. L.; SLANGER, W. D.; BOYLES, S. L. *et al.* Crambe meal is equivalent to soybean meal for back grounding and finishing beef steers. **Journal of Animal Science**, Kettering, v. 71, n.10, p. 2608-2613, 1993.

ANDRADE, A. D. **Ácidos graxos ômega-3 em peixes, óleos de peixe e óleos vegetais comestíveis**. 1994. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 1994.

ANDREWS, D. J.; KUMAR, K. A. Pearl millet for food, feed and forage. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 48, p. 89-139, 1992.

ANFAR – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE RAÇÕES. **Matérias primas para a alimentação animal: padrão ANFAR**. 4. ed. São Paulo: Anfar, 1985. 65p.

ANTOSZKIEWICZ, Z.; TYWONCZUC, J.; MATUSEVICIUS, P. Effect in indusion of sunflower cake and enzymatic preparations diets for growing pigs. **Veterinaria ir Zootechnika**, Kaunas, v. 26, n. 48, p. 17- 22, 2004.

ANTUNES, P. L.; BILHALVA, A. B.; ELIAS, M. C. *et al.* Valor nutricional de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.), cultivares rico 23, carioca, piratã-1 e rosinha-G2. **Revista Brasileira de Agrociência**, São Paulo, v. 1, n.1, p. 12-18, 1995.

ARABA, M.; DALE, N.M. Evaluation of protein solubility as an indicator of under processing soybean meal. **Poultry Science**, London, v. 69, n. 10, p. 1749-1752, 1990.

ARAÚJO, W. A. G.; SOBREIRA, G. F. Farelo de amendoim na alimentação de não ruminantes. **Revista Eletrônica Nutritime**, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 546 557, mar./abr. 2008.

ARMENTANO, L. E.; HERRINGTON, T. A.; POLAN, C. E. *et al.* Ruminal degradation of dried brewers' grains, wet brewers' grains, and soybean meal. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 69, n. 8, p. 2124-2133, 1986.

ASP, N. G.; MATTSON, B.; ONNING, G. Variation in dietary fiber, b-glucan, starch, protein, fat and hull content of oats grown in Sweden, 1987-1989. **European Journal Clinical Nutrition**, London, v. 46, n. 1, p. 31-37, 1992.

ATWELL, W. A. **Wheat Flour**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 2001. Eagen Press Handbook Series.

BACH, A.; YOON, I. K.; STERN, M. D. *et al.* Effects of type of carbohydrate supplementation to lush pasture on microbial fermentation in continuous culture. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 82, n. 1, p. 153-160, 1999.

BAMPIDIS, V.; ROBINSON, P. Citrus by-products as ruminant feeds: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Davis, v. 128, n. 3 p. 175-217, 2006.

BANDYOPADHYAY, R.; KUMAR, M.; LESLIE, J. Relative severity of aflatoxin contamination of cereal crops in West Africa. **Food Additives and Contaminants: Part A**, London, v. 24, n. 10, p. 1109-1114, 2007.

BARRAGÁN, R. J. L.; MARTÍN, DEL C. M.; CARINA, M. *et al.* Utilización de granos secos de destilería con solubles (ddgs) en la alimentación animal. In: CARJAVAL, S.; BARRIOS, E. P. (ed.). **Avances en la investigación científicas en el CUCBA**. Guadalajara: Universidad de Guadalajara; CUCBA, 2008. p. 575-582.

BARRAZA, M. L.; COPPOCK, C. E.; BROOKS, K. N. *et al.* Iron sulfate and feed pelleting to detoxify free gossypol in cottonseed diets for dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3457-3467, 1991.

BATAL, A.; DALE, N. True metabolizable energy and amino acid digestibility of distiller dried grains with solubles. **Journal of Applied Poultry Research**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 89-93, 2006.

BATAL, A. B.; DALE, N. M.; CAFÉ, M. Nutrient composition of peanut meal. **The Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 14, n. 2, p. 254-257, 2004.

BEDFORD, M. R.; PARTRIDGE, G. G. **Enzymes in farm animal nutrition**. Marlborough: CABI Publishing; Finn Feeds International, 2001. p. 432.

BELL, J. M. Nutrients and toxicants in rapeseed meal: a review. **Journal of Animal Science**, Kettering, v. 58, n. 4, p. 996-1010, 1984.

BELL, J. M., KEITH, M. O. A survey of variation in the chemical composition of commercial canola meal produced in Western Canadian crushing plants. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 71, n. 2, p. 469-480, 1991.

BERAN, F. H. B.; SILVA, L. D. F.; RIBEIRO, E. L. A. *et al.* Avaliação da digestibilidade de nutrientes, em bovinos, de alguns alimentos concentrados pela técnica de três estádios. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 130-137, 2007.

BERAN, F. H. B.; SILVA, L. D. F.; RIBEIRO, E. L. A. *et al.* Degradabilidade ruminal "in situ" da matéria seca, matéria orgânica e proteína bruta de alguns suplementos concentrados usados na alimentação de bovinos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 405-418, 2005.

BERNARD, J. K.; McNEILL, W. W. Effect of high fiber energy supplements on nutrient digestibility and milk production of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 3, p. 991-995, 1991.

BETOL, T. M.; MAZZUCO, H. **Farelo de canola: uma alternativa proteica para alimentação de suínos e aves**. Embrapa Suínos e aves. Concórdia: EMBRAPA-CNP-SA, 1998. 56p. (EMBRAPA-CNP-SA. Documentos, 55).

BLANCO, B. S. Gossipol e fatores antinutricionais da soja. In: SPINOSA, H. S.; G'ORNIK, S. L.; Palermo-Neto, J. (ed.). **Toxicologia aplicada à medicina veterinária**. Barueri: Manole, 2008. p. 531-545.

BOHME, H. K.; LEBZIEN, P.; FLACHOWSKY, G. Feeding value of crambe press cake and extracted meal as well as production responses of growing- finishing pigs and dairy cows fed these by-products. **Archives in Animal Nutrition**, London, v. 59, n. 2, p. 111-122, 2005.

BOSCOLO, W. R. **Farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápia na alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2003. 83f. Tese (Doutorado em Zootecnia) — Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2003.

BOSCOLO, W. R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. *et al.* Farinhas de peixe, carne e ossos, vísceras e crisálida como atractantes em dietas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 1397-1402, 2001.

BRAGA, C. V. P.; FUENTES, M. F. F.; FREITAS, E. C. *et al.* Efeito da inclusão do farelo de coco em rações para poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 76-80, 2005.

BRAGA, Z. C. A. C.; BRAGA, A. P.; RANGEL, A. H. N. *et al.* Avaliação do consumo e digestibilidade aparente de rações com diferentes níveis de farelo de coco. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 249-256, 2009.

BRÁS P.; POSSENTI, R. A.; BUENO, M. S. *et al.* Avaliação nutricional de coprodutos da extração de óleos vegetais em dieta de ovinos. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 71, n. 2, p. 160-175, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Instrução Normativa n. 44, de 15 de Dezembro de 2015. Alteração da Instrução Normativa n. 13, de 2004 e Instruções Normativas n. 15 e 30 de 2009 e n. 29 de 2010. **Diário Oficial da União**, DF, 17 dez. 2015. Seção 1, p. 7.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Instrução normativa 13/2004, de 01/12 e 3 2004. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 01 dez. 2004. Disponível em: <https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=133040692>. Acesso em: 13 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Diretrizes técnicas para registro de estabelecimentos processadores de cal e de farelo de polpa cítrica destinados à alimentação animal e programa de controle dos níveis de dioxinas e furanos desses produtos. Instrução Normativa n. 5, de 20 de março de 2003. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 21 mar. 2003. Disponível em: <https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=658207411>. Acesso em: 13 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Instrução Normativa n. 15, de 17 de julho de 2001. Proíbe a importação de ruminantes, embriões e produtos derivados destas espécies, quando procedentes e/ou originários de países que registraram casos autóctones da encefalopatia espongiforme bovina e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, DF, 18 jul. 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Portaria n. 795 de 15 de dezembro de 1993. **Diário Oficial da União**, DF, 29 dez. 1993. Seção 1.

BROCHIER, M. A.; CARVALHO, S. Consumo, ganho de peso e análise econômica de terminação de cordeiros em confinamento com dietas contendo diferentes proporções de resíduo úmido de cervejaria. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, n. 5, p. 1205-1212, 2008.

BRUNELLI, S. R.; PINHEIRO, J. W.; FONSECA, N. A. N. *et al.* Farelo de gérmen de milho desengordurado na dieta de poedeiras comerciais de 28 a 44 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 05, p. 1068-1073, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000500017>.

BRUST, L. A. C.; ARAGÃO, A. P.; GALVÃO, P. S. B. *et al.* Enfermidades em bovinos associadas ao consumo de resíduos de cervejaria. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 12, p. 956-964, dez. 2015.

BURKHALTER, T. M., MERCHEN, N. R., BAUER, L. L. *et al.* The ratio of insoluble to soluble fiber components in soybean hulls affects ileal and total-tract nutrient digestibilities and fecal characteristics of dogs. **The Journal of Nutrition**. Rockville, v. 131, n. 7, p. 1978-1985, 2001.

BUTOLO, J. E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Campinas: J. E. Butolo, 2002, 430p.

CABRAL FILHO, S. L. S. C. **Avaliação do resíduo de cervejaria em dietas de ruminantes através de técnicas nucleares e correlatas**. 82 p. 1999. Dissertação (Mestrado em Ciências) — Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

CABRAL FILHO, S. L. S.; BUENO, I. C. S.; ABDALLA, A. L. Substituição do feno de Tifton pelo resíduo úmido de cervejaria em dietas de ovinos em manutenção. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 8, n. 1, p. 75-73, 2007.

CAMPOS NETO, O. Utilização dos subprodutos da indústria sucroalcooleira na alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL. SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 4., 1987, Brasília. **Anais [...]**. Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1987. p. 129-152.

CAMPOS, R. M.; LUDKE, J. V. E; TERRA, N. N. Farelo de arroz integral e farinha de mandioca integral na dieta de suínos e o efeito na carcaça e no pernil. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SUINOCULTURA. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu-PR. 2002. p. 239-240.

CANOVA, É. B.; BUENO, M. S.; MOREIRA, H. L. *et al.* Crambe cake (*Crambe abyssinica* Hochst) on lamb diets. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 39, n. 1, p. 75-81, 2015.

CARDOSO, R. M.; SILVA, J. F. C.; MELLO, R. P. *et al.* Produção de leite de vacas alimentadas com silagem de sorgo suplementada com polpa úmida de cevada. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 11, n. 1, p. 38-45, 1982.

CARLSON, K. D.; BAKER, E. C.; MUSTAKAS, G. C. Processing of *Crambe abyssinica* seed in commercial extraction facilities. **Journal of American Oil Chemistry Society**, Urbana, v. 62, n. 05, p. 897-905, 1985.

CARLSON, K. D.; GARDNER, J. C.; ANDERSON, V. L. *et al.* Crambe: new crop success. In: JANICK, J. (ed.). **Progress in new crops**. Alexandria: ASHS Press, 1996. p. 306-322.

CARLSON, K. D.; TOOKEY, H. L. Crambe meal as a protein source for feed. **Journal of American Oil Chemistry Society**, Urbana, v. 60, n. 12, p. 1979-1985, 1983.

CARNEIRO, A. P. M.; PASCOAL, L. A. F.; WATANABE, P. H. *et al.* Farelo de babaçu em rações para frangos de corte na fase final: desempenho, rendimento de carcaça e avaliação econômica. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 10, n. 1, p. 40-47, 2009.

CARRERA, R. A. B.; VELOSO, C. M.; KNUPP, L. S. *et al.* Protein co-products and by-products of the biodiesel industry for ruminants feeding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 5, p. 1202-1211, 2012.

CARRILLO, C. M.; MORENO, E.; VALERA, F. *et al.* Seed selection by trumpeter finch, *Bucanetes githagineus*. What currency does this arid land species value? **Annales Zoologici Fennici**, Finnish, v. 44, n. 5, p. 377-386, 2007.

CARVALHO, A. D. **Digestibilidade de dietas e metabolismo em frangos de corte e suínos alimentados com soja integral processada**. 2006. 102p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

CARVALHO, P. L. P. F.; SILVA, R. L.; BOTELHO, R. M. *et al.* Valor nutritivo da raiz e folhas da mandioca para tilápia do nilo. **Boletim do Instituto da Pesca**, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 61-69, 2012.

CATON, J. S.; BURKE, V. I.; ANDERSON, V. L. *et al.* Influence of crambe meal as a protein source on intake, site of digestion, ruminal fermentation, and microbial efficiency in beef steers fed grass hay. **Journal Animal Science**, Kettering, v. 72, n. 12, p. 3238-3245, 1994.

CAVALIERI, F. B.; SANTOS, G. T.; MATSUSHITA, M., *et al.* Milk production and milk composition of dairy cows fed Lac100® or whole flaxseed. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 85, n. 3, p. 413-416, 2005.

CHIBA, I. L. Protein supplements. In: LEWIS, A. J.; SOUTHERN, L. L. (eds.). **Swine nutrition**. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2001. p. 803-837.

CLARK, J. H.; MURPHY, M. R.; CROOKER, B. A. Supplying the protein needs of dairy cattle from byproducts feeds. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 70, n. 5, p. 1092-1109, 1987.

CONN, E. E. Cyanide and cyanogenic glycosides. In: ROSENTAHL, G. A.; JANZEN, D. H. **Herbivores: their interaction with secondary plant metabolites**. Cambridge: Academic Press, 1979. p. 387-412.

CORNEJO, S.; POTOCHAJAK, J.; HOLMES, J. H. G.; *et al.* Comparative nutritional value of triticale for swine. **Journal of Animal Science**, Kettering, v. 36, n. 1, p. 87-93, 1973.

CORREA, C. E. S.; SHAVER, R. D.; PEREIRA, M. N. *et al.* Relationship between corn vitreousness and ruminal *in situ* starch degradability. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, n. 11, p. 3008-3012, 2002.

COSTA, D. R. **Uso de inoculante microbiano em silagem de grãos de milho e de sorgo reidratados para ovinos em crescimento**. 2017. 74 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) –Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

COSTA, L. F. Leveduras na Nutrição Animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 01-06, 2004.

CRUZ, J. C.; CORREA, L. A.; PEREIRA FILHO, I. A. *et al.* **Cultivares de milho disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2004/05**. Comunicado técnico 96. Embrapa: Sete Lagoas, 2004. 7p. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Comunicadotecnico96_000fgtcrpzo02wyiv80rn0etn49b1ipn.pdf. Acesso em: abr. 2022.

DAL PRÁ, V.; JARDIM, N. S.; DOLWITSCH, C. B. *et al.* A review of influence of environment and process parameters on glucosinolate-myrosinase system from Brassica. **Journal Applied of Pharmacal Science**, [s. l.], v. 03, n. 08, p. 121-128, 2013.

DAS, M. M.; SINGHAL, K. K. Effect of feeding chemically treated mustard cake on growth, thyroid and liver function and carcass characteristics in kids. **Small Ruminant Research**, [s. l.], v. 56, n. 1, p. 31-38, 2005.

DAVIDE, M. C. **Controle genético de caracteres associados à dureza dos grãos e à degradabilidade ruminal de milho tropicais**. 2009. 88p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

DAVIS, C. L.; GRENAWALT, D. A.; MCCOY, G. C. Feeding value of pressed brewers' grains for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 66, n. 1, p. 73-79, 1983.

DAXENBICHLER, M. E.; VANETTEN, C. H.; WOLFF, L. A new thioglucoside, (R)-2-hidroxy-3-butenylglucosinolate from *Crambe abyssinica* seed. **Biochemistry**, [s. l.], v. 4, n. 3, p. 318, 1965.

DPI — DEPARTMENT OF PRIMARY INDUSTRIES AND FISHERIES. Navy beans for stockfeed. [S. l.], 2003. Disponível em: <http://www.dpi.qld.gov.au>. Acesso em: 09 abr. 2003.

DOMBRINK-KURTZMAN, M. A.; BIETZ, J. A. Zein composition in hard and soft endosperm of maize. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 70, n. 1, p. 105-108, 1993.

DOMÍNGUEZ, P. L. Pulpa de cítricos en la alimentación de cerdos. **Revista Computadorizada de Producción Porcina**, La Habana, v. 2, n. 2, p. 2-13, 1995.

DORRELL, D. G. Chlorogenic acid content of meal from cultivated wild sunflower. **Crop Science**, [s. l.], v. 16, n. 3, p. 422-424, 1976.

DROPPO, T. E.; MACLEOD, G. K.; GRIVE, D. G. Composition and storage characteristics of wet corn gluten. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 65, n. 1, p. 265-268, 1985.

DUNCAN, A. J., MILNE, J. A. Rumen microbial degradation of allyl cyanide as a possible explanation for the tolerance of sheep to Brassica-derived glucosinolates. **Journal of Science and Food Agriculture**, [s. l.], v. 58, n. 1, p. 1-19, 1992.

DUVICK, D. N. Protein granules of maize endosperm cells. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 38, p. 374-385, 1961.

EARP, C. F.; MCDONOUGH, C. M.; ROONEY, L. W. Microscopy of pericarp development in the caryopsis of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. **Journal of Cereal Science**, Texas, v. 39, n. 1, p. 21-27, jun. 2004.

EASTWOOD, L. **The nutritional value of flaxseed meal for swine**. 2008. 109 p. Thesis (Master Science) – University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada. 2008.

EJETA, G.; HANSEN, M. M.; MERTZ, E. T. In vitro digestibility and amino acid composition of pearl millet (*Pennisetum typhoides*) and others cereals. **Proceedings of National Academy Science of U.S.A.**, [s. l.], v. 84, p. 6016-6019, 1987.

EL-KHAYAT, G. H.; SAMAAAN, J.; MANTHEY, F. A. *et al.* Durum wheat quality I: some physical and chemical characteristics of Syrian durum wheat genotypes. **International Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], v. 41, supplement 2, p. 22-29, 2006.

EL-SAYED, A. F. M. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis* ssp. **Aquaculture**, Laguna, v. 179, p. 146-168, 1999.

EMBRAPA. **Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para aves e suínos**. 3 ed. Concórdia: Embrapa, 1991. 97p.

ESTEVES, S. N. Concentrados proteico-energéticos mais utilizados na formulação de rações para bovinos. In: SEMANA DO ESTUDANTE, 14., 2000, São Carlos. **Anais [...]**. São Carlos-SP: EMBRAPA Sudeste, 2000, p. 72-79.

EVERS, T.; MILLAR, S. Cereal grain structure and development: some implications for quality. **Journal of Cereal Science**, Texas, v. 36, p. 261-284, 2002.

EZEQUIEL, J. M. B. Uso da polpa cítrica na alimentação animal. In: SIMPÓSIO GOIANO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 3., 2001, Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia: CBNA, 2001. p. 329-346.

FARHAT, I. A.; BLANSHARD, J. M. V. On the extrapolation of the melting temperature of dry starch from starch-water data using the Flory-Huggins equation. **Carbohydrates Polymers.**, [s. l.], v. 34, n. 4, p. 263-265, 1997.

FARIA, A. C. E. A.; HAYASHI, C.; SOARES, C.M. Farinha de vísceras de aves em rações para alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 812-822, 2002 (supl.).

FARIA, A. C. E. A.; HAYASHI, C.; GALDIOLI, E. M. *et al.* Farinha de peixe em rações para alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.), linhagem tailandesa. **Acta Scientiarum. Animal Science**, Maringá, v. 23, n. 4, p. 903-908, 2001.

FARIA FILHO, D. E.; FARIA, D. E.; JUNQUEIRA, O. M. *et al.* Avaliação da farinha de carne e ossos na alimentação de frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2002.

FAUSTINO, T. F. **Silagem de grão de sorgo reidratado com água ou soro de leite**. 2016. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade José do Rosário Vellano, Alfenas, 2016.

FAVARO, S. P.; ROSCOE, R.; DELMONTES, A. M. A. *et al.* Produtos e coprodutos. In: FUNDAÇÃO MS. **Tecnologia e produção: crambe 2010**. Maracaju: FUNDAÇÃO MS, 2010. 60p.

FEDNA — Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. BLAS, C.; MATEOS, G. G.; REBOLLAR, P. G. (ed.). **Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos**. 2. ed. Madrid: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 2003, 423 p.

FENG, D.; SHEN, Y.; CHAVEZ, E. R. Effectiveness of different processing methods in reducing hydrogen cyanide content of flaxseed. **Journal Science of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 83, n. 8, p. 836-41, 2003.

FENWICK, G. R.; HEANEY, R. K.; MULLIN, W. J. Glucosinolates and their breakdown products in food and food plants. **Critical Review of Food Science and Nutrition**, [s. l.], v. 18, p. 187, 1983.

FERNANDES, F. D.; MABILE, R. F.; GOMES, A. C.; CABRAL, M. A. C. Composição química de sementes de dois genótipos de girassol (*Heliantus annus* L.) cultivados nos cerrados do Distrito Federal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, FORRAGICULTURA, 35., 1998, **Anais [...]**. Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998, p. 602-604.

FIALHO, E. T.; BARBOSA, H. P. **Alimentos alternativos para suínos**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 228p.

FIALHO, E. T.; LIMA, J. A. F.; OLIVEIRA, V. *et al.* Substituição do milho pelo sorgo sem tanino em rações de leitões: digestibilidade dos nutrientes e desempenho animal. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 1, p. 105-111, 2002.

FIGUEIREDO, M. P.; SOUZA, L. F.; FERREIRA, J. Q. Cinética da degradação ruminal da matéria seca da haste, da raiz, do feno da parte aérea e da silagem de raiz de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) tratada com ureia. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, Sete Lagoas, v. 43, n. 1, p. 11-17, 2006.

FIOROTTO, N. R. Entendendo o espaço de cor L*a*b*. Senai, São Paulo. [202-?]. Disponível em: https://textil.sp.senai.br/5287/entendendo-o-espaco-de-cor-l-a-b#:~:text=O%20espa%C3%A7o%20de%20cor%20L*a*b%20foi%20criado,%2C%20s%C3%A3o%20as%20coordenadas%20crom%C3%A1ticas. Acesso em: 13 jul. 2022.

FISCHER, V.; MÜHLBACH, P. R. F.; ALMEIDA, J. E. L. *et al.* Efeito da substituição do grão de milho por casca de soja no desempenho de bovinos confinados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., 1992, Lavras. **Anais [...]**. Lavras: SBZ, p. 26, 1992.

FLOROU-PANERI, P.; BABIDIS, V.; KUFIDIS, D. *et al.* Effect of feeding dried citrus pulp on quail laying performance and some egg quality characteristics. **Archiv fur Geflugelkunde**, [s. l.], v. 65, n. 4, p. 178-181, 2001.

FONSECA, N. V. B.; CARDOSO, A. S.; HOFFMANN, A. *et al.* Characterization and effects of DDG on the intake and digestibility of finishing bulls in feedlots. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 43, p. e51877, 2021. Doi: 10.4025/actascianimsci.v43i1.51877.

FORNASIERI FILHO, D. A. **A cultura do milho**. Jaboticabal, FUNEP 1992, 273 p. 1992.

FRANZOLIN, R.; FRANZOLIN, M. H. T. População protozoários ciliados e degradabilidade ruminal em búfalos e bovinos zebuínos sob dieta à base de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, p. 1853-1861, 2000.

FUNDAÇÃO MS — FUNDAÇÃO MATO GROSSO DO SUL. Maracaju, MS, 2011. Disponível em: <http://www.fundacaoms.org.br/>. Acesso em: 24 fev. 2012.

FURUYA, V. R. B.; HAYASHI, C. E.; FURUYA, W. M. Farelo de canola na alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), durante o período de reversão de sexo. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26. n. 6, p. 1067-1073, 1997.

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; FURUYA, V. R. B. *et al.* Digestibilidade aparente da proteína e aminoácidos do farelo de canola pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. In: ACUICULTURA VENEZUELA. **Memorias...** Puerto La Cruz: WAS/ASA/SVA/USB, 1999. p. 206-217.

GADELHA, I. C. N.; RANGEL, A. H. N.; SILVA, A. R. *et al.* Efeitos do gossipol na reprodução animal. **Acta Veterinaria Brasilica**, Mossoró, v. 5, n. 2, p. 129-135, 2011.

GAINES, A. B.; RATLIFF, P. S.; ALLEE, G. Use of corn distiller's dried grains and solubles in late nursery pig diets. **Journal of Animal Science**, Kettering, v. 84, suppl. 2, p. 89, 2006.

GALATI, R. L. **Qualidade do DDG**. Destinatário: Rafael Henrique de Tonissi e Buschinelli de Goes. Dourados, dez. 2022a. Mensagens eletrônicas (e-mail).

GALATI, R. L.; EZEQUIEL, J. M. B.; MENDES, A. R. *et al.* Cinética da digestão ruminal *in situ* de fontes energéticas fornecidas a bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife, **Anais [...]**. Recife: SBZ, 2002b, CD ROOM.

GARLEB, K. A.; FAHNEY, G. C.; LEWIS, S. M. *et al.* Chemical composition and digestibility of fiber fractions of certain by-products feedstuffs fed to ruminal. **Journal of Animal Science**, Kettering, v. 66, p. 2650-2660, 1988.

GASPARINI, S. P.; RIBEIRO, F. B.; SIQUIRA, J. C. *et al.* Avaliação nutricional da torta de babaçu para frangos de crescimento lento em diferentes idades. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 126-134, abr./jun. 2015.

GAVA JUNIOR, M. **Aplicação de sorgo (*Sorghum Bicolor* (L.) Moench) e efeito nas propriedades tecnológicas de pães isentos de glúten**. 2017. 85p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira

GERON, L. J. V.; ZEOULA, L. M.; BRANCO, A. F. *et al.* Caracterização, fracionamento proteico, degradabilidade ruminal e digestibilidade in vitro da matéria seca e proteína bruta do resíduo de cervejaria úmido e fermentado. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 29, n. 3, p. 291-299, 2007.

GIBBON, B.; LARKINS, B. A. Molecular genetic approaches to developing quality protein maize. **Trends in Genetics**, Cambridge, v. 4, n. 4, p. 227-233, 2005.

GOES, R. H. T. B.; MANCIO, A. B.; VALADARES FILHO, S. C. *et al.* Degradação ruminal da matéria seca e proteína bruta, de alimentos concentrados utilizados como suplementos para novilhos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 1, p. 167-173, 2004.

GOES, R. H. T. B.; TRAMONTINI, R. C.; ALMEIDA, G. D. *et al.* Degradabilidade ruminal da matéria seca e proteína bruta de diferentes subprodutos agroindustriais utilizados na alimentação de bovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, São Paulo, v. 9, n. 3, p. 715-725, 2008.

GOES, R. H. T. B.; PATUSSI, R. A.; BRANCO, A. F. *et al.* Crushed crambe from biodiesel production as replacement for soybean meal in the supplement of steers grazing. **Italian Journal of Animal Science**, [s. l.], v. 18, p. 316-327, 2019.

GOES, R. H. T. B.; PATUSSI, R. A.; GANDRA, J. R. *et al.* The Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) byproducts, can be used as a source of non-degradable protein in the rumen? **Bioscience Journal**, [s. l.], v. 33, p. 113-120, 2017.

GOES, R. H. T. B.; YOSHIHARA, M. M.; OSMARI, M. P. *et al.* Intake, digestibility, performance and carcass characteristics of ewes fed crambe replacing soybean meal in the diet. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 40, p. e37171, 2018.

GOES, R. H. T. B.; CERILLO, S. L. N.; LIMA, H. L. *et al.* Torta de girassol em substituição ao farelo de soja nos suplementos de novilhas: desempenho e características de carcaça. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 396-409, 2012.

GOES, R. H. T. B.; KLEIN, K. W.; MARTINHAGO, L. H. *et al.* Common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in the rations for cattle in feedlot. **Agricultural Science**, [s. l.], v. 4, n. 12, p. 774-780, 2013. <http://dx.doi.org/10.4236/as.2013.412106>

GOES, R. H. T. B.; SILVA, L. H. X.; SOUZA, K. A. **Alimentos e alimentação animal**. Dourados: Editora da UFGD, 2013. 81p. (Cadernos Acadêmicos).

GOES, R. H. T. B.; SOUZA, K. A.; PATUSSI, R. A. *et al.* Degradabilidade *in situ* dos grãos de crambe, girassol e soja, e de seus coprodutos em ovinos. **Acta Scientiarum. Animal Science**. Maringá, v. 32, n. 3, p. 271-277, 2010.

GOLDSTEIN, I. J. What should be called lectin. **Nature**, [s. l.], v. 285, p. 66-68, 1980. <http://dx.doi.org/10.1038/285066b0>.

GOMES, I. P. O. **Substituição do milho pela casca de soja em dietas com diferentes proporções de volumoso: concentrado para bovinos em confinamento**. 1998. 84p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1998.

GOMES, T. R.; CARVALHO, L. E.; FRETITAS, E. R. *et al.* Farelo de arroz integral em rações para leitões de 43 a 67 dias de idade. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 13, n. 2, p. 189-196, abr./jun. 2012a.

GOMES, T. R.; CARVALHO, L. E.; FRETITAS, E. R. *et al.* Efeito da inclusão de farelo de arroz integral em rações para leitões de 21 a 42 dias de idade. **Archivos de Zootecnia**, Zaragoza, v. 6, n. 233, p. 129-139, abr./jun. 2012b.

GONÇALVES, J. R. S.; PIRES, A. V.; SUSIN, I. *et al.* Substituição do grão de milho pelo grão de milheto em dietas contendo silagem de milho ou silagem de capim-elefante na alimentação de bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 9, p. 2032-2039, 2010.

GONÇALVES, L. C.; BORGES, I. **Alimentos e alimentação de gado de leite**. Belo Horizonte: Escola Veterinária da UFMG, 1997. p. 16-20. Apostila.

GOPINGER, E.; XAVIER, E. G.; SILVA, S. N. *et al.* Farelo de canola e seu uso na nutrição de frangos de corte: revisão. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, Lisboa, v. 110, p. 17-22, 2015.

GRAF, E.; EATON, J. W. Effects of phytate on mineral bioavailability in mice. **The Journal of Nutrition**, Rockville, v. 114, n. 7, p. 1192-1198, 1984.

GRANGEIRO, M. G. A.; FUENTES, M. F. F.; FREITAS, E. R. *et al.* Inclusão da levedura de cana-de-açúcar (*Saccharomyces cerevisiae*) em dietas para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 766-773, 2001.

GRANT, G. Anti-nutritional effects of soybean: a review. **Progress in Food and Nutrition Science**, Oxford, v. 13, p. 317-348, 1989.

GRANT, R. J.; HADDAD, S. G. Effect of a mixture of feather and blood meals on lactational performance of dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Savoy, v. 81, p. 1358-1363, 1998.

GREFFEUILLE, V.; ABECASSIS, J.; BAROUH, H. *et al.* Analysis of the milling reduction of bread wheat farina: physical and biochemical characterization. **Journal of Cereal Science**, Texas, v. 45, n. 1, p. 97-105, 2007.

GRIFFIN, A. **Grains for horses and their characteristics**. Extension Foundation. University of Kentucky. Kansas City, 20 jan. 2020. Disponível em: <https://horses.extension.org/grains-for-horses-and-their-characteristics/>. Acesso: 28 abr. 2022.

HADDAD, Y.; BENET, J. C.; DELENNE, J. Y. *et al.* Rheological behaviour of wheat endosperm – proposal for classification based on the rheological characteristics of endosperm test samples. **Journal of Cereal Science**, Texas, v. 34, n. 1, p. 105-113, 2001.

HAMAKER, B. R.; MOHAMED, A. A.; HABBEN, J. E. *et al.* Efficient procedure for extracting maize and sorghum kernel proteins reveals higher prolamins contents than the conventional method. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 72, n. 5, p. 583-588, 1995.

HARDY, R. W. Alternate protein sources for salmon and trout diets. **Animal Feed Science Technology**, Brunsvique, v. 59, p. 71-80, 1996.

HELSEBY, N. A.; ZHUA, S.; PEARSON, A. E. Antimutagenic effects of wheat bran diet through modification of xenobiotic metabolizing enzymes. **Mutation Research**, [s. l.], v. 454, p. 77-88, 2000.

HENRIQUE, W.; BOSE, M. L. V. Milho e sorgo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 6., 1995, Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 229-258.

HERCULANO, B. N. **Farelo de crumbe na alimentação de bovinos leiteiros**. 2014. 60p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2014.

HISANO, H.; PILECCO, J. L.; LARA, J. A. F. Corn gluten meal in pacu (*Piaractus mesopotamicus*) diets: effects on growth, haematology, and meat quality. **Aquaculture**, Laguna, v. 24, p. 1049-1060, 2016. <https://doi.org/10.1007/s10499-016-9970-7>.

HONEYMAN, M. S. **Corn gluten feed as a principal feed ingredient for gestating swine**: Effects on long term reproductive performance and energy, lysine and tryptophan utilization. Ames: Iowa State University, 1989. 120p.

HOSENEY, R. C. **Principios de ciencia y tecnologia de los cereales**. Zaragoza: Acribia, 1991. 321p.

HUIGE, N. J. Brewery by-products and effluents. In: HARDWICK, W. A. (ed.). **Handbook of Brewing**. New York: Marcel Dekker, 1994. p. 501-550.

IBRAHIM, M. R.; EL-BANNA, H. M.; OMARA, I. I. *et al.* Evaluation of nutritive value of some citrus pulp as feedstuffs in rabbit diets. **Pakistan Journal of Nutrition**, Dubai, v. 10, n. 7, p. 667-674, 2011.

ITAVO, C. C. B. F.; MORAIS, M. G.; ITAVO, L. C. V. *et al.* Padrão de fermentação e composição química de silagens de grãos úmidos de milho e sorgo submetidas ou não a inoculação microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 655-664, 2006.

JANG, J. K.; PYUN, Y. R. Effect of moisture content on the melting of wheat starch. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 48, n. 02, p. 48-51, 1996. <https://doi.org/10.1002/star.19960480204>.

JANSMAN, A. J. M. Tannins in feedstuffs for simple stomached animals. **Nutrition Research Reviews**, London, v. 6, p. 209-236, 1993.

JENSEN, S. K.; LIU, Y. G.; EGGUM, B. O. The effect of Heat treatment on glucosinolates and nutritive value of rapeseed meal in rat. **Animal Feed Science and Technology**, Davis, v. 53, n. 1, p. 17-28, 1995.

JOHNSON, C. O. L. E.; HUBER, J. T.; KING, K. J. Storage and utilization of wet brewer's grains in diets for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 70, p. 98-107, 1987.

JOHNSON, L.; BOYLES, S. **Oats as a feed for beef cattle**. Dakota: North Dakota State University Extension Service, 1991. 14p.

JU, Y.-H.; VALI, S. R. Rice bran oil as a potential resource for biodiesel: a review. **Journal of Scientific & Industrial Research**, New Delhi, v. 64, p. 866-882, 2005.

JULIANO, B. O. **Rice in human nutrition**. Rome: FAO, 1993. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em: 01 dez. 2006.

KEETELS, C. J. A. M.; OOSTERGETEL, G. T.; VLIET, T. Recrystallization of amylopectin in concentrated starch gels. **Carbohydrates Polymers**, [s. l.], v. 30, n. 01, p. 61-64, 1996.

KELZER, J. M.; KONONOFF, P. J.; GEHMAN, A. M. L. *et al.* Effects of feeding three types of corn-milling coproducts on milk production and ruminal fermentation of lactating Holstein cattle. doi:10.3168/jds.2009-2208. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 92, n. 10, 2009.

KEMM, E. H., BRAND, T. S. Grain sorghum as energy source for growing pigs. **Pig News and Information**, London, v. 17, p. 87-89, 1996.

KIM, H. L.; CALHOUN, M. C.; STIPANOVIC, R. D. Accumulation of gossypol enantiomers in ovine tissues. **Comparative Biochemistry and Physiology B: Biochemistry and Molecular Biology**, [s. l.], v. 113, n. 2, p. 417-420, 1996.

KLAGENBOECH, R.; THOMAZINI, M. H.; SILVA, G. M. C. Resíduo úmido de cervejaria: uma alternativa na alimentação animal. In: ENCONTRO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 3., 2011, Toledo. **Anais [...]**. Toledo: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2011.

KLOSS, P.; JEFFERY, E.; WALLIG, M. *et al.* Efficacy of feeding glucosinolate extracted Crambe meal to broiler chicks. **British Poultry Science**, London, v. 73, n. 10, p. 1542-1541, 1994.

KNIGHT, S. C. Crambe: a North Dakota case study. **Rural Industries Research and Development Corporation**, Kingston, p. 1-25, February 2002.

KORNEGAY, E. T. Effect of phytase on the bioavailability of phosphorus, calcium, amino acids and trace minerals in broilers and turkeys. **BASF Technical Symposium Phosphorus and Calcium Management in Layers**, Atlanta, p. 39-70, 23 jan. 1996.

KRABBE, E. L.; BERTOL, T. M.; MAZZUCO, H. **Uso do grão de arroz na alimentação de suínos e aves**. Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, jul. 2012. 6p. ISSN 0100-8862. (Comunicado Técnico 503).

KRUL, C.; HUMBLLOT, C.; PHILIPPE C. *et al.* Metabolism of sinigrin (2-propenyl glucosinolate) by the human colonic microflora in a dynamic in vitro large-intestinal model. **Carcinogenesis**, Oxford, v. 23, n. 6, p. 1009-1016, 2002.

KUBITZA, F. **Nutrição e alimentação de peixes cultivados**. Campo Grande: [s. n.], 1998.

KUMAR, A.; KUMAR, S.; SHARMA, B. D. Functional meat and meat products: An overview. **Journal of Advanced Veterinary Research**, Assiut, v. 2, n. 4, p. 314-324, 2012.

KUMAR, P.; KUMAR, S.; TRIPATHI, M. *et al.* Flavonoids in the development of functional meat products: A review. **Veterinary World**, [s. l.], v. 6, n. 8, p. 573-578, 2013.

LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I.; MENEZES, E. W. Qualidade Nutricional. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, J. F. *et al.* (ed.) **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p. 23-56.

LANA, R. P. **Nutrição e alimentação animal (mitos e realidades)**. Viçosa: UFV, 2020. 344p.

LANA, R. P. **Sistema Viçosa de formulação de rações**. Viçosa: UFV, 2000. 60 p.

LÀSZTITY, R. Oat grain – A wonderful reservoir of natural nutrients as biologically active substances. **Food Reviews International**, [s. l.], v. 14, n. 01, p. 99-119, 1998.

LATRILLE, L. L.; RIQUELM, G. C.; MANTEROLA, H. B. *et al.* Evaluación de dos tipos de leveduras (*Torula utilis* y *Saccharomyces cerevisiae* sp), como fuente proteica para raiciones de pollos em crescimento. **Avances en Producción Animal**, [s. l.], v. 1, p. 45-51, 1976.

LAWRENCE, B. V.; ADEOLA, O.; ROGLER, J. C. Nutrient digestibility and growth performance of pigs fed pearl millet as a replacement for corn. **Journal of Animal Science**, Kettering, v. 73, n. 7, p. 2026-2032, 1995.

LAZZERI, L.; LEONI, O.; CONTE, L. S. *et al.* Some technological characteristics and potential uses of *Crambe abyssinica* products. **Industrial Crops and Production**, [s. l.], v. 3, n. 01-02, p. 103-112, 1994.

LE GOFF, G.; VAN MILGEN, J.; NOBLET, J. Influence of dietary fiber on digestive utilization and rate of passage in growing pigs, finishing pigs and adult sows. **Animal Science**, [s. l.], v. 74, p. 503-515, 2002.

LIMA, C. B.; COSTA, F. G. P.; LUDKE, J. V. *et al.* Fatores antinutricionais e processamento do grão de soja para alimentação animal. **Revista ACSA**, [s. l.], v. 10, n. 4, p. 24-33, out./dez. 2014.

LIMA, G. J. M. M.; ZANOTTO, D. L.; PIEINS, L. C. *et al.* **O trigo na alimentação de suínos e aves.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 1998. 3p. (Comunicado técnico 221).

LIMA, H. L.; GOES, R. H. T. B.; CERILLO, S. L. N. *et al.* Nutritional parameters of steers receiving different levels of sunflower crushed in partial replacement of soybean meal. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 85, n. 4, p. 1513-1522, 2013.

LIMA, R. C.; FUENTES, M. F. F.; FREITAS, E. R. *et al.* Farelo de coco na ração de poedeiras comerciais: digestibilidade dos nutrientes, desempenho e qualidade dos ovos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1340-1346, 2007.

LIMBERGER, V. M. **Modificações físicas e químicas do amido de quirera de arroz para aproveitamento na indústria de alimentos.** 79p. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

LIU, Y. G.; STEG, A.; HINDLE, V. A. Rumen degradation and intestinal digestion of crambe and other oilseeds by-products in dairy cows. **Animal Feed Science Technology**, Brunsvique, 45, n. 3-4, p. 397-409, 1994.

LIU, Y. G.; STEG, A.; HINDLE, V. A. Crambe meal: a review of nutrition, toxicity and effect of treatments. **Animal Feed Science and Technology**, Davis, v. 41, n. 02, p. 133-147, 1993.

LODGE, S.; KLOPFENSTEIN, S. T.; STOCK, R. *et al.* **Use of direct fed microbials to alleviate subacute acidosis.** Lincoln: University of Nebraska, Institute of Agriculture and Natural Resources, 1996.

LOPES, M. A., MAGALHÃES, G. P. Análise da rentabilidade da terminação de bovinos de corte em condições de confinamento: um estudo de caso. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 57, n. 3, p. 374-379, 2005.

LÓPEZ, J. D.; PASCUAL, J. L. M. Influence of the drying process on the composition of brewers dried grains. **Animal Feed Science and Technology**, Davis, v. 6, p. 163-168, 1981.

LUCHESI, J. B.; JUSTINO, E. Matérias-primas alternativas na alimentação de frangos de corte e matrizes. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS. 2003, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: FACTA, p. 137-167. 2003.

LUDDEN, P. A.; CECAVA, M. J.; HENDRIX, K. S. The value of soybean hulls as a replacement for corn in beef cattle diets formulated with or without added fat. **Journal of Animal Science**, Kettering, v. 73, p. 2706-2711, 1995.

MACAYA-QUIRÓS, S.; ROJAS-BOURRILLÓN, A. Uso de granos secos consolubles (DDGS) provenientes de la destilería del maíz em suplementos para vacas lactantes em pastoreo de estrella africana (*Cynodon n. leuflensis*). **Agronomía Costarricense**, San José, v. 33, n. 2, p. 237-248, 2009.

MAES, C.; VANGENEUGDEN, B.; DELCOUR, J. A. Relative activity of two endoxylanases towards water-unextractable arabinoxylans in wheat bran. **Journal of Cereal Science**, Texas, v. 39, p. 181-186, 2004.

MAGALHÃES, A. L. R.; ZORZI, K.; QUEIROZ, A. C. *et al.* Residue from common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) processing in the rations for milking cows: Intake, digestibility, milk production and composition and feeding efficiency. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, p. 529-537, 2008. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982008000300019>.

MAHESHWARI, P. N.; STANLEY, D. W.; VAN DE VOORT F. R. Microwave treatment of dehulled rapeseed meal to inactivate myronase and its effect on oil meal quality. **Journal of America Oil Chemistry Society**, Urbana, v. 57, n. 07, p. 194-199, 1980.

MANDIKI, S. N. M.; DERYCKE, G.; BISTER, J. L. *et al.* Chemical Changes and influence of rapeseed antinutritional factor on gestating and lacting ewes: part 1, animal performances and plasma hormones and glucose. **Animal Feed Science and Technology**, Davis, v. 98, n. 1, p. 25-35, 2002.

MANZANO, A.; FREITAS, A. R.; ESTEVES, S. N. *et al.* Polpa de citros peletizada na alimentação de equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 1327-1332, 1999.

MANZANO, A.; WANDERLEY, R.C.; ESTEVES, S.N. Óleo de soja e gordura animal na alimentação de equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 24, n. 5, p. 788-799, 1995.

MARIA, B. G. **Utilização de polpa cítrica desidratada na alimentação de coelhos em crescimento**. 2008. 47 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

MARQUES, A. Y. C. **Propriedades funcionais da linhaça (*Linum usitatissimum* L.) em diferentes condições de preparo e de uso em alimentos**. 2008. 115p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2008.

MARSÍGLIO, B. N. Utilização de farelo de algodão na nutrição animal X gossipol. **Instituto de Estudos Pecuários**, Maringá, PR. 2015. Disponível em: <https://iepec.com/utilizacao-de-farelo-de-algodao-na-nutricao-animal-x-gossipol/?v=19d3326f3137>. Acesso em: 01 jul. 2016.

MATEOS, G. G.; LATORRE, M. A.; LÁZARO, R. **Traitement de la graine de soja**. 2002. Disponível em: http://www.asaeurope.org/pdf/processsb_f.pdf. Acesso em: 08 nov. 2011.

MATEOS, G. G.; REBOLLAR, P. G.; MENDEL, P. Utilización de grasas y subproductos lipídicos em monogástricos. In: CURSO DE ESPECIALIZACIÓN FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA EL DESARROLLO DE LA NUTRICIÓN ANIMAL (FEDNA), 12., 1996, Madri. **Apostila...** Madri: FEDNA, 1996. p. 3-20.

MATIAS, C. F. Q.; LARA, L. J. C.; BAIÃO, N. C. *et al.* Utilização de farinhas de origem animal na avicultura. **Revista Eletrônica Nutritime**, [s. l.], v. 9, n. 5, p. 1944-1964, set./out. 2012.

McDONALD, P.; EDWARDS, R. A.; GREENHALGH, J. F. P. **Animal nutrition**. 4. ed. Essex: Longman Scientific Technical, 1988. 543p.

McMULLEN, M. S. Oats. In: KULP, K.; PONTE, Jr. J. G. **Handbook of cereal science and technology**. New York: Marcel Dekker, 2000. p. 127-147.

MELLO JR., C. do A. Processamento de grãos de milho e sorgo visando aumento do valor nutritivo. In.: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: FEALQ, 1991. p. 263-283.

MENDONÇA, B. P. C.; LANA, R. P.; DETMANN, E. *et al.* Torta de crambe na terminação de bovinos de corte em confinamento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 67, n. 2, p. 583-590, 2015.

MENDONÇA, C. V. C. E.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D. *et al.* Polyphenol quantification and protein digestibility in common bean lineages. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, p. 858-864. 2003. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542003000400018>.

MENEGHETI, C. de C.; DOMNGUES, J. L. Características nutricionais e uso de subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos. **Revista Eletrônica Nutritime**, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 512-536, mar./abr. 2008.

MENEZES, B. B.; MORAIS, M. G.; BATISTA, R. S. *et al.* Características estruturais dos grãos de milho sobre a digestibilidade do amido em bovinos. In: Mostra Científica FAMEZ/UFMS, 10., Campo Grande, 2017. **Anais [...]**. Campo Grande: UFMS, 2017. 155-163p.

MERCHEN, N.; HANSON, T.; KLOPFENSTEIN, T. Ruminant bypass of brewers dried grains protein. **Journal of Animal Science**, Kettering, v. 49, p. 192-198, 1979.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W. R. Digestibilidade aparente de alguns alimentos proteicos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1801-1809, 2003. (Supl. 2).

MIELK, C. D.; SCHINGOETHE, D. J. Heat-treated soybeans for lactating cow. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 64, n. 7, p. 1579-1585, 1981.

MILLAMENA, O. M. Replacement of fish meal by animal byproduct meals in a practical diet for grow-out culture of grouper *Epinephelus coiodes*. **Aquaculture**, Laguna, v. 204, p. 75-84, 2002.

MILTON, C. T.; BRANDT, R. T.; TITGEMEYER, E. C. *et al.* Effects of degradable and escape protein and roughage type on performance and carcass characteristics of finishing yearling steers. **Journal of Animal Science**, Kettering, v. 75, n. 11, p. 2834-2840, 1987.

MIZUBUTI, I. Y.; RIBEIRO, E. L. A.; PEREIRA, E. S. *et al.* Cinética de fermentação ruminal *in vitro* de alguns coprodutos gerados na cadeia produtiva do biodiesel pela técnica de produção de gás. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, supl. 1, p. 2021-2028, 2011.

MONTAGNE, L.; PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D. J. A review of interactions between dietary fiber and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology**, Davis, v. 108, n. 1, p. 95-117, 2003.

MORAES, S. O. O.; RODRIGUES, W. S.; LOPES, K. C. *et al.* Estudos comparativos no processo industrial de produção de bioetanol a partir do melaço e caldo de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. 1., [s. l.], 2015. **Resumo**. 2015, p. 1-8.

MOROS, E. E.; DARNOKO, D.; CHERYAN, M. *et al.* Analysis of xanthophylls in corn by HPLC. **Journal Agriculture Food Chemistry**, [s. l.], v. 50, n. 21, p. 5787-5790, 2002.

MORRIS, D. H. Flax: a health and nutrition primer. 4.ed. Ottawa: **Flax** Council of Canada, 2007. 140 p.

MORRISON, F. B. **Feeds and Feeding**. 20 ed., New York: Morrison Publishing Company, 1949. p. 326-339.

MOSS, R. Can legume grain be used for dairy cows? Queensland, 2005. 5p. Disponível em: www.dpi.qld.gov.au. Acesso em: 03 fev. 2005.

MOURÃO, J. L.; PINHEIRO, V. M.; PRATES, J. A. *et al.* Effect of dietary dehydrated pasture and citrus pulp on the performance and meat quality of broiler chickens. **Poultry Science**, London, v. 87, n. 4, p. 733-743, 2008.

MULLER, M.; PRADO, I. N. Metabolismo da pecina para produção de carne e leite em ruminantes. In: PRADO, I. N. (ed.). **Conceitos sobre a produção com qualidade de carne e leite**. Maringá: EDUEM, 2004a. p. 115-146. v. 1.

MULLER, M.; PRADO, I. N. Metabolismo da pectina em animais ruminantes. Uma revisão. **Revista Varia Scientia**, Cascavel, v. 4, n. 8, p. 45-56, 2004b.

MUPETA, B.; WEISBJERG, M. R.; HVELPLUND, T. *et al.* Digestibility of amino acids in protein rich tropical feeds for ruminants estimated with the mobile bag's technique. **Animal Feed Science Technology**, Brunsvique, v. 69, n. 1, p. 271-80, 1997.

MURAKAMI, A. E.; LODDI, M. M.; GARCIA, E. R. M. *et al.* Utilização da farinha de vísceras na alimentação de frangos de corte. **Revista UNIMAR**, Marília, v. 16, n. 1, p. 1-11, 1994.

MUSSATTO, S. I.; DRAGONE, G.; ROBERTO, I. C. Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications. **Journal of Cereal Science**, Texas, v. 43, n. 1, p. 1-14, 2006.

MUSSATTO, S. I.; ROBERTO, I. C. Acid hydrolysis and fermentation of brewer's spent grain to produce xylitol. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 85, n. 14, p. 2453-2460, 2005.

MUZTAR, J. A.; SLINGER, S. J. The true metabolizable energy and amino acids of Candle, Altex and Regent canola meals. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 62, n. 2, p. 521-525, 1982.

NAHUM, M. J. C.; FACCIONNI, A. L. O.; SILVA, B. C. P. *et al.* Perigos do consumo monótono de sementes pelas aves: Revisão. **PubVet**, Londrina, v. 9, n. 4, p. 189-194, abr. 2015.

NERY, L.R. **Valores de energia metabolizável e de aminoácidos digestíveis de alguns alimentos para aves**. 2005. 100 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

NRC — NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants**. 1. ed. Washington: National Academic Press, 2007. 362p.

NRC — NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requeriments of dairy cattle.** 7 rev. ed. Washinton, National Academic Press, 2001. 381p.

NRC — NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle.** 7 rev. ed. Washington: National Academic Press, 2000.

NRC — NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirement of swine.** 10. (ed.) Washington: National Academy of Sciences, 1998. 189p.

NRC — NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of domestic animals. Nutrient requirements of fish.** Washington: National Academy of Science, 1993. 114p.

NRC — NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Ruminant nitrogen usage.** 6 ed. Washington: National Academic Press, 1984. 138p.

NENGAS, I.; ALEXIS, M. N.; DAVIES, S. J. High inclusion levels of poultry meals and related by products in diets for gilthead seabream *Sparus aurata* L. **Aquaculture**, Laguna, v. 179, n. 1-4, p. 13-23, 1999.

NETO, O. R. **O uso dos subprodutos do etanol de milho na nutrição de bovinos.** Scot Consultoria. Botucatu-SP, 2018. Disponível em: <https://www.scotconsultoria.com.br/imprimir/noticias/48948>. Acesso em: 13 nov. 2021.

NEWKIRK, R. W.; CLASSEN, H. L.; SCOTT, T. A. *et al.* The digestibility and content of amino acid in toasted and non-tosted canola meal. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 83, n. 01, p. 131-139, 2003.

NICOLAIEWSKY, S.; DAGOSTIN, J.; PENZ JR., A. M. *et al.* Avaliação do farelo de arroz integral como fonte alternativa de fósforo em rações para suínos em crescimento e terminação. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 18, p. 260-266, 1989.

NIEDOBORSKI, T. E.; KLEIN, B. P.; WALLIG, M. Rapid isolation and purification of 1-cyano-2-hidroxy-3-butene (crambe) from *Crambe abyssinica* seed meal using immiscible solvent extraction and high-performance liquid chromatography. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, [s. l.], v. 49, n. 08, p. 3594-3599, 2001.

NOBAKHT, A. Evaluation the effects of different levels of dried lemon (*Citrus aurantifolia*) pulp on performance of broilers and laying hens. **International Research Journal of Applied**, [s. l.], v. 4, p. 882-888, 2013.

NOFTSGER, S. M.; HOPKINS, B. A.; DIAZ, D. E.; BROWNIE, C. E.; WHITLOW, L.W. Effect of whole and expanded-exelled cottonseed on milk yield and blood gossypol. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, n. 11, p. 2539-2547, 2000.

NUNES, I. J. **Cálculo e avaliação de rações e suplementos**. Belo Horizonte: FEP-MVZ, 1998. 185p.

NUSSIO, C. M. B. Efeito da adição de melaço em rações iniciais texturizadas no desenvolvimento do rúmen e desempenho de bezerros leiteiros. Milk Point Ventures, Piracicaba, 16 ago. 2005. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/colunas/carla-bittar/efeito-da-adicao-de-melaco-em-racoes-iniciais-texturizadas-no-desenvolvimento-do-rumen-e-desempenho-de-bezerros-leiteiros-24995n.aspx>. Acesso em: 10 abr. 2022.

OLIVEIRA, F. N. S. **Considerações sobre os princípios tóxicos da mandioca**. Porto Velho: EMBRAPA-DDT, 1986. 14p.

OLIVEIRA, L. E. F.; ANSCHAU, D. G.; CRUZ, L. G. *et al.* Composição bromatológica de diferentes resíduos de cervejaria, utilizados na alimentação de ruminantes. In: ENEPEX - ENCONTRO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 5.; ENEPE - UFGD, 12.; EEPEX - UEMS, 9., 2018, Dourados. **Anais [...]**. Dourados: Universidade Federal da Grande Dourados, 2018. v. V. p. 2646.

OLIVEIRA, M. D. S.; CACERES, D. R. **Girassol na alimentação de bovinos**. Jaboticabal: FUNEP. 2005. 20p.

OLIVEIRA, M. D. S.; LEW, B. J. Efeito da proporção concentrado: volumoso de ração completa peletizada contendo torta de girassol, sobre a digestibilidade ruminal *in vitro*, em bovinos. **Revista Educação Continuada CRMV-SP**, São Paulo, v. 5, n. 3, p. 278-287, 2002.

OLIVEIRA, M. F.; VIEIRA, O. V. **Extração do óleo de girassol utilizando mini-prensa**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 2004. 27p.

OLIVEIRA, M. R.; SANTOS, R. F.; ROSA, H. A. *et al.* Fertirrigação da cultura de linhaça *Linum usitatissimum*. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, [s. l.], v. 1, p. 22-32, 2012. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/33780>. Acesso em: 13 jun. 2014.

OLIVEIRA, R. L.; LEÃO, A. G.; ABREU, L. L. *et al.* Alimentos alternativos na dieta de ruminantes. **Revista Científica de Produção Animal**, Paraíba, v. 15, n. 2, p. 141-160, 2013.

OLUREMI, O. I. A.; OJIGHEN, V. O.; EJEMBI, E. H. The nutritive potentials of sweet orange (*Citrus sinensis*) rind in broiler production. **International Journal of Poultry Science**, London, v. 5, n. 7, p. 613-617, 2006.

OMS — ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Necesidades de energía y de proteínas**. Ginebra: OMS, 1985. (Informes técnicos, 724).

ONG, M. H.; BLANSHARD, J. M. V. Texture determinants in cooked, parboiled rice I: rice starch amylose and the fine structure of amylopectin. **Journal of Cereal Science**, Texas, v. 21, p. 251-260, 1995.

ORSKOV, E. R. **The feeding of ruminants – principles and practice**. Aberdeen: Rowett Research Institute, Chalcombe Publications, 1987.

OSENEY, R. C.; ANDREWS, D. J.; CLARK, H. **Sorghum and pearl millet**. In: OLSEN, R. A.; FREY, K.J. (ed.). Nutritional quality of cereal grains: genetic and agronomic improvement. Madison: American Society of Animal Science, 1987. p. 397-456.

PAES, M. C. D. **Aspectos Físicos, Químicos e físicos do Grão de Milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. p. 1-6. (Circular Técnica n. 75).

PAIANO, D.; MAGALHÃES, V. J. A.; MAGALHÃES JÚNIOR, M. A. A. *et al.* Consumo e valor nutritivo de alimentos utilizados para Bicudo-verdadeiro (*Sporophila maximiliani*). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, São Paulo, v. 12, n. 3, p. 750-757, 2011.

PAIVA, E.; KRIZ, A. L.; PEIXOTO M. J. V. V. D. *et al.* Quantitation and distribution of γ -zein in the endosperm of maize kernels. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 68, n. 3, p. 276-279, 1991.

PANIGRAHI, S. Effects on egg production of including high residual lipid copra meal in laying hen diets. **British Poultry Science**, London, v. 30, p. 305-312, 1989.

PATUSSI, R. A. **Torta de crambe em suplementos para bovinos sob pastejo**. 2013. 105p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2013.

PATUSSI, R. A.; GOES, R. H. T. B.; CARDOSO, T. J. L. *et al.* Chemical composition and *in situ* ruminal degradability of bean by-products in beef cattle feeding. In: ANNUAL MEETING OF THE BRAZILIAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 48., 2011, **Anais [...]**. Belém, 2011.

PAULINO, F. F. **Avaliação de componentes voláteis e atividade antioxidante em *Eruca sativa* Mill., *Brassica rapa* L. e *Raphanussativus* L. após processamento**. 2008. 219p. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

PEDÓ, I.; SGARBIERI, V. C. Caracterização química de cultivares de aveia (*Avena sativa* L.) **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 78-83, 1997.

PEDROSO, A. M.; SANTOS, F. A. P.; BITTAR, C. M. M. Substituição do milho em grão por farelo de glúten de milho na ração de vacas em lactação em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 8, p. 1614-1619, 2009. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000800028>.

PENZ JÚNIOR, A. M.; GIANFELICE, M. O que fazer para substituir os insumos que podem migrar para a produção de bio-combustível. **Acta Scientiae Veterinariae**, Porto Alegre, n. 36, Supl 1, p. s107-s117, 2008.

PEREIRA, D. R. M.; GODOY, M. M.; SAMPAIO, C. C. *et al.* Uso do girassol (*Helianthus annuus*) na alimentação animal: aspectos produtivos e nutricionais. **Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 23, n. 2, p. 174-183, 2016.

PEREIRA, J. C.; GOZZÁLEZ, J.; OLIVEIRA, R. L. *et al.* Cinética de degradação ruminal do bagaço de cevada submetido a diferentes temperaturas de secagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, p. 1125-1132, 1999.

PEREIRA, L. G. R.; GUIMARÃES JR., R.; TOMICH, T. R. Utilização da ureia na alimentação de ruminantes no semiárido. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 11., 2008, Aracaju. **Anais [...]**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2008. v. 1. p. 1-13.

PEREIRA, M. L. R. **Degradabilidade ruminal in vitro de grão reidratado e ensilado de milho e sorgo com diferentes granulometrias**. 2012. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

PERRY, T. W.; KWOLEK, W. F.; TOOKEY, H. L. *et al.* Crambe meal as a source of supplemental protein for growing-finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, Kettering, v. 48, n. 4, p. 758-763, 1979.

PETIT, H. V. Digestion, milk production, milk composition, and blood composition of dairy cows fed whole flaxseed. **Journal Dairy Science**, [s. l.], v. 85, p. 1482-1490, 2002.

PETIT, H. V.; DEWHURST, J. G.; PROULX, J. G. Milk yield and reproduction of dairy cows fed saturated or unsaturated fat. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 81, 1998. (Supplement 1).

PEZZATO, A. C.; PIAI JR., A.; SUZUKI, C. A. T. *et al.* Adição de minerais em ração para frangos de corte, contendo levedura seca de álcool (LSA). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 19., 1982, Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: SBZ, 1982. p. 25.

PEZZATO, L. E.; POLANO, S. A.; SAUCEDO, E. C. A. *et al.* Levedura seca (*Saccharomyces cerevisiae*) de álcool de cana-de-açúcar na alimentação de frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 19., 1982, Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: SBZ, 1982. p. 25.

PEZZATO, L. E.; MIRANDA, E. C.; BAROS, M. M. *et al.* Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1595-1604, 2002.

PICANÇO, Y. S. **Grãos secos de destilaria em suplementos para bovinos em terminação a pasto**. 2022. 68p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2022.

POLAN, C. E.; HERRINGTON, T. A.; WARK, W. A. *et al.* Milk production response to diets supplemented with dried grains, wet brewers' grains, or soybean meal. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 68, n. 8, p.2016-2026, 1985.

PONNAMPALAM, E. N.; SINCLAIR, A. J.; EGAN, A. R. *et al.* Effect of dietary modification of muscle long chain n-3 fatty acid on plasma insulin and lipid metabolites, carcass traits, and fat deposition in lambs. **Journal of Animal Science**, Kettering, v. 79, p. 895-903, 2001.

POZZA, P. C.; GOMES, P. C.; DONZELE, J. L. *et al.* Composição química, digestibilidade e predição dos valores energéticos da farinha de carne e ossos para suínos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 33-40, 2008.

QUAGLIA, G. **Ciencia y tecnologia de la panificación**. Zaragoza: Acribia, 1991. 485p.

RAGHEB, A. A.; EL-THALOUTH, I. A.; TAWFIK, S. Gelatinization of thermally treated starch mixed with sodium hydroxide in the solid state. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 48, n. 2, p.57-64, 1996.

RANGEL, A. H. N.; LEONEL, F. P.; BRAGA, A. P. *et al.* Utilização da mandioca na alimentação de ruminantes. **Revista Verde**, v. 3, n. 2, p. 01-12, 2008.

RAVINDRAN, V.; CABAUG, S.; RAVINDRAN, G. *et al.* Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broiler. **Poultry Science**, London, v. 78, n. 5, p. 699-706, 1999.

REIS, R. A.; FERNANDES, M. H. M. R. Avaliação de coprodutos do amendoim na nutrição de bovinos de corte. [S. l.]: **ResearchGate**, ago. 2020. 9p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/343555363_Avaliacao_de_coprodutos_do_amendoim_na_nutricao_de_bovinos_de_corte. Acesso em: 15 jul. 2023. Doi: 10.13140/RG.2.2.13865.42089.

REIS, R. A.; ROMANZINI, E. P. O que esperar do uso de DDG na pecuária de corte? [S. l.]: **ResearchGate**, mar. 2020. 22p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/339799878_O_que_esperar_do_uso_de_DDG_na_pecuaria_de_corte. Acesso em: 15 jul. 2023. Doi: 10.13140/RG.2.2.28747.34083.

RIBEIRO, C. V. M.; PIRES, A. V.; SUSIN, I. *et al.* Substituição do grão de milho pelo de milheto (*Pennisetum americanum*) na ração de vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1351-1359, 2004.

RODRIGUES, P. B.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T. Valores energéticos do milheto, do milho e subprodutos do milho, determinados com frangos de corte e galos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1767-1778, 2001a.

RODRIGUES, P. B.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T. *et al.* Aminoácidos digestíveis verdadeiros do milheto, do milho e subprodutos do milho, determinados com galos adultos cecectomizados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 6S, p. 2046-2058, 2001b.

RODRIGUEZ PALENZUELA, P.; GARCIA, J.; BLAS BEORLEGUI, C. Fibra soluble y su implicación en nutrición animal: enzimas y probióticos. In: CURSO DE ESPECIALIZACIÓN FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA EL DESARROLLO DE LA NUTRICIÓN ANIMAL (FEDNA). Barcelona: FEDNA, 1998. p. 229-239. (Apostila).

ROONEY, L. W.; PFLUGFELDER, R. L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, Kettering, v. 63, p. 1607, 1986.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. *et al.* **Tabelas brasileiras para suínos e aves**: composição de alimentos e exigências nutricionais. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.

ROY, N. D.; BHAT, R. V. Trypsin inhibitor content of some varieties of soybean (*Glycine max*) and sunflower seed (*Helianthus annuus*). **Journal of Science Food and Agriculture**, [s. l.], v. 25, p. 265-269, 1974.

SALDANHA, E. S. P. B.; GONZALES, E. Enriquecimento de ácidos graxos na alimentação de poedeiras. **Pesquisa & Tecnologia**, Campinas, v. 9, n. 1, p. 1-5, 2012.

SALDANHA, I. C.; BELO, M. A. A. **Gossipol: toxicidade dos produtos do algodão**. Produção Animal Universidade Brasil. Descalvado: [s. n.], 2016. 26p. (Boletim Técnico n. 20).

SANTANA, J.; SOUZA, S. O. Subprodutos da cana-de-açúcar. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, ano 10, n. 119, p. 22-27, nov. 1984.

SANTOS, F. A. Glúten de Milho na Alimentação de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, [s. l.], v. 1, n. 3, p. 79-100, 2004.

SANTOS, F. A. P.; CARMO, C. D. A.; BITTAR, C. M. M. *et al.* Milho com diferentes graus de moagem em combinação com polpa cítrica peletizada ou casca de soja para vacas leiteiras no terço médio da lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 1183-1191, 2007.

SANTOS, J. **Derivados da extração do óleo de girassol para vacas leiteiras**. 2008. 95p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

SANTOS, K. A.; STERN, M. D.; SATTER, L. D. Protein degradation in the rumen and amino acid absorption in the small intestine of lactation dairy cattle fed various protein sources. **Journal of Animal Science**, Kettering, v. 51, p. 244-255, 1984.

SANTOS, R. L. Efeitos do gossipol sobre a reprodução. **Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária da UFMG**, Belo Horizonte, v. 21, p. 73-82, 1997.

SARWAR, M.; FIRKINS, J. L.; EASTRIDGE, M. L. Effects of neutral detergent fiber of forage with soy hull and corn gluten feed for dairy heifers. **Journal Dairy Science**, [s. l.], v. 74, p. 1006-1017, 1991.

SCHALCH, F. J.; SCHALCH, E.; ZANETTI, M. A. *et al.* Substituição do milho em grão moído pela polpa cítrica na desmama precoce de bezerros leiteiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 280-285, 2001.

SCHOGOR, A. L. B. **Perfil oxidativo e metabolismo ruminal de vacas leiteiras alimentadas com farelo de linhaça**. 2012. 81p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.

SCHOONEVELD-BERGMANS, M. E. F.; BELDMAN, G.; VORAGEN, A. G. J. Structural features of (glucurono) arabinoxylans extracted from wheat bran by barium hydroxide. **Journal of Cereal Science**, Texas, v. 29, p. 63-75, 1999.

SELLE, P. H.; RAVINDRAN, V.; CALDWELL, A. *et al.* Phytate and phytase: consequences for protein utilization. **Nutritional Research Review**, [s. l.], v. 13, p. 255-278, 2000.

SGARBIERI, V. C. **Proteins in food protein: Properties, degradations, modifications**. São Paulo: Livraria Varela, 1996. 517p.

SHAWRANG, P.; MANSOURI, M. H.; SADEGHI, A. A. *et al.* Evaluation and comparison of gamma- and electron beam irradiation effects on total and free gossypol of cottonseed meal. **Radiation Physics and Chemistry**, [s. l.], v. 80, n. 6, p. 761-762, 2011.

SIGNORETTI, R. D.; CASTRO, A. C. G.; SILVA, J. F. C. *et al.* Avaliação do farelo de gérmen de milho na alimentação de bezerros de raças leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 616-622, 1997.

SILVA, A. G. Algodão, amendoim e soja. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 6., 1995, Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: FEALQ, 1995a. p. 47-72.

SILVA, A. G. Soja na alimentação de ruminantes. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. **Nutrição de bovinos**. Conceitos básicos e aplicados. Piracicaba: FEALQ, 1995b. p. 339-358.

SILVA, B. A. N.; A casca de soja e sua utilização na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 59-68, 2004.

SILVA, C. M. A. P. **Produção e composição do leite, variação de peso corporal e digestibilidade em vacas alimentadas com ração contendo grão de soja moído no concentrado**. 1997. 72 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

SILVA, C. F. P. G.; PEDREIRA, M. S.; FIGUEREIDO, M. P. *et al.* Qualidade fermentativa e caracterização químico-bromatológica de silagens da parte aérea e raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Acta Scientiarum. Animal Science**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 401-408, 2010.

SILVA, H. L.; VON TIESENHAUSEN, I. V.; ROSA, B. *et al.* Valor nutritivo do rolão e de restos culturais de milho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 19., 1982, Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: SBZ, 1982. p. 181-182.

SILVA, J. R.; NETTO, D. P.; SCUSSEL, V. M. Grãos secos de destilaria com solúveis, aplicação em alimentos e segurança: Revisão. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 10, n. 3, p. 257-270, 2016.

SILVA, J. T. **Silagem de grãos reconstituídos de milho e sorgo sem e com adição de enzima amilolítica exógena**. 2021. 62 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2021.

SILVA, L. H. X. **Cinética de fermentação ruminal de dietas com coprodutos da cadeia produtiva do biodiesel**. 2014. 72 p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2014.

SILVA, M. A. M.; BARCELOS, M. F. P.; SOUSA, R. V. *et al.* Efeito das fibras dos farelos de trigo e aveia sobre o perfil lipídico no sangue e fígado de ratos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, p. 1321-1329, 2003.

SILVA, R. B. **Substituição de farelo de soja por torta de crambe para ovinos em crescimento**. 2013. 57p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

SILVA, S. S. P.; SMITHARD, R. R. Effect of enzyme supplementation of a rye-based diet on xylanase activity in the small intestine of broilers, on intestinal crypt cell proliferation and on nutrient digestibility and growth performance of the birds. **British Poultry Science**, London, v. 43, p. 274-282, 2002.

SILVA, S. S. P.; SMITHARD, R. R. Digestion of protein, fat and energy in rye-based broiler diets is improved by the addition of exogenous xylanase and protease. **British Poultry Science**, London, v. 38, p. S38-S39, 1997.

SILVA, Z. F. **Torta de girassol na alimentação de vacas em lactação**. 2004. 36 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.

SIMAS, M. M. S.; BOTURA, M. B.; CORREA, B. *et al.* Determination of fungal microbiota and mycotoxins in brewers grain used in dairy cattle in the State of Bahia, Brazil. **Food Control** [s. l.], v. 18, p. 404-408, 2007.

SNIFFEN, C. J. Balancing rations for carbohydrates for dairy cattle. In: FEED DEALER SEMINARS, 1998, New York. **Proceedings** [...]. Cornell: Cornell Cooperative Extension, 1988. n. 112, p. 9-19.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VANSOEST, P. J. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, p. 3562-3577, 1992.

SOARES, L. L. P.; SILVA, C. A.; PINHEIRO, J. W. *et al.* Farelo de gérmen de milho desengordurado na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 06, supl. 01, p. 1768-1776, 2004. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000700015>.

SOEST J. J. G.; HULLEMAN, S. H. D.; WIT, D. *et al.* Crystallinity in starch bioplastics. **Industrial Crop Production**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 11-22, 1996.

SOLDEVILA, M.; ROJAS-DAPORTA, M. Effect of different levels of coconut meal on egg production. **Journal Agriculture University Puerto Rico**, [s. l.], v. 60, p. 635-638, 1976.

SOLTELO, A.; FLORES, F.; HERNANDEZ, M. Chemical composition and nutritional value of Mexican varieties of chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Plant Food and Human Nutrition**, [s. l.], v. 37, p. 299-306, 1987.

SOUSA, V. A. **Desempenho, Características de Carcaça e Parâmetros Sanguíneos em Ovinos Santa Inês Suplementados com *Crambe abyssinica***. 2014. 72p. Tese (Doutorado em Ciências Animais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

SOUSA JR., A.; OLIVEIRA, M. E.; ALVES, A. A.; AZEVÊDO, D. M. M. R.; LOPES, J. B.; ARAÚJO, D. L. C. Digestibilidade de dietas contendo farelo de babaçu para ovinos em terminação. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 56, n. 216, p. 967-970, dic. 2007.

SOUZA, A. D. V.; FÁVARO, S. P.; ÍTAVO, L. C. V. *et al.* Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-manso, nabo-forrageiro e crambe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 10, p. 1328-1335, 2009.

SOUZA, K. A.; GOES, R. H. T. B.; SILVA, L. H. X. *et al.* Crambe meal in supplements for culling cows: animal performance and carcass characteristics. **Acta Scientiarum. Animal Science**, Maringá, v. 37, n. 01, p. 47-53, 2015.

SOUZA, R. C. R.; ANDRADE, C. T. Investigação dos processos de gelatinização e extrusão de amido de milho. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 1, p. 24-30, 2000.

SPIEHS, M. J.; WHITNEY, M. H.; SHURSON, G. C. Nutrient database for distillers dried grains with soluble produced from new plants in Minnesota and South Dakota. **Journal of Animal Science**, Kettering, v. 80, p. 2639-2645, 2002.

STAPLES, C. R.; THATCHER, W. W.; MATTOS, R. Fat supplementation strategies for lactating dairy cows diets: *In: SINLEITE – Simpósio Internacional de Bovinocultura de Leite*, 2., 2001, Lavras. **Anais [...]**. Lavras: UFLA, 2001. p. 161-178.

STEFANELLO, F. S.; FRUET, A. P. B.; SIMEONI, C. P. *et al.* Resíduo de cervejaria: Bioatividade dos compostos fenólicos; aplicabilidade na nutrição animal e em alimentos funcionais. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 18 (ed. Especial), p. 1-10, 2014.

STEG, A.; HINDLE, V. A.; LIU, Y. G. By-products of some novel oilseeds for feeding: laboratory evaluation. **Animal of Feed Science Technology**, [s. l.], v. 50, n. 1-2, p. 87-99, 1994.

STEIN, H. H.; SHURSON, G. C. Board-Invited Review: The use and application of distillers dried grains with solubles (DDGS) in swine diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 8, p. 1292-1303, 2009.

STENGEL G. Brewer grains: the industry. In: JORDAN, E. R. (ed.). **Proceedings of the alternative feeds for dairy and beef cattle symposium**. Columbia: University of Missouri. 1991. p. 86-89.

STERN, M. D.; SANTOS, K. A.; SATTER, L. D. Protein degradation in rumen e amino acid absorption in small intestine of lactating dairy cattle fed heat-treated soybeans. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 68, n. 1, p. 45-56, 1985.

STOCK, R. R.; BRITTON, T.; KLOPFENSTEIN, K. Feeding value of crambe meal. In: The University of Nebraska-Lincoln's Agricultural Research Division. **1993 Beef cattle report**. Lincoln: University of Nebraska-Lincoln, 1993. p. 51-53.

STOJCESKA, V.; AINSWORTH, P.; PLUNKETT, A. The recycling of brewer's processing by-product into ready-to-eat snacks using extrusion technology. **Journal of Cereal Science**, Texas, v. 47, p. 469-479, 2008.

SUGIURA, S. H.; RABBIT, J. K.; DONG, F. M. *et al.* Utilization of fish and animal by-product meals in low-pollution feeds for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). **Aquaculture Research**, Laguna, v. 31, p. 585-593, 2000.

SURDZHIISKA, S.; MARINOV, B.; TOMOVA, D. Mixed feeds for broiler chickens with different amounts of fodder yeast. **Zhivotnov" dni Nauki**, [s. l.], v. 24, n. 1, p. 47-52, 1987.

TACON, A. G. J. **Feed ingredients for warm water fish: meal and other processed feedstuffs**. Rome: FAO, 1993.

TAMBURO, M. E.; GINTERS, K. M.; LUCHESE, L. *et al.* Efeito da adição de diferentes níveis de levedura seca (*Saccharomyces cerevisiae*) de álcool de cana-de-açúcar, sobre a umidade das excretas de frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 19., 1982, Piracicaba. **Anais** [...]. Piracicaba: SBZ, 1982. p. 26.

TANKSLEY JR., T. D. Cottonseed meal. In: THACKER, P. A.; KIRKWOOD, R. N. (ed.) **Nontraditional feed sources for use in swine production**. Washington: [s. n.], 1992. p. 139-151.

TARDIN, A. C. **Programa de controle da qualidade para rações produzidas na granja.** In: SEMINÁRIO DE POSTURA COMERCIAL, Campinas, maio, p. 63-85, 1991.

TEIXEIRA, A. S. **Alimentos e alimentação dos animais.** Lavras: UFLA; FAEPE, 1998. 402p.

TEIXEIRA, A. S. **Alimentos e alimentação dos animais.** (4. ed.). Lavras: UFLA; FAEPE, 1997. 267p.

TEIXEIRA, J. C. Utilização da polpa cítrica na alimentação de bovinos leiteiros Parte I. **Milkbizz Tecnologia**, [s. l.], v. 1, n. 3, p. 25-28, 2001.

TEIXEIRA, J. C. **Alimentação de bovinos leiteiros.** Lavras: UFLA; FAEPE, 1997. 267p.

TEIXEIRA, J. C.; EVANGELISTA, A. R.; ALQUERES, M. M. *et al.* Utilização da Amiréia 150S como suplemento nitrogenado para bovinos em sistema de pastejo. In: Reunião Anual da S.B.Z., 35., 1998, Botucatu. **Anais [...]**. Botucatu: SBZ, 1998. p. 482-483, v. 1.

TEIXEIRA, J. C.; HUBER, J. T. Determinação da digestibilidade pós-ruminal da proteína de semente de algodão pela técnica de saco de náilon em vacas leiteiras. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 18, n. 4, p. 295-305, 1989.

TEIXEIRA, J. C.; SILVA, E. A.; BRAGA, R. A. N. *et al.* Cinética da digestão ruminal do caroço de algodão e do grão de milho em diferentes formas físicas em vacas da raça Holandesa. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 4, p. 842-845, 2002.

TESKEREDZIC, Z.; HIGGS, D. A.; DOSANJH, B. S. *et al.* Assessment of undephytinized and dephytinized rapeseed protein concentrate as sources of dietary protein for juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, Laguna, v. 131, n. 2, p. 261-277, 1995.

THIEWES, H. J.; STEENEKEN, A. M. The glass transition and the sub-Tg endotherm of amorphous and native potato starch at low moisture content. **Carbohydrate Polymers**, [s. l.], v. 32, n. 02, p. 123-130, 1997.

TJARDES, J.; WRIGHT, C. **Feeding corn distiller's coproducts to beef cattle**. South Dakota State University Cooperative Extension Service, Dept. of Animal and Range Sciences, Extension Extra, Ex 2036, p. 1-5, Aug. 2002.

TRIPATHI, M. K.; AGRAWAL, I. S.; SHARMA, S. D. *et al.* Effect of substitution of soybean meal with treated or untreated high glucosinolate mustard (*Brassica juncea*) meal intake, digestibility, growth performance and body composition of calves. **Animal Feed Science and Technology**, Davis, v. 94, n. 3-4, p. 137-146, 2001.

TRIPATHI, M. K.; MISHRA, A. S. Glucosinolates in animal nutrition: A review. **Animal Feed Science and Technology**, Davis, v. 132, n. 1-2, p. 1-27, 2007.

ULLREY, D. E.; ALLEN, M. E.; BAER, D. J. Formulated diets versus seed mixtures for psittacines. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 121, n. 11S, p. 193-205, 1991.

VALADARES FILHO, S. C.; LOPES, S. A. *et al.* **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para ruminantes: CQBAL 4.0**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.cqbal.com.br>. Acesso em: 13 abr. 2022.

VALADARES FILHO, S. C.; MAGALHÃES, K. A.; ROCHA JÚNIOR, V. R. *et al.* **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos: CQBAL 2.0**. 2 ed. Viçosa: UFV; DZO, 2006. 329p.

VAN CLEEF, E. H. C. B. **Tortas de nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e pinhão manso (*Jatropha curcas*): caracterização e utilização como aditivos na ensilagem de capim elefante**. 2008. 77p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, p. 3583- 3597, 1991.

VIANA, S. P. Utilização de milheto em rações para aves e suínos como alternativa energética para algumas regiões do semiárido. In: EMPRESA PERNAMBUCANA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultura do milheto**. Fortaleza: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, 1982. p. 59-63. (Monografias, 8).

VIEIRA, M. D.; SANTOS, R. F.; ROSA, H. A. *et al.* Potássio (K) no cultivo da linhaça *Linum usitatissimum*. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Cascavel, v. 1, p. 62-69, 2012. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/7029>. Acesso em: 15 maio 2014.

VIEIRA, P. F. Resíduos do processamento industrial de grãos de milho e sorgo para alimentação de bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: FEALQ, 1991. p. 285-302.

VILELA, D. Silagem. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 9, n. 108, p. 17-25, 1983.

WADA, F. Y.; PRADO, I. V.; SILVA, R. R. *et al.* Grãos de linhaça e de canola sobre o desempenho, digestibilidade aparente e características de carcaça de novilhas nelore terminadas em confinamento. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 9, n. 4, p. 883-895, 2008.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1184-1192, 2008.

WATERS, D. M.; JACOB, F.; TITZE, J. *et al.* Fibre, protein and mineral fortification of wheat bread through milled and fermented brewer's spent grain enrichment. **European Food Research and Technology**, [s. l.], v. 235, p. 767-778, 2012.

WATKINS, C. Crambe-ready to be a commercial success. **INFORM** - International News on Fats, Oils and Related Materials, [s. l.], v. 10, p. 828-836, 1999.

WEIGEL, J. C.; LOY, D.; KILMER, L. **Feeding co-products of the dry corn milling process**. Iowa: Iowa Corn Growers Association; Iowa Department of Agriculture and Land Stewardship, 1997.

WILSON, R. P. Fish feed formulation and processing. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE PEIXES E CRUSTÁCEOS, 1995, Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1995. p. 171.

WOLF, M. J.; BUZAN, C. L.; MACMASTERS, M. M. *et al.* Structure of the mature corn kernel: III., microscopic structure of the endosperm of dent corn. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 29, p. 349-361, 1952.

WOOD, P. J.; BEER, M. U. Productos funcionales de avena. In: MAZZA, G. **Alimentos funcionales**. Zaragoza: Technomic Publishing Company Inc. Ed. Acribia, 1998. p. 1-37.

WYMAN, C. E. **Handbook on bioethanol**: production and utilization, Applied Energy Technology Series. Washington: Taylor & Francis, 1996.

XENOFONTE, A. R. B.; CARVALHO, F. F. R.; BATISTA, A. M. V. *et al.* Desempenho e digestibilidade de nutrientes em ovinos alimentados com rações contendo farelo de babaçu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 11, p. 2063-2068, 2008. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001100024>.

YAMADA, E. A.; ALVIM, I. D.; SANTUCCI, M. C. C. *et al.* Composição centesimal e valor proteico de levedura residual da fermentação etanólica e de seus derivados. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 16, n. 4, p. 423-432, 2003.

YOSHIHARA, M. M. **Torta de crambe em dietas para terminação de ovelhas em confinamento**. 2014. 67 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2014.

ZAMBOM, M. A.; SANTOS, G. T.; MODESTO, E. C. *et al.* Valor nutricional da casca do grão de soja, farelo de soja e milho moído e farelo de trigo para bovinos. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 4, p. 937-943, 2001.