



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA TROPICAL

**FARELO DE ARROZ INTEGRAL E COMPLEXO ENZIMÁTICO EM DIETAS  
PARA FRANGOS DE CORTE**

Jefferson Douglas Martins Ferreira

Prof. Dr. João Batista Lopes  
Orientador

Teresina – Piauí  
2023

Jefferson Douglas Martins Ferreira

**FARELO DE ARROZ INTEGRAL E COMPLEXO ENZIMÁTICO EM DIETAS  
PARA FRANGOS DE CORTE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia Tropical do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, visando a obtenção do título de Doutor em Zootecnia Tropical. Área de concentração: Produção Animal.

Prof. Dr. João Batista Lopes  
Orientador

Teresina – Piauí  
2023

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Setorial CCA  
Serviço de Representação da Informação

F383f Ferreira, Jefferson Douglas Martins.

Farelo de arroz integral e complexo enzimático em dietas para frangos de corte / Jefferson Douglas Martins Ferreira. -- 2023. 63 f.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia Tropical - Teresina, 2023.

“Orientador: Prof. Dr. João Batista Lopes”

1. Alimento alternativo. 2. Enzimas exógenas. 3. Metabolizabilidade dos nutrientes. 4. Deposição de nutrientes. I. Lopes, João Batista. II. Título.

CDD636.508

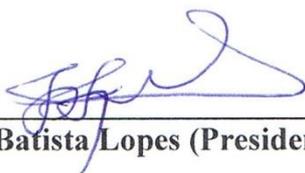
Bibliotecário: Rafael Gomes de Sousa - CRB3/1163

**FARELO DE ARROZ INTEGRAL E COMPLEXO ENZIMÁTICO EM DIETAS  
PARA FRANGOS DE CORTE**

**JEFFERSON DOUGLAS MARTINS FERREIRA**

**Tese aprovada em: 31/03/2023**

**Banca Examinadora:**



**Prof. Dr. João Batista Lopes (Presidente) / DZO/CCA/UFPI**



**Prof. Dr. Amilton Paulo Raposo Costa (Interno) / DMV/CCA/UFPI**



**Profa. Dra. Leilane Rocha Barros Dourado (Interna) / DZO/CCA/UFPI**



**Prof. Dr. Daniel Medeiros de Noronha Albuquerque (Externo) / IFPI**



**Prof. Dr. Pedro Eduardo Bitencourt Gomes (Externo) / CHRISFAPI**

## **DEDICO**

*Primeiramente a Deus.*

*Aos pais mais atenciosos e cuidadosos: Marlene Martins e José Francisco.*

*Aos meus amados irmãos: Ana Karinny e Ellan Helber.*

*A minha amada e querida sobrinha: Emanuela Ferreira.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, pela minha família, pela oportunidade de estudar e aprender mais e mais a cada dia, pelas amizades e lições de vida que me foram concedidas durante esses anos de estudo e que irei levar para toda a vida.

À Universidade Federal do Piauí por viabilizar esta pesquisa e por ter contribuído com a minha formação.

À Coordenação do Curso Pós-Graduação em Zootecnia Tropical, pelo apoio. Ao Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da UFPI, especialmente ao técnico de laboratório Manoel José de Carvalho, aos terceirizados Isaias Soares, José Reis, José da Cruz e Adriano pelo apoio e presteza em todas as atividades exercidas neste setor. Ao Colégio Técnico de Teresina (CTT), representado pelo Prof. Dr. Antônio de Sousa Júnior.

Ao Professor João Batista Lopes pela orientação, e principalmente pela amizade e compreensão, pois só quem realmente estava próximo de mim para entender o tamanho da gratidão que tenho pelo meu orientador, pois no momento em que mais precisei de seu apoio durante meu doutorado, ele soube me entender, sem pressionar, pelo bom coração, paciência e sabedoria com a qual trata a todas as pessoas. Então, encerro minha jornada na pós-graduação muito feliz e agradecido por ter tido a oportunidade de conviver e de aprender com o senhor. Obrigado Professor João!

À Prof. Dr. Leilane Dourado, pelo companheirismo, bom humor, pelo bom coração, paciência e sabedoria. Muito obrigada pelo cuidado, apoio, que sempre teve comigo. Pessoas como a senhora são raras.

Aos colaboradores Ravena Carvalho, Claudiane Moraes dos Santos, Sérgio Paulo Lima Guerra, Isabella Emmilly de Carvalho, Luís Miguel Martins Arrais, Maria Eduarda Moraes Medeiros, Antônia Michele Moraes Cardoso Medeiros, sem vocês não teria sido possível a conclusão deste trabalho.

A meu tio e amigo Valdemicio Ferreira que sempre me apoiou e serviu de inspiração e modelo como profissional e pessoa. Aos meus Primos Mizaél Ferreira e Iara Danielli, meus grandes amigos. Ao Prefeito Veríssimo Siqueira, meu chefe que sempre me apoiou e possibilitou minhas idas a Teresina para concluir meu doutorado. Ao meu colega de trabalho e amigo Diego Soares pelo constante apoio. Aos meus amigos Everton

Moraes, Wanesssa Moraes e Erica Ceilany, por me ajudarem de longa data nessa jornada que foi a graduação e pós-graduação.

Enfim meu agradecimento às pessoas mais importantes da minha vida, A MINHA FAMÍLIA, a minha mãe Marlene de Sousa Martins, meu pai herói José Francisco Ferreira de Sousa sem vocês não estaria aqui vivendo esses momentos de conquistas, obrigado por cada palavra, cada olhar, cada gesto, por me amar tanto, amo muito vocês, meus irmãos tão presentes, atenciosos e sempre prontos a me ajudar, ao Ellan Helber e Ana Karinny Ferreira, a minha sobrinha Emanuela Ferreira, presentes de Deus, vocês pensam que eu sou a pessoa mais forte da família, mas só consigo ser essa fortaleza que vocês enxergam em mim porque tenho vocês comigo, muito obrigada minha família linda e abençoada, obrigado pelas palavras e atitudes de incentivo, pelas puxadas de orelha, pelas risadas, enfim, obrigado.

E a todos aqueles que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho, meu sincero: Obrigado!

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	14
2.1 Aspectos gerais sobre o farelo de arroz .....	14
2.2 Ação do fitato como fator antinutricional.....	16
2.3 Considerações sobre as principais enzimas utilizadas na nutrição de aves.....	17
Referências .....	20
3. ARTIGO 1: Farelo de arroz integral associado a complexo enzimático para frangos de corte sobre o desempenho e parâmetros ósseos.....	25
4. ARTIGO 2: Farelo de arroz integral e complexo enzimático para frangos de corte: metabolizabilidade, composição e deposição de nutrientes na carcaça.....	42
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	62

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição nutricional do farelo de arroz integral .....	15
ARTIGO 1 .....	
Tabela 1 - Composição percentual e valor nutricional das dietas experimentais para frangos de corte na fase pré-inicial e inicial (1 a 7 e 8 a 21) .....	29
Tabela 2 - Composição percentual e conteúdo nutricional das dietas experimentais para frangos de corte de 22 a 35 dias de idade, em função dos níveis de inclusão do farelo de arroz integral associado a complexo enzimático .....	30
Tabela 3 - Valores médios das temperaturas, umidade relativa do ar e índice de temperatura de globo negro e umidade, no período de 1 a 35 dias .....	33
Tabela 4 - Desempenho produtivo de frangos de corte, de 1 a 35 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com farelo de arroz integral e complexo enzimático.....	34
Tabela 5 – Rendimento de carcaça, peso relativo dos cortes e de órgãos de frangos de corte, de 1 a 35 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com farelo de arroz integral e complexo enzimático.....	37
Tabela 6 – Valores dos parâmetros ósseos e da cama de frangos de corte, aos 35 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com farelo de arroz integral e complexo enzimático.....	38
ARTIGO 2.....	
Tabela 1 - Composição percentual e conteúdo nutricional das dietas experimentais para frangos de corte de 22 a 35 dias de idade, em função dos níveis de inclusão do farelo de arroz integral associado a complexo enzimático .....	47
Tabela 2 - Composição percentual e valor nutricional das dietas experimentais para frangos de corte na fase pré-inicial e inicial (1 a 7 e 8 a 21).....	50
Tabela 3 - Valores médios das temperaturas, umidade relativa do ar e índice de Temperatura e do Globo Negro, durante o período experimental, no ensaio de composição e deposição de nutrientes na carcaça, no período de 1 a 35 dias.....	51
Tabela 4 – Metabolizabilidade de nutrientes em dieta de frangos de corte no período de 22 a 35 dias de idade, alimentados com dietas contendo níveis de farelo de arroz integral, associados com complexo enzimático.....	52

Tabela 5 – Retenção de minerais em dieta de frangos de corte no período de 22 a 35 dias de idade, alimentados com dietas contendo níveis de farelo de arroz integral, associados com complexo enzimático .....	53
Tabela 6 – Deposição de nutrientes na carcaça de frangos de corte, no período de 1 a 35 dias de idade, alimentados com dietas contendo níveis de farelo de arroz integral associados a complexo enzimático .....	55
Tabela 7 - Composição de nutrientes na carcaça de frangos de corte, no período de 1 a 35 dias de idade, alimentados com dietas contendo níveis de farelo de arroz integral associados a complexo enzimático .....	56

## **Farelo de arroz integral e complexo enzimático em dietas para frangos de corte**

**RESUMO** - A pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de avaliar o efeito do farelo de arroz integral e complexo enzimático em dieta para frangos no período de 1 a 35 dias de idade. A proposta contemplou dois ensaios, sendo o primeiro avaliados os parâmetros de desempenho, características da carcaça, peso relativo dos órgãos do sistema digestório e do coração, bem como variáveis relacionadas ao tecido ósseo, a composição e deposição de nutrientes na carcaça, utilizando-se 396 aves em delineamento em blocos ao acaso. No segundo ensaio, sobre metabolismo dos nutrientes e a retenção de minerais pelas aves, foram avaliados o coeficiente de metabolizabilidade dos principais nutrientes e o coeficiente de retenção dos principais minerais, utilizando 72 aves distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso. Nos dois ensaios, os tratamentos experimentais foram constituídos de três níveis de inclusão de farelo de arroz integral (0; 7,5 e 15%) associados a dois níveis suplementares de complexo enzimático (com e sem), com seis tratamento e seis repetições, constituídas, no primeiro ensaio, por 11 aves, alojadas em boxes de alvenaria, enquanto na avaliação da metabolizabilidade dos nutrientes, foram usadas duas aves, alojadas em 36 gaiolas metabólicas, para coleta de excretas. A ração controle foi formulada à base de milho e farelo de soja, de modo a atender as exigências das aves. O farelo de arroz integral pode ser incluído em dietas de frangos de corte até 15%, no período de 1 a 35 dias de idade, caracterizado pela melhoria na conversão alimentar. O complexo enzimático não influencia os parâmetros de desempenho em dietas de frangos de corte, nem os parâmetros relacionados ao rendimento da carcaça e dos principais cortes, nem na qualidade da cama e dos parâmetros ósseos, exceto para peso relativo do fígado, que reduz o peso. O aumento do teor de farelo de arroz integral nas dietas, a partir do nível de 7,1% de inclusão, interfere negativamente na metabolizabilidade da proteína bruta, e como consequência também interfere na deposição de proteína bruta e na composição de proteína bruta da carcaça dos frangos de corte aos 35 dias de idade, enquanto a adição do complexo enzimático não interfere no coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca, proteína bruta e matéria mineral. Os coeficientes de retenção cálcio, fósforo, potássio, enxofre, e do cromo respondem de forma decrescente ao aumento dos níveis de cálcio da dieta. A adição do complexo enzimático aumenta o coeficiente de retenção de cálcio, cloro e zinco, porém, não interfere no de fósforo, enxofre e cromo, enquanto o de potássio reduz o valor.

**Palavras-chave:** alimento alternativo, enzimas exógenas, metabolizabilidade dos nutrientes, desempenho, deposição de nutrientes.

## **Integral rice bran and enzyme complex in diets for broilers chickens**

**ABSTRACT** – The research was developed with the objective of evaluating the effect of integral rice bran and enzyme complex in diets for broiler chickens from 1 to 35 days of age. The first trial evaluated performance parameters, carcass characteristics, relative weight of the organs of the digestive system and heart, as well as variables related to bone tissue, composition and deposition of nutrients in the carcass, using 396 birds in a randomized block design. In the second trial, on nutrient metabolism and mineral retention by birds, the metabolizability coefficient of the main nutrients and the retention coefficient of the main minerals were evaluated, involving 72 birds distributed in an entirely randomized design. In both trials, the experimental treatments consisted of three inclusion levels of integral rice bran (0; 7.5 and 15%) associated with two supplementary levels of enzyme complex (with and without), with six treatments and six repetitions, consisting, in the first trial, of 11 birds, housed in masonry boxes, while in the evaluation of nutrient metabolizability, two birds were used, in each housed of the 36 metabolic cages for excreta collection. The control feed was formulated based on corn and soybean meal to meet the birds' requirements. Integral rice bran can be included in broiler diets up to 15% in the period from 1 to 35 days of age, characterized by improved feed conversion. The enzyme complex does not influence performance parameters in broiler diets, nor the parameters related to carcass yield and main cuts, nor in litter quality and bone parameters, except for relative liver weight, which reduces the value. The increase in the content of integral rice bran in the diets, from the level of 7.1% of inclusion, interferes negatively in the metabolizability of crude protein, and as a consequence also interferes in the deposition of crude protein and in the crude protein composition of the carcass of broilers at 35 days of age, while the addition of the enzyme complex does not interfere in the metabolizability coefficient of dry matter, crude protein and mineral matter. The retention coefficients of calcium, phosphorus, potassium, sulfur, and chromium respond in a decreasing manner to increasing dietary calcium levels. The addition of the enzyme complex increases the retention coefficient of calcium, zinc and chloride, but does not interfere in that of phosphorus, sulfur, and chromium, while that of potassium reduces the value.

**KEYWORDS** - alternative feed, exogenous enzymes, nutrient metabolism, performance, nutrient deposition.

## 1. INTRODUÇÃO

O sucesso da cadeia avícola encontra-se conectado com o desenvolvimento tecnológico e científico nos amplos setores que compõem a atividade, envolvendo os programas de melhoramento genético, o incremento de novas técnicas de manejo que auxiliam na maximização do desempenho, na crescente preocupação com a condição sanitária dos lotes e a disponibilidade de mão de obra especializada, bem como dos expressivos avanços de ferramentas nutricionais direcionadas para a maximização do desempenho das aves. O crescimento das exportações e a competitividade dos produtos brasileiros em mercados estrangeiros, aliados às condições climáticas e ao incremento no território nacional da produção de milho e de soja, principais ingredientes utilizados para rações de frango, foram elementos importantes para esse crescimento acelerado (RODRIGUES *et al.*, 2015).

O Brasil vem ocupando posição de destaque no cenário mundial, sobressaindo como o principal fornecedor de carne de frango, sendo responsável por atender mercados externos cada vez mais exigentes (ABPA, 2023). Em contraposição, os custos com alimentação, ainda se constituem grande entrave, visto que os ingredientes tradicionais, como o milho e o farelo de soja, usados na formulação de ração das aves, apresentam elevados preços, pois são ingredientes caracterizados como commodities, vinculados ao mercado internacional e por consequência passam por constante oscilação na oferta entre anos e durante o mesmo ano, com interferência no custo total do setor. Neste sentido, ressalte-se que a alimentação representa bem mais da metade do custo de produção (BARBOSA *et al.*, 2007) e passa a ser o fator de maior importância para o aumento da produtividade avícola.

Por outro lado, os nutricionistas e produtores buscam por matérias-primas alternativas capazes de substituir parcial ou totalmente as fontes convencionais a fim de tornar a produção avícola mais rentável e sustentável. Assim, se torna imprescindível a disponibilização de conhecimento sobre o valor nutritivo de fontes alternativas de alimentos, no que diz respeito à composição química, digestibilidade, restrições e fatores antinutricionais para que esses ingredientes possam ser utilizados nas dietas, sem comprometer as características produtivas das aves (GENEROSO *et al.*, 2008).

Dessa forma, o uso de enzimas exógenas nas rações de aves vem despontando como importante opção, especialmente, pela perspectiva de ampliar a utilização de determinados alimentos disponíveis no mercado, que apresentam baixa disponibilidade

de alguns nutrientes essenciais para a nutrição dessa espécie, em função das limitações do trato digestório das aves de produzir enzimas endógenas, capazes de promoverem a quebra de compostos, como por exemplo, o ácido fítico, polissacarídeos não amiláceos, proteínas, dentre outros, de modo a tornar os nutrientes assimiláveis pelo organismo.

É importante, também, ressaltar a relevância dos alimentos regionais, que nos períodos críticos, especialmente, da entressafra dos ingredientes como o milho e o farelo de soja, podem compor as rações dos frangos de corte. Nesse contexto, a cultura do arroz tem grande representatividade na região Nordeste do Brasil, com destaque para os estados do Maranhão e do Piauí, podendo o subproduto do beneficiamento, no caso, o farelo de arroz, constituir-se eventual substituto do milho.

Neste contexto, o farelo de arroz apresenta 13,3% de proteína bruta, elevado nível de fibra bruta (7,71%), bem como 1,71% de fósforo total e 1,31% de fósforo fítico, porém com baixa disponibilidade (0,35%), devido se encontrar na forma de fitato (ROSTAGNO *et al.*, 2017). A suplementação com enzimas exógenas, que apresentam funções iguais ou similares a determinadas enzimas endógenas utilizadas nas rações de frangos de corte, em que as aves apresentam limitação, de endogenamente, sintetizá-las, pode ampliar a capacidade digestiva e absorptiva, com reflexo na redução de compostos nitrogenados e fosfatados a serem lançados no meio ambiente pelas excretas, diminuindo o potencial poluidor dos dejetos das aves (DOURADO; BARBOSA; SAKOMURA, 2014). Ressalte-se que os aditivos enzimáticos não possuem função nutricional direta, mas auxiliam o processo digestivo, melhorando a digestibilidade dos nutrientes presentes na dieta (CAMPESTRINI; SILVA; APPELT, 2005). Assim, o farelo de arroz, além de apresentar elevado nível de fósforo ligado ao fitato, também, apresenta elevado percentual de fibra na sua composição, se constituindo em ingrediente propício para ser testado com determinadas enzimas exógenas em dieta de aves.

O aumento da digestibilidade dos ingredientes da dieta é uma preocupação constante entre os nutricionistas da área avícola, considerando-se o efeito positivo no desempenho, pelo melhor aproveitamento dos nutrientes nos processos metabólicos, o que pode redundar na redução do custo da ração. Com esta perspectiva, o uso de enzimas nas rações de frangos de corte tem sido importante ferramenta nutricional utilizada por profissionais em todo o mundo. Porém, é necessário ressaltar que durante os estudos com a suplementação de enzimas nas dietas, é de grande importância conhecer o comportamento fisiológico da ave diante da ingestão de enzimas exógenas sintéticas. Desta forma, a presente pesquisa foi desenvolvida com objetivo de avaliar o efeito do

farelo de arroz integral combinado com complexo enzimático em dietas de frangos de corte. Serão avaliados parâmetros de desempenho, peso dos principais cortes e de órgãos metabolicamente ativos, os parâmetros ósseos, bem como a metabolizabilidade dos nutrientes, em função de níveis diferentes de farelo de arroz associados a complexo enzimático.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Aspectos gerais do farelo de arroz**

O arroz, *Oryza sativa*, é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo, caracterizando-se como principal alimento para mais da metade da população mundial. Neste cenário, o Brasil é considerado o maior produtor e consumidor mundial de arroz, alcançando a produção na safra 2019/2020, de aproximadamente, 11,2 milhões de toneladas de arroz em casca (CONAB, 2021).

No beneficiamento do grão de arroz, são gerados cerca de 5 a 8% de farelo de arroz integral, coproduto bastante utilizado na alimentação animal (SHARIF *et al.*, 2014). Trata-se de um ingrediente obtido durante o processamento, contendo elevado teor de nutrientes, como proteínas, fibras, lipídios e minerais (ROSTAGNO *et al.*, 2017). Neste sentido, nas etapas do beneficiamento do grão, visando a comercialização, obtém-se o rendimento 68% de arroz polido, 24% casca e entre 8 a 10% de farelo. Esse quantitativo de farelo, obtido após a extração do óleo, pode ser comercializado a preço mais competitivo para ração animal (FEDDERN *et al.*, 2007; PARRADO *et al.*, 2006).

Na Tabela 1, encontram-se valores da composição nutricional do farelo de arroz integral. Segundo Rostagno *et al.* (2017), Dilelis *et al.* (2019) e Junqueira *et al.* (2009), cujos dados mostram grande variação na composição desse ingrediente. No entanto, verifica-se, especialmente, a relevância deste coproduto, que pode ser utilizado no processo de formulação de ração para animais não-ruminantes, especialmente, frangos de corte. Com esta perspectiva, Dilelis *et al.* (2019) ressaltam que o farelo de arroz pode ser utilizado em substituição ao milho e parte do farelo de soja em rações de aves, fundamentando-se no valor energético e do nível proteico (12,59%), sendo este último superior ao do milho.

Vale destacar que a grande variação na composição química do farelo de arroz integral se encontra relacionada a diversos fatores como tipo de processamento do grão

de arroz, que não existe padronização do método de polimento do grão, variedade genética e condições ambientais da área do cultivo (GOMES *et al.*, 2012).

Tabela 1 - Composição nutricional do farelo de arroz integral

Nutrientes	Quantidade no alimento <sup>1</sup>		
	Rostagno <i>et al.</i> (2017)	Junqueira <i>et al.</i> (2009)	Dilelis <i>et al.</i> (2019)
Proteína bruta (%)	13,3	11,79	-
Lisina digestível (%)	0,47	-	-
Met+Cis digestível (%)	0,38	-	-
Treonina digestível (%)	0,36	-	-
Valina digestível (%)	0,54	-	-
Energia Metabolizável/Aves (Kcal/kg)	2.583	2.968	3.243 <sup>1</sup>
Fibra bruta (%)	7,71	10,20	9,68
Fósforo total (%)	1,71	0,97	1,82
Fósforo fítico (%)	1,37	-	-
Fósforo disponível (%)	0,35	-	-
Cálcio (%)	0,12	0,14	0,07
Sódio (%)	0,04	0,02	-
Extrato etéreo (%)	14,2	15,30	19,72

<sup>1</sup> Aves com idade entre 15 e 25 dias.

Também, no beneficiamento do grão de arroz, se destaca a quirera, composta por grãos defeituosos e quebrados após o polimento. Neste sentido, Brum Junior *et al.* (2007) ressaltam que este coproduto pode ser incluído em até 40% na dieta de frango de corte, sem interferência no desempenho das aves. Já, Cancherini *et al.* (2008), em pesquisa com subproduto do arroz, com base no desempenho das aves, concluíram que o farelo de arroz integral e a quirera de arroz são ingredientes alternativos viáveis em dietas destinadas para frangos de corte. Também, os autores ressaltaram que esses subprodutos ou coprodutos não interferiram no rendimento de carcaça e dos cortes nobres (peito, coxa + sobrecoxa) e o peso relativo da gordura abdominal.

Apesar do farelo de arroz integral apresentar elevado potencial nutritivo para ser utilizado em rações de frangos de corte, por outro lado, apresenta algumas limitações relacionadas a fatores antinutricionais, com destaque para o elevado nível de fósforo, na forma de fitato, cuja molécula tem capacidade de quelar outros minerais e até parte da proteína, tornando esses nutrientes indisponíveis. Também, apresenta elevado teor de

fibra bruta, variando entre 7 e 10% (ROSTAGNO *et al.*, 2017; JUNQUEIRA *et al.*, 2009, DILELIS *et al.*, 2019), em que o trato gastrointestinal de frangos de corte tem limitação fisiológica em digerir. Além, destes aspectos o farelo de arroz, devido elevado conteúdo de extrato etéreo, facilmente rancifica durante o processo armazenamento, reduzindo o tempo de estocagem em condições naturais. Ressalte-se que os fatores limitantes tem se constituído objeto de estudo com respostas positivas para maximização de uso na nutrição de frango (HIDAYAT; WINA; SOPIYANA, 2021).

## **2.2 Ação do fitato como fator antinutricional**

A maioria dos alimentos vegetais, principalmente, os cereais, leguminosas, castanhas e oleaginosas, possui parte do fósforo na forma de fitato, que funciona como verdadeiro estoque de fósforo e de outros nutrientes para as plantas (HUSSAIN *et al.*, 2017). Assim, o ácido fítico que representa em torno de 1 a 5% do peso de muitos cereais e leguminosas, forma quelatos bastante estáveis com quase todos os cátions multivalentes e/ou proteínas para formar complexos, que podem ser insolúveis ou indisponíveis sob condições fisiológicas (CHERYAN; RACKIS, 1980).

Nos cereais, o fósforo fítico encontra-se presentes com valores na faixa entre 64 e 85% do fosforo total, e a maioria do ácido fítico localiza-se nas aleuronas. Os níveis de ácido fítico (g/100g) encontrados no arroz inteiro oscilam de 0,86 a 0,99%, e 80% desta substância estão presentes no farelo externo do grão (DOMÍNGUEZ *et al.*, 2002). A formação de complexos fitato-nutriente tem grande importância nutricional, pois os nutrientes complexados podem não ser absorvidos no intestino, o que pode reduzir o desempenho e produtividade das aves (LEI; PORRES, 2003).

A presença do fitato se torna importante para a maioria dos alimentos vegetais, por ser uma importante fonte de fósforo e de outros nutrientes necessários para o crescimento e desenvolvimento desses seres (BENINCASA *et al.*, 2019). Para animais, especialmente, não ruminantes, o fitato é considerado a principal causa de redução e de deficiência de minerais em alimentos de origem vegetal incluídos em rações, sendo considerado como fator antinutricional, por se quelar fortemente com íons metálicos, como cálcio, magnésio, zinco e ferro (VASUDEVAN *et al.*, 2019; BENINCASA *et al.*, 2019), além de manganês (BERWAL; GOYAL; CHUGH, 2018), cobre (COBAN; DEMIRCI, 2014), e molibdênio (SREEDEVI; REDDY, 2012). No caso das proteínas, essas interações podem afetar sua estrutura, reduzindo ou inibindo sua atividade (SATO; JORGE; GUIMARÃES, 2016), e conseqüentemente, levando à inibição de várias

enzimas digestivas, como tripsina, amilase, pepsina, pancreatina, lipases entre outras (DUONG; LAPSLEY; PEGG, 2018).

### **2.3 Considerações sobre as principais enzimas utilizadas na nutrição de aves**

As enzimas são classificadas de acordo com o substrato sobre o qual atuam, portanto, o termo amilase indica a ação sobre o amido (HARGER, 1982), as proteases, genericamente, atuam sobre as proteínas, a fitase, no ácido fítico ou fitato e a xilanase sobre os polissacarídeos não amiláceos.

O principal efeito da adição de enzimas nas dietas de aves diz respeito à melhoria da digestibilidade e disponibilidade dos nutrientes, com o consequente incremento no desempenho dos animais (FORTES *et al.*, 2012).

No contexto do metabolismo, as fitases ou hexafosfato de mio-Inositol fosfohidrolases são enzimas, amplamente, encontradas nos microrganismos, plantas e certos tecidos animais, sendo as fontes microbianas as mais adequadas para sua produção em escala comercial (VATS; BANERJEE, 2004). Assim, a fitase catalisa a reação de desfosforilação do ácido fítico em ésteres de fosfato de mio-inositol menores, disponibilizando o fosforo e outros minerais (LEI; PORRES, 2003). A atividade dessa enzima é, normalmente, expressa em unidades de atividade de fitase (FTU), sendo que 1 FTU representa a quantidade de fosforo liberado ( $\mu\text{mol}$ ), durante um minuto de reação em uma solução de fitato de sódio 5,1 mmol/L, em pH 5,5 e temperatura de 37°C (ENGELLEN *et al.*, 1994).

Com relação aos carboidratos, entre as diversas enzimas, em função do substrato, se destacam: amilase, maltase, lactase, beta-glucanase, hemicelulase e pectinase. O grupo de enzima amilase se encontra vinculado à digestão de alimentos ricos em amido, auxiliando na quebra do amido, transformando-o em maltose e glicose, enquanto alfa-galactosidase participa da quebra de carboidratos simples e complexos, tanto oligossacarídeos como polissacarídeos, disponibilizando energia para os animais. Ainda, com essa perspectiva, Minafra *et al.* (2010) ressaltam que estudos, envolvendo componentes séricos como cálcio, proteínas plasmáticas e fosfatase alcalina são beneficiados pela incorporação da enzima alfa-amilase na primeira semana de vida de frangos de corte.

O amido é encontrado, principalmente, em sementes de cereais como milho, cevada, trigo e arroz e em tubérculos ou raízes como batata e mandioca (MORAES, 2004). Ressalta-se que nesse grupo, a amilose é caracterizada como um polímero linear constituído por cerca de 6.000 resíduos de glicose unidos por ligações glicosídicas do tipo  $\alpha$ -1,4, enquanto que a amilopectina consiste de pequenas cadeias laterais de 15 a 45 resíduos unidos por ligações do tipo  $\alpha$ -1,6 (BULÉON *et al.*, 1998). Em dietas para frangos de corte, a amilase exógena complementa, quantitativamente, as enzimas endógenas para as aves (FISCHER *et al.*, 2002).

Segundo Cuesta *et al.* (2015), também, tratando sobre carboidrases, destacam os autores que a maltase, produzida no intestino delgado, é responsável pela quebra da maltose em glicose. Já, as beta-glucanases decompõem os beta-glucanos, polissacarídeos, comumente, associados a alimentos como aveia e a levedura nutricional. A hemicelulase, por sua vez, atua na hidrólise dos polissacarídeos presentes na parede celular dos alimentos de origem vegetal, incluindo cereais e grãos, melhorando a biodisponibilidade dos nutrientes ingeridos. Os autores relatam, ainda que a fração solúvel das fibras degradadas pela hemicelulase tem potencial prebiótico, podendo contribuir com a composição da microbiota intestinal. Neste contexto, a pectinase, enzima que digere a pectina, quando está associada à celulase e hemicelulase, pode aumentar o valor nutricional e potencial prebiótico dos alimentos de origem vegetal, tendo como consequência incremento na absorção dos nutrientes consumidos da dieta (CUESTA *et al.*, 2015).

Assim, se torna relevante destacar que as fibras são encontradas na parede celular dos vegetais e fornecem o suporte físico necessário para o crescimento das plantas (MERTENS, 1997). Constituem parte significativa de todos os ingredientes de origem vegetal que compõem as rações e variam quanto à quantidade e estrutura nos diferentes materiais (HETLAND; CHOCT; SVIHUS, 2004). A fibra dietética inclui, teoricamente, componentes que não são digeríveis, sobretudo para animais não ruminantes. Apesar de não atender exigências nutritivas de forma direta, a fibra se constitui em elemento importante para estimular os movimentos peristálticos do intestino (DAMORADAN, 2010).

Segundo Warpechowski *et al.* (2006), a fibra pode ser definida de duas formas: uma química que considera a fibra como uma soma de polissacarídeos não amiláceos e lignina constituída das frações: celulose, hemicelulose, lignina e polissacarídeos não amiláceos solúveis como as arabinoxilanas e beta-glucanas, além das pectinas, e uma

parte fisiológica, que considera todos os componentes da dieta resistentes à degradação por enzimas endógenas dos animais, podendo incluir os oligossacarídeos.

Já, Bach Knudsen (2001) define a fibra como a mistura complexa de polímeros de carboidratos, polissacarídeos não amiláceos e oligossacarídeos, associados com outros componentes que são resistentes à digestão enzimática no trato gastrintestinal de humanos e animais e, como resultado, chegam intactos até o cólon, servindo como substrato para fermentação bacteriana (VAN SOEST; ROBERTSON; LEWIS, 1991). Também, participa desse grupo qualquer polissacarídeo amiláceo ou não, que alcança o intestino grosso sem sofrer digestão no intestino delgado, incluindo amido resistente e polissacarídeos não amiláceos (PNAs) (MONTAGNE; PLUSKE; HAMPSON, 2003).

As rações para frangos de corte produzidas no Brasil são constituídas de alimentos de origem vegetal, principalmente, milho e farelo de soja. A utilização dos nutrientes do milho e da soja pelas aves é considerada alta, mas nem todo conteúdo dos nutrientes desses ingredientes é aproveitado em sua totalidade. Esses alimentos podem apresentar em sua composição substâncias antinutricionais como, por exemplo, os polissacarídeos não amiláceos - PNAs (CARDOSO, 2011). Também, em relação aos PNAs, Tavernari *et al.* (2008) relataram que o milho e o farelo de soja, apresentam, respectivamente, cerca de 8 e 30%. Além disso, outros fatores antinutricionais como inibidores de proteases e lectinas podem estar presentes no farelo de soja e não serem degradados pelo sistema digestório das aves (CAMPESTRINI, 2005).

Ainda sobre os polissacarídeos, Moreira *et al.* (2009) relataram que eles são polímeros de monossacarídeos ou açúcares simples unidos por uma ligação específica chamada ligação glicosídica, formada por um grupo hemiacetal de um açúcar e o grupo hidroxila do outro, sendo classificados por suas propriedades físico-químicas e estruturais. Para Brito *et al.* (2008), os PNAs compreendem amplas classes de polissacarídeos como celulose, hemicelulose, quitina e pectinas que estão presentes na parede celular de alimentos de origem vegetal e que quando incluídos nas dietas modificam a metabolizabilidade de nutrientes, o tempo de permanência e a viscosidade no trato digestório dos animais.

Esses polissacarídeos e os outros componentes das dietas podem ser digeridos com mais eficiência com a inclusão de enzimas exógenas nas rações, tendo interferência no incremento da metabolizabilidade dos nutrientes (FORTES *et al.*, 2012), diminuição da viscosidade da digesta (GRAHAM, 1996) e da presença de nutrientes nas excretas

(COSTA *et al.*, 2004), resultando em melhorias na qualidade do meio ambiente (LIMA *et al.*, 2007).

Às proteases, também, conhecidas como peptidases, configuram o grupo mais importante de enzimas, pela capacidade de degradar ligações peptídicas. Essas enzimas desempenham papel importante em diversos processos metabólicos em todos os organismos vivos. Proteases especializadas para quebra de ligações de N ou C terminais dos polipeptídios são consideradas exopeptidases, enquanto que as que possuem preferência pela quebra de ligações internas à cadeia polipeptídica são classificadas como endopeptidases (HSIAO *et al.*, 2014).

Também, é relevante o papel desempenhado pelas lipases no contexto da nutrição de aves, representando enzimas que pertencem ao grupo das serina hidrolases, triacilglicerol éster hidrolases, tendo os triglicerídeos como substratos naturais e modo de ação semelhante ao das estereases (BON; FERRARA, 2008). Ainda, segundo estes autores, as lipases são biocatalisadores, que atuam na interface orgânico-aquosa, liberando ácidos e álcoois orgânicos, apresentando maior afinidade por ácidos graxos de cadeia longa. De acordo com Sun; Xu e Wang (2009), as lipases apresentam níveis consideráveis de atividade e estabilidade em ambientes não-aquosos, propriedade que facilita a catálise de muitas reações, tais como esterificação, transesterificação, acidose, alcoólise e aminólise.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL-ABPA. **Relatório anual 2023**. 2023. Disponível:< <http://abpa-br.com.br>>. Acesso: 15 maio 2023.

BACH KNUDSEN, K E. The nutritional significance of “dietary fibre” analyses. **Animal Feed Science and Technology**, v. 90, n. 2, p. 3-20, 2001.

BARBOSA, F. J. V.; NASCIMENTO, M. do P. S. B. do; DINIZ, F. M.; NASCIMENTO, H. T. S. do; ARAÚJO NETO, R. B. Sistema alternativo de criação de galinha caipira. In: **Estratégias de desenvolvimento rural e alternativas tecnológicas para a agricultura familiar na Região Meio-Norte**, p. 68, 2007.

BENINCASA, P.; FALCINELLI, B.; LUTTS, S.; STAGNARI, F.; GALIENI, A. Sprouted grains: a comprehensive review. **Nutrients**. v. 11, n. 2, p. 421, 2019.

BERWAL, M. K.; GOYAL, P.; CHUGH, L. K. Exploitation of pearl millet germplasm for identification of low grain phytate containing parental lines. **Journal of Agriculture and Ecology**, v.6, p. 39-46, 2018.

BON, E. P. S.; FERRARA, M. A. **Enzimas em biotecnologia: produção, aplicação e mercado**. Rio de Janeiro: ed. Interciência, 2008.

BRITO, M. S.; OLIVEIRA, C. F. S.; SILVA, T. R. G.; LIMA, R. B.; MORAIS, S. N.; SILVA, J. H. V. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos - revisão. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 2, n. 4, p. 111-117, 2008.

BRUM JÚNIOR, B. S.; ZANELLA, TOLEDO, G. S. P.; XAVIER, E. G.A.; VIEIRA, T. A.; GONÇALVES, E. C.; BRUM, H.; OLIVEIRA, J.S. Dietas para frangos de corte contendo quirera de arroz. **Ciência Rural**, v. 37, n. 5, p. 1423-1429, 2007.

BULÉON, A.; COLONNA, P.; PLANCHOT, V.; BALL S. Starch granules: structure and biosynthesis. **International journal of Biological Macromolecules**, v. 23, p. 85-112, 1998.

CAMPESTRINI, E.; SILVA, V. T. M.; APPELT, M. D. Utilização de enzimas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 2, n. 6, p. 259- 272, 2005.

CANCHERINI, L. C.; DUARTE, K. F.; JUNQUEIRA, O. M.; FILARDI, R. S.; LAURENTIZ, A. C.; ARAÚJO, L. F. Desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte alimentados com dietas contendo subprodutos do arroz formuladas com base nos conceitos de proteína bruta e ideal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 4, p. 616-623, 2008.

CARDOSO, D. M.; MACIEL, M. P.; PASSOS, D. P.; SILVA, F. V.; REIS, S. T.; AIURA, F. S. Efeito do uso de complexo enzimático em rações para frangos de corte. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, n. 232, p. 1053-1064, 2011.

CHERYAN, M.; RACKIS, J. J. Interações de ácido fítico em sistemas alimentares, **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 13, n. 4, p. 297-335, 1980.

COBAN, H. B.; DEMIRCI, A. Screening of phytase producers and optimization of culture conditions for submerged fermentation. **Bioprocess and Biosystems Engineering**, v. 37, p. 609-616, 2014.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira. **Boletim da Safra de Grãos**, Brasília DF, v. 7, n. 6, p. 1-89, 2021.

COSTA, F. G. P.; CLEMENTINO, R. H.; JÁCOME, I. M. T. D.; NASCIMENTO, G. A. J.; PEREIRA, W. E. Utilização de um complexo multienzimático em dietas de frangos de corte. **Ciência Animal Brasileira**, v. 5, n. 2, p. 63-71, 2004.

CUESTA, S. M.; RAHMAN, S. A.; FURNHAM, N.; THORNTON, J. M. The Classification and Evolution of Enzyme Function. **Biophysical Journal**, v. 109, n. 6, p.1082-1086, 2015.

DAMORADAN, S. **Química dos alimentos**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DILELIS, F.; GOMES, A. V. C.; LIMA, C. A. R.; CORRÊA, D. C. B.; REIS, T. L. Metabolizable energy of rice bran, cottonseed meal and wheat bran for slow-growing broilers at two ages. **Ciência Animal Brasileira**, v. 20, 1-10, 2019.

- DOMÍNGUEZ, B. M.; GÓMEZ, M. V. I.; LEÓN, F. R. Ácido fóico: aspectos nutricionales e implicaciones analíticas. **Archivos Latinamericanos de Nutricion**, Organo Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición, v. 52, n 3, 2002.
- DOURADO, L. R. B.; BARBOSA, N. A. R.; SAKOMURA, N. K. Enzimas na nutrição de monogástricos. In: SAKOMURA, N. K; SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de Não Ruminantes**. 1 ed. Jaboticabal, Funep, 2014.
- DUONG, Q. H.; LAPSLEY, K. G.; PEGG, R. B. Inositol phosphates: health implications, methods of analysis, and occurrence in plants foods. **Journal of Food Bioactives**, v. 1, p. 41-45, 2018.
- ENGELN, A. J.; VAN DER HEEFT, F. C.; RANDSDORP, P. H.; SMIT, E. L. Simple and rapid determination of phytase activity. **Journal of AOAC International**, v. 77, n. 3, p. 760-764, 1994.
- FEDDERN, V.; BADIÁLE-FURLONG, E.; SOUZA-SOARES, L. A. Efeitos da fermentação nas propriedades físico-químicas e nutricionais do farelo de arroz. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 27, p. 800-804, 2007.
- FISCHER, G.; MAIER, J. C.; RUTZ, F.; BERMUDEZ, V. L. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas a base de milho e farelo de soja, com ou sem adição de enzimas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 402-410, 2002.
- FORTES, B. D. A.; CAFÉ, M. B.; STRINGHIN, J. H.; BRITO, J. Á. G.; REZENDE, P. L. P.; SILVA, R. D. Avaliação de programas nutricionais com a utilização de carboidrases e fitase em rações de frangos de corte. **Ciência Animal Brasileira**, v. 13, n. 1, p. 24 - 32, 2012.
- GENEROSO, R. A. R. GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. R. T.; BARRETO, S. L.T.; BRUMANO, G. Composição química e energética de alguns alimentos para frangos de corte em duas idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 7, p. 1251-1256, 2008.
- GOMES, T.R.; CARVALHO, L. E. DE; FREITAS, E. R.; NEPOMUCENO, R. C.; ELLERY, E. A. C.; MOREIRA, R. H. R. Farelo de arroz integral em rações para leitões de 43 a 67 dias de idade. **Ciência Animal Brasileira**, v. 13, n. 2, p. 189-196, 2012.
- GRAHAM, H. Mode de action of feed enzymes in diets based on low viscous and viscous grains. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES, 1996, Campinas. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 1996. p. 60-69.
- HARGER, C.; SPRADA, D.; HIRATSUKA, E. Amilase fúngica. In: **Bioquímica das fermentações**. [S.l.]: [s.n.], 1982. 56 p.
- HETLAND H, CHOCT M, SVIHUS B. Role of insoluble non-starch polysaccharides in poultry nutrition. **World's Poultry Science Journal**, v. 60, n.4, p. 415-422, 2004.
- HIDAYAT, C.; WINA, E.; SOPIYANA, S. Beneficial of Bioactive Compound of Rice Bran for Chicken's Functional Feed. **CARTAZOA**, v. 31, n. 2, p. 75-84, 2021.

- HSIAO, N. W.; CHEN, Y.; KUAN, Y.; LEE, Y.; LEE, S.; CHAN, H.; KAO, C. Purification and characterization of an aspartic protease from the *Rhizopus Oryzae* protease extract, peptidase **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 17, n. 2, p. 89–94, 2014.
- HUSSAIN, S. M.; AHMAD, N.; SHAHZAD, M. M.; JAVID, A.; ASLAM, N.; HUSSAIN, M.; ARSALAN, M. Z. H.; RIAZ, D. Efficacy of phytase enzyme and citric acid on growth performance, nutrients and mineral digestibility of *Cirrhinus mrigala* fingerlings fed guar meal-based diet. **Iranian Journal of Fisheries Sciences**, v. 19, n. 3, p. 1573-1588. 2017.
- JUNQUEIRA, O. M.; DUARTE, K. F.; CANCHERINI, L; C.; ARAÚJO, L. F.; OLIVEIRA, M. C.; GARCIA, E.A. Composição química, valores de energia metabolizável e aminoácidos digestíveis de subprodutos do arroz para frangos de corte. **Ciência Rural**, v. 39, n. 8, p. 2497 – 2503, 2009.
- LEI, X. G.; PORRES, J. M. Phytase enzymology, applications, and biotechnology. **Biotechnology Letters**, v. 25, n. 21, p. 1787-1794, 2003.
- LIMA, M. R.; SILVA, J. H. V.; ARAÚJO, J. A.; LIMA, C. B.; OLIVEIRA, E. R. A. Enzimas exógenas na alimentação de aves. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 1, n. 4, p. 99-110, 2007.
- MERTENS D. R. Creating a system for meeting the fiber requirement of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1463-1481, 1997.
- MINAFRA, C. S.; MARQUES, S. F. F.; STRINGHINI, J. H.; ULHOA, C. J.; REZENDE, C. S. M.; SANTOS, J. S.; MORAES, G. H. K. Perfil bioquímico do soro de frangos de corte alimentados com dieta suplementada com alfa-amilase de *Cryptococcus flavus e Aspergillus niger* HM2003. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 12, p. 2691-2696, 2010.
- MONTAGNE, L.; PLUSKE, J.; HAMPSON, D.L. Uma revisão das interações entre a fibra dietética e a mucosa intestinal e suas consequências na saúde digestiva em animais jovens não ruminantes. **Ciência e Tecnologia da Alimentação Animal**, v. 108, p. 1-4, 2003.
- MORAES, L. M. P. Amilases. In: SAID, S.; PIETRO, R. **Enzimas como agentes biotecnológicos**. Ribeirão Preto: Legis Summa, 2004.
- MOREIRA, I.; MOURINHO, F. L.; CARVALHO, P. L.O.; PAIANO, D.; PIANO, L. M.; KURODA JUNIOR, I. S. Avaliação nutricional da casca de soja com ou sem complexo enzimático na alimentação de leitões na fase inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 12, p. 2408-2416, 2009.
- PARRADO, J.; MIRAMONTES, E.; JOVER, M.; GUTIERREZ, J. F.; TERAÑ, L. C.; BAUTISTA, J. Preparation of a rice bran enzymatic extract with potential use as functional food. **Food Chemistry**, v. 98, p. 742-748, 2006.
- RODRIGUES, W. O. P.; GARCIA, R. F.; NAAS, I. A.; ROSA, C. O.; CALDARELLI, C. E. Cadeia Produtiva do Frango de Corte no Estado de Mato Grosso Do Sul: uma

Análise de conduta de Mercado. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 17, n. 1, p. 137-147, 2015.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F.T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M. L.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**. Composição de alimentos e exigências nutricionais. 4. ed. Viçosa, MG – Departamento de Zootecnia, UFV, 2017. 488 p.

SATO, V. S.; JORGE, J. A.; GUIMARÃES, L. H. S. Characterization of a thermotolerant phytase produced by *Rhizopus microsporus* var. *microsporus* biofilm on an inert support using sugarcane bagasse as carbon source. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 179, p. 610–624, 2016.

SHARIF MK; SADIQ M.S.; ANJUM, F.M.; KHAN, S. H.. Rice Bran: A Novel Functional Ingredient. **Critical Reviews Food Science Nutrition** v. 54, p. 807-816, 2014.

SREEDEVI, S.; REDDY, B. N. Isolation, screening and optimization of phytase production from newly isolated *Bacillus* Sp.C43. **Internation Journal of Pharmacy Biological Science**, v. 2, n. 2, p. 218-231, 2012.

SUN, S. Y.; XU, Y.; WANG, D. Novel minor lipase from *Rhizopus chinensis* during solidstate ermentation: Biochemical characterization and its esterification potential for ester synthesis, **Bioresource Technology**, v. 100, p. 2607-2612, 2009.

TAVERNARI, F. C.; CARVALHO, T. A.; ASSIS, A. P.; LIMA, H. J. A. Polissacarídeo não amiláceo solúvel na dieta de suínos e aves. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 5, n. 5, p. 673-689, 2008.

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 Dairy Science**; v. 74, p. 3583-3597, 1991.

VASUDEVAN, U. M.; JAISWAL, A. K.; KRISHNA, S.; PANDEY, A. Thermostable phytase in feed and fuel industries. **Bioresource Technology**, v. 278, p. 400-407, 2019.

VATS, P.; BANERJEE, U. C. Production studies and catalytic properties of phytases (myo-inositolhexakisphosphate phosphohydrolases): an overview. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 35, n. 1, p. 3-14, 2004.

WARPECHOWSKI, M. B.; KESSLER, A. M.; POPHAL, S.; EBERT, A. R.; RIBEIRO A. M. L. Digestibilidade ileal verdadeira da proteína em frangos de corte sob dietas com diferentes níveis de proteína bruta. **Acta Scientiarum Animal Science**, v. 28, p. 281-287, 2006.

**ARTIGO 1**

**FARELO DE ARROZ INTEGRAL ASSOCIADO A COMPLEXO ENZIMÁTICO  
PARA FRANGOS DE CORTE SOBRE DESEMPENHO E PARÂMETROS  
ÓSSEOS<sup>1</sup>**

J.D.M. Ferreira<sup>1</sup>; J.B. Lopes<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Autor para correspondência: jefferson\_douglas\_1@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Campus Universitário,  
Socopo, CEP: 64049-550, Teresina, PI – Brasil

Artigo para publicação será encaminhado à Revista Brasileira de Zootecnia.

## **Farelo de arroz integral associado a complexo enzimático para frangos de corte sobre desempenho e parâmetros ósseos**

Jefferson Douglas Martins Ferreira<sup>1</sup>; João Batista Lopes<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia Tropical, Universidade Federal do Piauí, Teresina-Piauí-Brasil.

<sup>2</sup> Professor do Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Piauí, Teresina-Piauí- Brasil.

**Resumo:** A pesquisa foi desenvolvida para avaliar o efeito do farelo de arroz integral e complexo enzimático em dietas para frangos de corte sobre o desempenho e rendimento de carcaça, principais cortes e órgãos metabolicamente ativos, bem como parâmetros ósseos e pH da cama de frangos de corte, no período de 1 a 35 dias. As aves foram distribuídas em delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3 x 2, com três níveis de substituição de farelo de arroz integral nas rações (0; 7,5 e 15%), suplementadas ou não com complexo enzimático, totalizando seis tratamentos e seis repetições de 11 aves por unidade experimental. O complexo enzimático nas dietas experimentais continha protease, xilanase e fitase. O farelo de arroz integral pode ser incluído em dietas de frangos de corte até 15%, no período de 1 a 35 dias de idade, caracterizado pela melhoria na conversão alimentar. O complexo enzimático não influencia os parâmetros de desempenho em dietas de frangos de corte, nem os parâmetros relacionados ao rendimento da carcaça e dos principais cortes, nem na qualidade da cama e dos parâmetros ósseos, exceto para peso relativo do fígado, que reduz o peso.

**Palavras-chave:** alimento alternativo, rendimento de carcaça, fitase, protease.

### **Integral rice bran associated with enzyme complex for broilers on performance, bone parameters and bedding quality**

**Abstract:** The research was developed to evaluate the effect of integral rice bran and enzyme complex in broiler diets on performance and carcass yield, main cuts and metabolically active organs, as well as bone parameters and litter pH of broilers, in the period from 1 to 35 days. The birds were distributed in a randomized block design, in a 3 x 2 factorial scheme, with three levels of replacement of bintegral rice bran in the diets (0, 7.5 and 15%), supplemented or not with enzyme complex, totaling six treatments and six replicates of 11 birds per experimental unit. The enzyme complex in the experimental diets contained protease, xylanase and phytase. Integral rice bran can be included in broiler diets up to 15% in the period from 1 to 35 days of age, characterized by improved feed conversion. The enzyme complex does not influence performance parameters in broiler diets, nor the parameters related to carcass yield and main cuts, nor in litter quality and bone parameters, except for relative liver weight, which reduces.

**Keywords:** alternative food, carcass yield, phytase, protease.

## Introdução

O arroz, ingrediente com elevado teor energético, gera no processo de beneficiamento do grão vários coprodutos com grande aplicação, principalmente, na alimentação animal (LYU *et al.*, 2018). Neste sentido, o farelo de arroz é um coproduto do processamento deste ingrediente constituído pela camada germinativa entre o arroz polido e a casca (ESA *et al.*, 2013), se caracterizando como fonte potencial de energia e de nutrientes em dietas para frangos de corte (ZHANG *et al.*, 2021).

Em contrapartida, o farelo de arroz é detentor de fatores antinutricionais, como o ácido fítico, cuja molécula tem capacidade de quelar outros minerais e formar compostos complexos estáveis com diversos cátions multivalentes e/ou proteínas, que podem ser insolúveis ou indisponíveis sob condições fisiológicas (CHERYAN; RACKIS, 1980).

Destaca-se também, o elevado teor de fibra bruta do farelo de arroz integral, que pode variar quanto à quantidade e estrutura dependendo da forma como foi produzido (HETLAND; CHOCT; SVIHUS, 2004). As fibras, apesar de não serem exigidas de forma direta nas rações de animais não ruminantes, são importantes para estimular os movimentos peristálticos do intestino (DAMORADAN, 2010).

Neste contexto, a utilização de enzimas exógenas pode amenizar os impactos desses fatores antinutricionais, em específico, a fitase sobre os fitatos e a xilanase sobre os polissacarídeos não amiláceos. Com esta perspectiva, pesquisas sugerem que estas enzimas quando combinadas apresentam ação aditiva e potencializam seus efeitos nos substratos específicos (SCHRAMM *et al.*, 2017).

A ação da fitase sobre a disponibilidade de fósforo e de outros minerais para frangos de corte apresenta bons resultados, refletindo no desempenho das aves, melhorando a mineralização e resistência óssea, além de reduzir o impacto ambiental pela melhor metabolizabilidade do fósforo e cálcio (PARRA-MARTÍN *et al.*, 2015).

Com relação ao uso de protease, tem-se como principal propósito incrementar a digestibilidade da proteína e melhorar a utilização do nitrogênio, pois a suplementação enzimática visa diminuir a inclusão da proteína da dieta sem por outro lado, afetar o desempenho das aves (LEE *et al.*, 2017).

Assim, objetivou-se avaliar a inclusão de farelo de arroz suplementada com complexo enzimático para frangos de corte, na fase de 1 a 35 dias, sobre o desempenho, rendimento de carcaça, dos principais cortes e de órgãos metabolicamente ativos, e os parâmetros ósseos.

## Material e Métodos

O experimento foi executado no Galpão de Desempenho do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia (DZO) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Piauí (UFPI), em Teresina, Piauí, enquanto as análises laboratoriais, no Laboratório de Nutrição Animal do DZO/CCA/UFPI.

Inicialmente, o projeto de pesquisa foi submetido e aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Piauí, sob o número 573/2019.

Para a instalação do experimento, foram selecionados no primeiro dia de vida, 396 pintos machos da linhagem Ross, vacinados no incubatório contra as doenças de Marek, Gumboro e Newcastle, os quais foram distribuídos em boxes de alvenaria no Setor de Avicultura. Para a formação das unidades experimentais, os pintos foram pesados, individualmente, e distribuídos de forma que todas as parcelas apresentassem peso médio semelhante.

A distribuição das aves foi em delineamento de blocos ao acaso, em função da disposição dos galpões, em esquema fatorial 3 x 2, sendo três níveis de inclusão de farelo de arroz integral nas rações (0; 7,5 e 15%), suplementadas ou não com complexo enzimático, totalizando seis tratamentos e seis repetições. A unidade experimental foi representada por 11 aves/boxe, utilizando-se 36 boxes, cada um com área de 2,70 m<sup>2</sup>, distribuídos em dois galpões de alvenaria, cobertos com telhas cerâmicas e piso cimentado. As divisórias entre os boxes eram de tela de arame liso.

As rações experimentais (Tabelas 1 e 2) foram isonutritivas e formuladas à base de milho e farelo de soja, para atender as exigências nutricionais, de acordo com a fase da criação (ROSTAGNO *et al.*, 2017). Os tratamentos foram constituídos da seguinte forma: T1 – ração controle (0% de farelo de arroz integral) sem complexo enzimático; T2 – ração controle (0% de farelo de arroz integral) com complexo enzimático; T3 – ração com 7,5% de farelo de arroz integral sem complexo enzimático; T4 – ração com 7,5% de farelo de arroz integral com complexo enzimático; T5 – ração com 15% de farelo de arroz integral sem complexo enzimático; T6 – ração com 15% de farelo de arroz integral com complexo enzimático.

O complexo enzimático continha protease (6.250,00 U/g), xilanase (540,00 U/g) e fitase (1.000,00 U/g), cuja adição foi feita substituindo parte do material inerte da ração (caulim), de acordo com as recomendações do fabricante. A incorporação do complexo enzimático as dietas, foi por meio da forma “over the top”, sem redução dos níveis nutricionais da dieta.

Tabela 1 - Composição percentual e valor nutricional das dietas experimentais para frangos de corte na fase pré-inicial e inicial (1 a 7 e 8 a 21)

Ingredientes (%)	1 a 7 dias			8 a 21 dias		
	0%FAI <sup>3</sup>	7,5%FAI	15%FAI	0%FAI	7,5%FAI	15%FAI
Milho (7,86% PB)	62,295	54,731	47,167	64,480	56,916	49,352
Farelo de soja (48%PB)	30,368	29,606	28,843	27,774	27,011	26,249
Óleo de soja	1,292	2,186	3,081	1,964	2,859	3,754
Fosfato bicálcico	1,923	1,815	1,707	1,710	1,602	1,494
Suplemento vitamínico mineral <sup>1</sup>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Calcário calcítico	0,977	1,035	1,092	0,895	0,952	1,009
L-Lisina- HCL	0,477	0,476	0,476	0,5189	0,513	0,508
Sal comum	0,536	0,531	0,525	0,495	0,494	0,494
DL- Metionina	0,423	0,426	0,429	0,410	0,412	0,415
L-Treonina	0,187	0,195	0,202	0,278	0,257	0,236
L-Arginina	0,251	0,230	0,209	0,214	0,213	0,211
L-Valina	0,209	0,207	0,205	0,189	0,196	0,204
L-Triptofano	0,013	0,014	0,015	0,018	0,019	0,020
Inerte <sup>2, 4</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Farelo de arroz integral	0,000	7,500	15,000	0,000	7,500	15,000
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
Proteína bruta (%)	21,000	21,000	21,000	20,000	20,000	20,000
EM (kcal/kg)	2.975	2.975	2.975	3.0500	3.0500	3.050
Arginina digestível (%)	1,398	1,398	1,398	1,344	1,344	1,344
Lisina digestível (%)	1,307	1,307	1,307	1,256	1,256	1,256
Metionina digestível (%)	0,692	0,694	0,697	0,666	0,669	0,671
Met. + cistina digestível (%)	0,967	0,967	0,967	0,929	0,929	0,929
Treonina digestível (%)	0,863	0,863	0,863	0,829	0,829	0,829
Triptofano digestível (%)	0,235	0,235	0,235	0,226	0,226	0,226
Valina digestível (%)	1,006	1,006	1,006	0,967	0,967	0,967
Cálcio (%)	0,971	0,971	0,971	0,878	0,878	0,878
Cloro (%)	0,391	0,386	0,380	0,381	0,376	0,371
Fósforo disponível (%)	0,463	0,463	0,463	0,419	0,419	0,419
Gordura (%)	4,216	5,870	7,524	4,921	6,575	8,229
Sódio (%)	0,225	0,225	0,225	0,218	0,218	0,218
Ácido linoleico (%)	2,103	2,660	3,216	2,478	3,035	3,591
Potássio (%)	0,840	0,906	0,971	0,792	0,857	0,923

<sup>1</sup>Níveis de garantia por kg do produto: metionina (min) 190g/kg; ferro (min) 3.500,00 mg/kg; cobre (min) 8.000,00mg/kg; manganês (min) 7.200mg/kg; zinco (min) 5.000mg/kg; iodo (min) 140mg/kg; selênio (min) 25mg/kg; vitamina A (min) 700.000UI/kg; vitamina D3 (min) 250.000UI/kg; vitamina E (min) 1.500UI/kg; vitamina K3 (min) 100mg/kg; vitamina B1 (min) 100mg/kg; vitamina B2 (min) 550mg/kg; vitamina B6 (min) 180mg/kg; vitamina B12 (min) 1.400mcg/kg; niacina (min) 3.500mg/kg; pantotenato de cálcio (min) 1.000mg/kg; ácido fólico (min) 55mg/kg; biotina (min) 5mg/kg; cloreto de colina (min) 32g/kg; nicarbazina 12.5g/kg; virgiamicina (min) 1.650mg/kg. <sup>2</sup>Complexo enzimático – contém: Protease 6.250,00 U/g, Fitase 1.000,00 U/g, Xilanase 540,00 U/g, Vitamina A 2.000,00 UI/kg, Vitamina D3 600,00 UI/kg, Vitamina E 15,00 UI/kg. Recomendação segundo o fabricante: 500g/tonelada. <sup>3</sup>FAI = Farelo de arroz integral. <sup>4</sup>As rações dos tratamentos T2, T4 e T6, na fase pré-inicial e inicial receberam a adição de complexo enzimático através da substituição do material inerte, 50g de complexo enzimático para cada 100 kg de ração.

Tabela 2 - Composição percentual e conteúdo nutricional das dietas experimentais para frangos de corte de 22 a 35 dias de idade, em função dos níveis de inclusão do farelo de arroz integral associado a complexo enzimático

Ingredientes (%)	22 a 35 dias		
	0%FAI <sup>3</sup>	7,5%FAI	15%FAI
Milho (7,86% PB)	62,440	54,978	47,516
Farelo de soja (48%PB)	28,431	27,582	26,734
Óleo de soja	3,963	4,835	5,707
Fosfato bicálcico	1,506	1,397	1,288
Suplemento vitamínico mineral <sup>1</sup>	1,000	1,000	1,000
Calcário calcítico	0,806	0,864	0,923
L-Lisina- HCL	0,429	0,429	0,430
Sal comum	0,494	0,489	0,483
DL- Metionina	0,371	0,374	0,377
L-Treonina	0,163	0,171	0,179
L-Arginina	0,172	0,156	0,139
L-Valina	0,163	0,162	0,161
L-Triptofano	0,013	0,014	0,015
Inerte <sup>2, 4</sup>	0,050	0,050	0,050
Farelo de arroz integral	0,000	7,500	15,000
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
Proteína bruta (%)	19,000	19,000	19,000
EM (kcal/kg)	3.150	3.150	3.150
Arginina digestível (%)	1,257	1,257	1,257
Lisina digestível (%)	1,175	1,175	1,175
Metionina digestível (%)	0,620	0,623	0,626
Met. + cistina digestível (%)	0,870	0,870	0,626
Treonina digestível (%)	0,776	0,776	0,776
Triptofano digestível (%)	0,212	0,212	0,212
Valina digestível (%)	0,620	0,623	0,626
Cálcio (%)	0,792	0,792	0,792
Cloro (%)	0,365	0,360	0,355
Fósforo disponível (%)	0,370	0,370	0,370
Sódio (%)	0,208	0,208	0,208
Ácido linoleico (%)	3,468	4,014	4,561

<sup>1</sup> Nível de garantia por 1 kg do produto, recomendado para 100 kg de ração: Metionina 159,5 g/kg, Ferro 3.000mg/kg, Cobre 6.600mg/kg, Manganês 5.000mg/kg, Zinco 4.500mg/kg, Iodo 100mg/kg, Selênio 20mg/kg, Vitamina A 700.000UI/kg, Vitamina D<sub>3</sub> 200.000UI/kg, Vitamina E 1.000UI/kg, Vitamina K<sub>3</sub> 80mg/kg, Vitamina B<sub>1</sub> 1.200mcg/kg, Niacina 3.500mg/kg, Pantotenato de Cálcio 800mg/kg, Ácido Fólico 50mg/kg, Biotina 4,5mg/kg, Cloreto de Colina 30mg/kg, Salinomicina Sódica 6.600mg/kg, Virginiamicina 1.500mg/kg. <sup>2</sup> Complexo enzimático – contém: Protease 6.250,00 U/g, Fitase 1.000,00 U/g, Xilanase 540,00 U/g, Vitamina A 2.000,00 UI/kg, Vitamina D<sub>3</sub> 600,00 UI/kg, Vitamina E 15,00 UI/kg. Recomendação segundo o fabricante: 500g/tonelada. <sup>3</sup>FAI = Farelo de arroz integral; EM = Energia metabolizável. <sup>4</sup>As rações dos tratamentos T2, T4 e T6, na fase de crescimento receberam a adição de complexo enzimático através da substituição do material inerte, 50g de complexo enzimático para cada 100 kg de ração.

O fornecimento de água e ração foi à vontade durante todo o período experimental. Durante este período, as aves foram submetidas a um programa contínuo de iluminação (24 horas de luz natural+artificial), com utilização de lâmpadas

fluorescentes de 60 watts, sendo o manejo dos animais similar ao recomendado pelo manual de criação da linhagem Ross e a cama nos boxes era de casca de arroz, com espessura aproximada de 5 cm.

O monitoramento das temperaturas de globo negro, de bulbo úmido, de bulbo seco e umidade relativa do ar foram aferidas diariamente às 8 e 16 horas. As temperaturas máximas e mínimas foram registradas, diariamente, no período da manhã, zerando-se o termômetro em seguida. Estes dados foram convertidos em Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), conforme preconizado por Buffington *et al.* (1981), segundo a seguinte fórmula:  $ITGU = 0,72 (T_{bu} + T_{gn}) + 40,6$ ; em que:  $T_{bu}$  = Temperatura de bulbo úmido em °C;  $T_{gn}$  = Temperatura de globo negro em °C.

Foram avaliadas as variáveis de desempenho (ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, viabilidade de criação e índice de eficiência produtiva) na fase de 1 a 35 dias de idade.

O consumo da ração foi calculado por diferença entre a quantidade de ração fornecida e as sobras das rações, considerando a correção do consumo pela mortalidade (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016). Para determinação do ganho de peso, as aves foram pesadas no início e no final da fase experimental. Considerando os dados de consumo de ração e ganho de peso, foi estimada a conversão alimentar dos animais para o período de 1 a 35 dias de idade.

O índice de viabilidade criatória (VC) foi calculado pela subtração de 100 pelo valor encontrado da mortalidade (%), enquanto que o índice de eficiência produtiva (IEP), foi calculado pela fórmula  $IEP = ((GP \times VC) / (\text{dias até o final do experimento} \times \text{Conversão Alimentar})) \times 100$ ; em que: GP = ganho de peso médio kg; VC = viabilidade criatória (%) e CA = conversão alimentar (STRINGHINI *et al.*, 2006).

Ao final do experimento, duas aves de cada unidade experimental (72 aves no total), com peso corporal próximo ao da média da parcela ( $\pm 10\%$ ) foram colocadas em jejum alimentar de 12 horas. No dia seguinte, as aves foram encaminhadas para o abatedouro, seguindo a linha de processamento: deslocamento cervical, pendura, sangria, escalda, depenagem e evisceração. O abate foi realizado no “Abatedouro do Colégio Técnico de Teresina” da Universidade Federal do Piauí, acompanhada por Médico Veterinário, em que todo procedimento foi previamente aprovado pelo Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Piauí (CEUA/UFPI).

Em seguida foram avaliadas as características de carcaça, determinadas pela relação entre o peso da carcaça eviscerada (sem cabeça, pés e pescoço) e o peso vivo das

aves na plataforma de abate. Os cortes (peito, coxas, sobrecoxas, asas e tulipa) e a gordura abdominal foram pesados e seus rendimentos calculados em relação ao peso da carcaça eviscerada. Foi considerada gordura abdominal todo o tecido adiposo aderido ao redor da moela e dos músculos abdominais adjacentes.

Após o abate das aves aos 35 dias de idade, correspondendo ao final do experimento, os órgãos do sistema digestórios (fígado, proventrículo, moela e intestino) e o coração, também foram coletados, secos em papel toalha e pesados em balança analítica de precisão de 0,001g, para a determinação do peso relativo, sendo calculado em função do peso da carcaça eviscerada.

Após essa etapa, as duas tíbias de cada animal abatido foram removidas, e congeladas em freezer ( $-25^{\circ}\text{C}$ ), por 60 dias até a preparação dos ossos para as análises. As tíbias foram medidas quanto ao comprimento e diâmetro com paquímetro digital. O preparo das amostras e as medições morfométricas foram realizadas no Laboratório de Pesquisa em Nutrição Animal (LAPEN), pertencente a Universidade Federal do Piauí - UFPI. As tíbias foram utilizadas para obtenção do peso e da morfometria (comprimento, diâmetro vertical e diâmetro horizontal) e força de quebra.

Para análise de resistência à quebra, utilizou-se um texturômetro (TexturePro CT®) seguindo o modelo do teste: compressão, alvo do teste = distância, valor de referência = 10, carga do Trigger = 10g, velocidade 3 mm/s, utilizando o dispositivo TA-TPB. Um programa computacional registrou a força (N) necessária para a quebra total do osso.

Para avaliar o parâmetro pH da cama de frangos aos 35 dias de idade, a coleta da cama para as análises foi feita em três pontos diferentes dentro de cada box, evitando-se as áreas próximas e embaixo do comedouro e do bebedouro. Posteriormente, estas três amostras foram homogeneizadas e embaladas. Para determinação do pH, foram usados 30 g de amostra, que foram macerados dentro de um béquer. Depois foram adicionados 250 mL de água deionizada, procedendo-se à agitação desta amostra por cinco minutos. Após esses procedimentos, a amostra foi deixada em repouso por 30 minutos antes de se proceder a leitura no pHmetro.

Os dados foram submetidos à avaliação de homogeneidade e normalidade, sendo removidos os outliers identificados e, em seguida, submetidos à análise de variância pelo procedimento GLM do SAS versão 9.0 (SAS INSTITUTE, 2002), com  $\alpha = 0,05$ . Foi realizada análise de regressão para os níveis de inclusão de farelo de arroz integral e

comparação de média para a presença ou ausência do complexo enzimático, ambos a 5% de significância.

### Resultados e Discussão

Durante o período experimental de cinco semanas (Tabela 3), a variação das temperaturas mínima e máxima foram, respectivamente, na faixa de 19,8 e 24,8°C e 34,6 e 38,4°C, com a umidade relativa do ar oscilando entre 54,0 e 78,0% e o ITGU entre 77,45 e 82,36.

Tabela 3 - Valores médios das temperaturas, umidade relativa do ar e índice de temperatura de globo negro e umidade, no período de 1 a 35 dias

Semanas	Temperatura (°C)		Umidade (%)	ITGU
	Mínima	Máxima		
1 <sup>a</sup>	23,0	38,4	64,57	77,45
2 <sup>a</sup>	19,8	34,6	54,00	80,87
3 <sup>a</sup>	19,8	36,3	58,21	82,36
4 <sup>a</sup>	24,8	35,7	65,50	81,10
5 <sup>a</sup>	24,3	35,8	78,00	80,92

A média das temperaturas máximas diárias atingiu o valor considerado acima da temperatura de conforto térmico recomendada, para estes períodos da vida de frangos de corte, comprovando que os animais foram criados em ambiente com elevada temperatura durante parte do dia (ABREU; ABREU, 2011). O valor médio de ITGU foi considerado acima do recomendado para frangos de corte na 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> semana de vida, pois as aves estavam submetidas a condições de estresse por calor durante parte do dia, caracterizado por valores de ITGU acima de 77 (MEDEIROS *et al.*, 2005).

Não houve interação ( $P > 0,05$ ) entre o complexo enzimático e farelo de arroz integral para o consumo de ração, ganho de peso, viabilidade criatória e índice de eficiência produtiva (Tabela 4). Assim, a inclusão de farelo de arroz integral ( $x$ ) influenciou de forma quadrática ( $P < 0,05$ ) sobre os parâmetros ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA), de acordo com as respectivas equações:  $GP = 1,34x^2 - 24,235x + 2174,4$  ( $R^2 = 1$ ; ponto de valor mínimo = 9,04) e  $CA = - 0,0009x^2 + 0,0126x + 1,364$  ( $R^2 = 1$ ; ponto de valor máximo = 7,00), com o menor valor do ganho de peso ocorrendo no nível 9,04% de inclusão de farelo de arroz integral, com valor de 2.064,82 g, enquanto o maior valor de conversão alimentar estimado ocorreu no percentual de inclusão de

7,0% de farelo de arroz integral, que equivale ao à conversão alimentar de 1,408:1. Por outro lado, os níveis de inclusão de farelo de arroz não interferiram nos valores do consumo de ração, viabilidade criatória e índice de eficiência produtiva ( $P>0,05$ ). A adição do complexo enzimático não interferiu nos parâmetros avaliados.

Sanchez *et al.* (2018), ao testarem a adição do farelo de arroz associado a complexo enzimático, sobre o desempenho de frangos de corte no período de 1 a 42 dias de idade, constataram redução no ganho de peso, enquanto a adição do complexo enzimático melhorou o incremento de energia da ração. No mesmo contexto, Fortes *et al.* (2012) destacaram a eficiência de enzimas exógenas nas rações de frango de corte, pela interferência no incremento da metabolizabilidade dos nutrientes, enquanto Graham (1996) e Costa *et al.* (2004) ressaltaram, respectivamente, a diminuição da viscosidade da digesta e redução de nutrientes nas excretas, fato que resulta em redução de impacto no meio ambiente (LIMA *et al.*, 2007). No presente estudo, observou-se melhoria na conversão alimentar com o incremento de farelo de arroz integral a partir do nível 7,0% de inclusão, enquanto a adição do complexo enzimático não interferiu na resposta das aves para os parâmetros avaliados.

Tabela 4 - Desempenho produtivo de frangos de corte, de 1 a 35 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com farelo de arroz integral e complexo enzimático

Parâmetros	Complexo Enzimático	Farelo de Arroz Integral (%)			Média <sup>1</sup>	CV (%)	Valor P <sup>2</sup>	
		0	7,5	15			L	Q
Consumo ração (g/ave)	SEM	2.956,04	2916,79	2.851,01	2.905,12 <sup>a</sup>	4,24	0,1274	0,5162
	COM	2.879,50	2.890,03	2.817,24	2.862,26 <sup>a</sup>			
Média		2.914,29	2.903,41	1.834,13				
Ganho de Peso (g/ave)	SEM	2.202,61	2.054,97	2.121,59	2.121,91 <sup>a</sup>	4,14	0,1625	0,0331
	COM	2.146,21	2.181,07	2.103,16	2.108,03 <sup>a</sup>			
Média		2.174,41	2.068,02	2.112,38				
Conversão alimentar	SEM	1,343	1,420	1,344	1,371 <sup>a</sup>	4,17	0,5106	0,0124
	COM	1,382	1,392	1,341	1,372 <sup>a</sup>			
Média		1,364	1,406	1,343				
Viabilidade criatória (%)	SEM	98,181	100,000	100,000	99,465 <sup>a</sup>	2,23	0,0918	0,3115
	COM	98,484	100,000	100,000	99,495 <sup>a</sup>			
Média		98,347	100,000	100,00				
Índice eficiência Produtiva	SEM	6,188	5,872	6,060	6,031 <sup>a</sup>	4,96	0,9577	0,2382
	COM	5,872	5,947	6,008	5,942 <sup>a</sup>			
Média		6,015	5,909	6,034				

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P>0,05$ ).

<sup>2</sup>L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos à inclusão de farelo de arroz integral na dieta.

Makinde *et al.* (2014), trabalhando com farelo de arroz em dietas para frangos de corte, observaram diminuição no ganho de peso e aumento do consumo de ração. Os autores relacionaram a queda no desempenho devido ao alto teor de fibra na dieta, que

provavelmente, atingiu níveis críticos, interferindo na capacidade das aves de obterem energia e nutrientes suficientes a partir dos alimentos ingeridos. Diante desta situação, houve aumento na ingestão de alimento, na tentativa de suprir a carência de energia. Para os dados observados, constatou-se que não houve diferença no consumo de ração, na viabilidade criatória e índice de eficiência produtiva entre os níveis estudados. Ainda, neste sentido, os resultados obtidos se associam aos encontrados por Brum Junior *et al.* (2007), os quais ressaltam que o nível de inclusão até o patamar de 40% desse ingrediente não interfere no desempenho das aves, constatação que é reforçada por Cancherini *et al.* (2008), ao concluírem em seus estudos, a viabilidade do farelo de arroz integral como ingrediente alternativo para frangos de corte, porém, no presente estudo o valor do maior nível de inclusão do farelo de arroz integral foi de 15% nas dietas.

Com relação aos parâmetros relacionados ao rendimento da carcaça e ao peso relativo dos principais cortes e de órgãos metabolicamente ativos (Tabelas 5), verificou-se que não houve interação entre os níveis de farelo de arroz integral e a suplementação com o complexo enzimático ( $P > 0,05$ ). Também, não houve diferença entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ) para os níveis de inclusão de farelo de arroz e nem para a adição do complexo enzimático na avaliação de rendimento da carcaça e de peso relativo da coxa, sobrecoxa, asa, tulipa, moela, intestino, proventrículo e gordura abdominal dos frangos aos 35 dias de idade.

Por outro lado, foi observado que a inclusão de farelo de arroz integral ( $x$ ) influenciou de forma linear decrescente ( $P < 0,05$ ) o peso relativo do peito (RP), de acordo com a equação:  $RP = - 0,085x + 35,892$  ( $R^2 = 0,6243$ ). Assim, o rendimento do peito diminuiu com a adição de farelo de arroz integral nas arações. Também, foi observado que a inclusão do farelo de arroz integral ( $x$ ) interferiu de forma linear positiva ( $P < 0,05$ ) sobre o peso relativo do coração (PC), de acordo com a equação:  $PC = 0,0052x + 0,6309$  ( $R^2 = 0,8421$ ). Assim, o peso relativo do coração aumentou com a inclusão do farelo de arroz integral. Já para o fígado, observou-se que o peso relativo com adição de enzima foi inferior ao das dietas sem suplementação ( $P < 0,05$ ).

Os resultados relacionados aos níveis de farelo de arroz em parte, exceto para o rendimento de peito, encontram-se, em consonância com os dados obtidos por Cancherini *et al.* (2008), ao ressaltarem que a adição do farelo de arroz integral não interferiu no rendimento de carcaça e dos cortes nobres como o peito, coxa e sobrecoxa e o peso relativo da gordura abdominal. Por outro lado, os resultados diferem dos obtidos por Makinde *et al.* (2014), que relataram melhor rendimento de carcaça de frangos

alimentados com rações contendo farelo de arroz em substituição ao milho para frangos de corte.

Assim, é relevante ressaltar que entre as frações de fibra presentes no farelo de arroz integral, destaca-se a hemicelulose, formada principalmente por arabinosilanos, os quais quando presentes nas dietas de frango de corte provocam aumento da viscosidade da digesta, influenciando de maneira negativa a digestibilidade, diminuindo assim o aproveitamento energético e proteico pelas aves (GASPARINI, 2014). Neste sentido, como o peito de frango é composto em grande parte por aminoácidos, que ligados formam proteínas e por sua vez essas proteínas formam o tecido que compõe o peito dos frangos, a diminuição no volume proteico digerido e metabolizado pode ter influenciado negativamente, no desenvolvimento do peito dos frangos de corte.

Com relação ao farelo de arroz, os resultados são discordantes dos relatados por Sanchez *et al.* (2018), que constataram aumento no peso da moela provocado pela adição de farelo de arroz, embora não tenha sido observado aumento da digestibilidade dos nutrientes. Também, diferem no tocante ao peso relativo do fígado e moela, em relação aos achados de Cipriano *et al.* (2014), que observaram maior valor relativo destes órgãos com o incremento do farelo integral de arroz parboilizado. Para Pessoa *et al.* (2012), a adição de enzimas exógenas melhora o aproveitamento dos nutrientes, reduzindo o trabalho dos órgãos digestórios, o que pode explicar a redução do peso absoluto do fígado, que aumenta de tamanho dependendo da intensidade de atividade.

Também, o farelo de arroz por combinar fibras solúveis e insolúveis, constitui uma fonte alimentar fibrosa de ótima qualidade (SANCHEZ *et al.*, 2018). Para Bauer (2006), animais que consomem alimentação com fibras de fermentação moderada exibem maior tamanho do cólon, quando comparados com os que ingerem fibra não fermentável. No que se referem ao peso absoluto e relativo do intestino, os resultados diferem do que foi encontrado no presente trabalho, visto que o peso absoluto do intestino das aves não foi influenciado pelos níveis de farelo de arroz.

Não houve interação entre a suplementação enzimática e o farelo de arroz integral ( $P > 0,05$ ) nem efeito isolado dos fatores ( $P > 0,05$ ), para a avaliação do diâmetro horizontal e vertical da tíbia, peso da tíbia, força de quebra, pH da cama dos frangos aos 35 dias de idade (Tabela 6). Porém, a inclusão de farelo de arroz integral influenciou de forma quadrática ( $P < 0,05$ ) o comprimento da tíbia (CT), de acordo com a equação:  $CT = -0,0507x^2 + 0,835x + 98,170$  ( $R^2 = 1,00$ ), com o maior valor de comprimento da tíbia

estimado ocorrendo no percentual de substituição de 8,24% de farelo de arroz integral, que equivale a 101,61 milímetros de comprimento da tibia.

Tabela 5 – Rendimento de carcaça, peso relativo dos cortes e de órgãos de frangos de corte, de 1 a 35 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com farelo de arroz integral e complexo enzimático

Parâmetros	Complexo Enzimático	Farelo de Arroz Integral (%)			Média <sup>1</sup>	CV (%)	Valor P <sup>2</sup>	
		0	7,5	15			L	Q
Carcaça (%)	SEM	77,74	77,79	76,37	77,30 <sup>a</sup>	1,39	0,103	0,586
	COM	77,39	77,01	77,26	77,22 <sup>a</sup>			
Média		77,56	77,40	76,82				
Peito (%)	SEM	35,64	35,67	34,44	35,25 <sup>a</sup>	3,82	0,029	0,083
	COM	35,57	35,98	34,22	35,26 <sup>a</sup>			
Média		35,61	35,83	34,33				
Coxa (%)	SEM	13,19	12,64	13,12	12,98 <sup>a</sup>	3,16	0,386	0,504
	COM	12,79	13,28	13,15	13,07 <sup>a</sup>			
Média		12,99	12,96	13,14				
Sobrecoxa (%)	SEM	13,80	13,48	13,73	13,67 <sup>a</sup>	4,65	0,799	0,761
	COM	13,59	13,84	13,79	13,74 <sup>a</sup>			
Média		13,70	13,66	13,76				
Asa (%)	SEM	4,88	4,66	4,95	4,83 <sup>a</sup>	3,70	0,949	0,151
	COM	4,78	4,81	4,71	4,77 <sup>a</sup>			
Média		4,83	4,73	4,83				
Tulipa (%)	SEM	5,74	5,65	5,86	5,75 <sup>a</sup>	5,75	0,449	0,857
	COM	5,69	5,84	5,77	5,76 <sup>a</sup>			
Média		5,71	5,74	5,82				
Moela (%)	SEM	2,1	2,09	2,45	2,21 <sup>a</sup>	12,25	0,059	0,544
	COM	2,24	2,35	2,33	2,31 <sup>a</sup>			
Média		2,17	2,22	2,39				
Fígado (%)	SEM	2,49	2,50	2,70	2,57 <sup>a</sup>	9,47	0,529	0,578
	COM	2,44	2,41	2,36	2,40 <sup>b</sup>			
Média		2,47	2,45	2,52				
Intestino (%)	SEM	4,00	4,23	4,52	4,25 <sup>a</sup>	9,35	0,303	0,571
	COM	4,31	4,41	4,14	4,29 <sup>a</sup>			
Média		4,16	4,32	4,33				
Proventriculo (%)	SEM	0,50	0,56	0,59	0,55 <sup>a</sup>	15,25	0,486	0,529
	COM	0,58	0,58	0,54	0,57 <sup>a</sup>			
Média		0,54	0,57	0,57				
Gordura Abdominal (%)	SEM	1,40	1,53	1,61	1,51 <sup>a</sup>	19,76	0,637	0,926
	COM	1,79	1,58	1,46	1,61 <sup>a</sup>			
Média		1,59	1,55	1,53				
Coração (%)	SEM	0,66	0,66	0,73	0,68 <sup>a</sup>	12,51	0,031	0,274
	COM	0,62	0,64	0,71	0,66 <sup>a</sup>			
Média		0,64	0,65	0,72				

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

<sup>2</sup>L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos à inclusão de farelo de arroz integral na dieta.

Tabela 6 – Valores dos parâmetros ósseos e da cama de frangos de corte, aos 35 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com farelo de arroz integral e complexo enzimático

Parâmetros	Complexo Enzimático	Farelo de Arroz Integral (%)			Média <sup>1</sup>	CV (%)	Valor P <sup>2</sup>	
		0	7,5	15			L	Q
Comprimento da tíbia (mm)	SEM	96,89	101,12	98,12	98,71 <sup>a</sup>	3,54	0,441	0,031
	COM	99,45	102,05	100,47	100,66 <sup>a</sup>			
Média		98,17	101,58	99,30				
Diâmetro horizontal da tíbia (mm)	SEM	8,79	9,64	9,20	9,21 <sup>a</sup>	10,23	0,861	0,288
	COM	10,00	9,83	9,45	9,76 <sup>a</sup>			
Média		9,39	9,73	9,32				
Diâmetro Vertical da tíbia (mm)	SEM	6,31	6,67	6,85	6,61 <sup>a</sup>	9,80	0,548	0,471
	COM	6,69	6,82	6,47	6,66 <sup>a</sup>			
Média		6,50	6,75	6,66				
Peso da tíbia (g)	SEM	13,71	16,11	15,62	15,15 <sup>a</sup>	13,77	0,461	0,147
	COM	16,62	17,20	16,05	16,62 <sup>a</sup>			
Média		15,16	16,65	15,83				
Força de quebra (N)	SEM	210,63	254,31	250,74	238,56 <sup>a</sup>	20,04	0,373	0,581
	COM	235,32	227,67	230,08	231,02 <sup>a</sup>			
Média		222,97	240,99	240,41				
pH da Cama	SEM	7,67	7,73	7,63	7,68 <sup>a</sup>	1,07	0,824	0,701
	COM	7,67	7,60	7,72	7,66 <sup>a</sup>			
Média		7,67	7,66	7,68				

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

<sup>2</sup>L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos à inclusão de farelo de arroz integral na dieta.

## Conclusões

O farelo de arroz integral pode ser incluído em dietas de frangos de corte até 15%, no período de 1 a 35 dias de idade, caracterizado pela melhoria na conversão alimentar.

O complexo enzimático não influencia os parâmetros de desempenho em dietas de frangos de corte, nem os parâmetros relacionados ao rendimento da carcaça e dos principais cortes, nem na qualidade da cama e dos parâmetros ósseos, exceto para peso relativo do fígado, que reduz o peso.

## Referências

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40. n. 1. p. 1-14, 2011.

BAUER, E.; WILLIAMS, B. A.; SMIDT, H.; VERSTEGEN, M.W.A.; MOSENTHIN, R. Influência da microbiota gastrointestinal no desenvolvimento do sistema imune em animais jovens. **Current Issues Intestinal Microbiology**, v. 7, n. 2, p. 35-51, 2006.

BRUM JÚNIOR, B. S.; ZANELLA, TOLEDO, G. S. P.; XAVIER, E. G.A.; VIEIRA, T. A.; GONÇALVES, E. C.; BRUM, H.; OLIVEIRA, J.S. Dietas para frangos de corte contendo quirera de arroz. **Ciência Rural**, v. 37, n. 5, p. 1423-1429, 2007.

BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO-ROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER, W.W. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, v. 24, n. 3, p. 711-0714, 1981.

CANCHERINI, L. C.; DUARTE, K. F.; JUNQUEIRA, O. M.; FILARDI, R. S.; LAURENTIZ, A. C.; ARAÚJO, L. F. Desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte alimentados com dietas contendo subprodutos do arroz formuladas com base nos conceitos de proteína bruta e ideal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 4, p. 616-623, 2008.

CHERYAN, M.; RACKIS, J. J. Interações de ácido fólico em sistemas alimentares, **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 13, n. 4, p. 297-335, 1980.

CIPRIANO, R. M.; NASCIMENTO, G. A. J. FREITAS, E. R.; SOUZA, D.; FARRAPO, S. de P.; ALVES, M. G. M. Características de carcaças de frangos de corte tipo caipira alimentados com rações contendo farelo integral de arroz parboilizado, Publicado em: **Avicultura Industrial**, Número 01/2018 – Ano 109 – Edição 1273, 2014.

COSTA, F. G. P.; CLEMENTINO, R. H.; JÁCOME, I. M. T. D.; NASCIMENTO, G. A. J.; PEREIRA, W. E. Utilização de um complexo multienzimático em dietas de frangos de corte. **Ciência Animal Brasileira**, v. 5, n. 2, p. 63-71, 2004.

DAMORADAN, S. **Química dos alimentos**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DILELIS, F.; GOMES, A. V. C.; LIMA, C. A. R.; CORRÊA, D. C. B.; REIS, T. L. Metabolizable energy of rice bran, cottonseed meal and wheat bran for slow-growing broilers at two ages. **Ciência Animal Brasileira**, v. 20, p. 1-10, 2019.

ESA, N. M.; LING, T. B.; PENG, L. S. By-products of rice processing: an overview of health benefits and applications. **Journal of Rice Research and Developments**, v. 1, p. 1-11, 2013.

FORTES, B. D. A.; CAFÉ, M. B.; STRINGHIN, J. H.; BRITO, J. Á. G.; REZENDE, P. L. P.; SILVA, R. D. Avaliação de programas nutricionais com a utilização de carboidratos e fitase em rações de frangos de corte. **Ciência Animal Brasileira**, v. 13, n. 1, p. 24 - 32, 2012.

GASPARINI, S. P. **Valor nutricional do farelo de arroz integral para frangos de corte de crescimento lento**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal do Maranhão, 2014.

GRAHAM, H. Mode of action of feed enzymes in diets based on low viscous and viscous grains. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES, 1996, Campinas. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, p. 60-69, 1996.

HETLAND H, CHOCT M, SVIHUS B. Role of insoluble non-starch polysaccharides in poultry nutrition. **World's Poultry Science Journal**, v. 60, n. 4, p. 415-422, 2004.

- LEE, S. A.; NAGALAKSHMI, D.; RAJU, M. V. L. N.; RAO, S. V. R.; BEDFORD, M. R. Effect of phytase superdosing, myo-inositol and available phosphorus concentrations on performance and bone mineralisation in broilers. **Animal Nutrition**, v. 3, p. 247-251, 2017.
- LIMA, M. R.; SILVA, J. H. V.; ARAÚJO, J. A.; LIMA, C. B.; OLIVEIRA, E. R. A. Enzimas exógenas na alimentação de aves. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 1, n. 4, p. 99-110, 2007.
- LYU, Z.; LI, Y.; LIU, H.; LI, E.; LI, Z.; ZHANG, S.; WANG, F.; LAI, C. Net energy content of rice bran, defatted rice bran, corn gluten feed, and corn germ meal fed to growing pigs using indirect calorimetry. **Journal of Animal Science**, v. 96, n. 5, p. 1877-1888, 2018.
- MAKINDE, O. J.; ENYIGWE, P. C., BABAJIDE, S. E., ATSUMBE, J. A., IBE, E. A., SAMUEL, I. Growth performance and carcass characteristics of Finisher broilers fed rice offal based diets supplemented with exogenous enzyme. **Greener Journal of Agricultural Sciences**, v. 4, n. 4, p. 144-149, 2014.
- MEDEIROS, C. M.; BAETA, F. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; TINÔCO, I. F. F.; ALBINO, L. F. T.; CECON, P. R. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. **Engenharia na Agricultura**, v. 1, p. 277-286, 2005.
- PARRA-MARTÍN, J. A.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; HANNAS, M.I.; ZAMORA-JERÉZ, E. Redução da exigência de fósforo disponível em dietas com adição de fitase para frangos de corte machos de oito aos 21 dias de idade, **Spei Domus**, v. 11, n. 22, p. 9-16, 2015.
- PESSÔA, G. B. S.; TAVERNARI, F. C.; VIEIRA, R. A.; ALBINO, L. F. T. Novos conceitos em nutrição de aves. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v 13. n 3. p 755-774. 2012.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F.T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M. L.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**. Composição de alimentos e exigências nutricionais. 4. ed. Viçosa, MG - Departamento de Zootecnia, UFV, 488 p. 2017.
- SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 2. ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, 262 p. 2016.
- SANCHEZ, J., THANABALAN, A., KHANAL, T., PATTERSON, R., SLOMINSKI, B. A., KIARIE, E. Effects of feeding broiler chickens up to 11% rice bran in a cornsoybean meal diet without or with a multi-enzyme supplement. **Animal Nutrition**, v. 5, n. 1, p. 41-48, 2018.
- SAS. **Statistical Analysis Systems User's Guide**: Version 9.0. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc., 2002.
- SCHRAMM, V. G.; DURAU, J. F.; BARRILLI, L. N. E.; SORBARA, J. O. B.; COWIESON, A. J.; FÉLIX, A. P.; MAIORKA, A. Interaction between xylanase and

phytase on the digestibility of corn and a corn/soy diet for broiler chickens, **Poultry Science**, v. 96, n. 5, p. 1204–1211, 2017.

STRINGHINI, J. H. ANDRADE, M. L.; ANDRADE, L.; XAVIER, S. A. G.; CAFÉ, M. B.; LEANDOR, N. S. M.. Desempenho, balanço e retenção de nutrientes e biometria dos órgãos digestivos de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de proteína na ração pré-inicial. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 35, n. 6, p. 2350-2358, 2006.

ZHANG, Y. C.; LUO, M.; FANG, X. Y.; ZHANG, F. Q.; CAO, M. H. Energy value of rice, broken rice, and rice bran for broiler chickens by the regression method. **Poultry Science**, v. 100, n. 4, 2021.

## **ARTIGO 2**

### **FARELO DE ARROZ INTEGRAL E COMPLEXO ENZIMÁTICO PARA FRANGOS DE CORTE: METABOLIZABILIDADE, COMPOSIÇÃO E DEPOSIÇÃO DE NUTRIENTES NA CARCAÇA**

<sup>1</sup>\*J.D.M. Ferreira; \*J.B. Lopes

<sup>1</sup>Autor para correspondência: jefferson\_douglas\_1@hotmail.com

\*Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Campus Universitário,  
Socopo, CEP: 64049-550, Teresina, PI – Brasil

## **Farelo de arroz integral e complexo enzimático para frangos de corte: metabolizabilidade, composição e deposição de nutrientes na carcaça**

Jefferson Douglas Martins Ferreira<sup>1</sup>; João Batista Lopes<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia Tropical, Universidade Federal do Piauí, Teresina-Piauí-Brasil.

<sup>2</sup> Professor do Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Piauí, Teresina-Piauí- Brasil.

**Resumo:** Objetivou-se avaliar a utilização do farelo de arroz integral associado a complexo enzimático sobre a metabolizabilidade, composição e deposição de nutrientes na carcaça de frangos de corte. Para a avaliação da metabolizabilidade dos nutrientes e a retenção de minerais, 72 frangos, no período de 27 a 34 dias de idade, foram distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 3 x 2, representado por três níveis de inclusão de farelo de arroz integral nas rações: 0; 7,5 e 15%, suplementadas ou não com complexo enzimático, totalizando seis tratamentos e seis repetições. Para avaliar a deposição e a composição de nutrientes na carcaça, foi desenvolvido um ensaio em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 3 x 2, sendo três níveis de farelo de arroz integral (0; 7,5 e 15%), com ou sem suplementação enzimática, com seis repetições, no período de 1 a 35 dias de idade, utilizando-se 396 pintos de corte. O aumento do teor de farelo de arroz integral nas dietas, a partir do nível de 7,1% de inclusão, interfere negativamente na metabolizabilidade da proteína bruta, e como consequência também influencia na deposição de proteína bruta e na composição de proteína bruta da carcaça dos frangos de corte aos 35 dias de idade. A adição do complexo enzimático não influencia no coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca, proteína bruta e matéria mineral. Os coeficientes de retenção cálcio, fósforo, potássio, enxofre e do cromo respondem de forma decrescente ao aumento dos níveis de farelo de arroz integral na dieta. A adição do complexo enzimático aumenta o coeficiente de retenção de cálcio, cloro e zinco, porém, não interfere no fósforo, enxofre e cromo, enquanto o de potássio reduz o valor.

**Palavras-chave:** Alimento alternativo; fatores antinutricionais; proteína; protease; minerais

### **Integral rice bran and enzyme complex for broilers: metabolizability, composition and deposition of nutrients in the carcass**

**Abstract:** The objective this research was to evaluate the use of integral rice bran associated with an enzyme complex on the metabolizability, composition, and deposition of nutrients in the carcass of broilers. To evaluate nutrient metabolizability and mineral retention, 72 broilers, from 27 to 34 days of age, were distributed in an entirely randomized design, in a 3 x 2 factorial scheme, represented by three levels of integral rice bran inclusion in the feed: 0, 7.5 and 15%, supplemented or not with enzyme complex, totaling six treatments and six replications. To evaluate the deposition and composition of

nutrients in the carcass, a randomized block design trial was developed in a 3 x 2 factorial scheme, with three levels of integral rice bran (0, 7.5 and 15%), with or without enzyme supplementation, with six replications, using 396 broiler chicks from 1 to 35 days of age. The increase of integral rice bran content in the diets, starting at 7.1% inclusion level, interferes negatively in the metabolizability of crude protein, and as a consequence also influences the deposition of crude protein and the crude protein composition of the carcass of broilers at 35 days of age. The addition of the enzyme complex does not influence the metabolizability coefficient of dry matter, crude protein and mineral matter. The retention coefficients of calcium, phosphorus, potassium, sulfur and chromium respond in a decreasing manner to increasing levels of integral rice bran in the diet. The addition of the enzyme complex increases the retention coefficient of calcium, zinc and chloride, but does not interfere in phosphorus, sulfur and chromium, while that of potassium reduces the value.

**Keywords:** Alternative food; Anti nutritional factors; Protein; protease; minerals

### Introdução

O sistema industrial de produção de frangos de corte tem vivenciado grandes transformações advindas dos avanços em genética, nutrição, saúde, além de tecnologias de manejo e ambiência. Como resultado, estas aves apresentam rápido crescimento, grande eficiência alimentar e rendimento de carcaça (TICKLE; CODD, 2019). Porém, por outro lado, os custos com alimentação continuam elevados, chegando até 75% do custo total da atividade, cujo impacto fica mais evidente, considerando a grande oscilação dos preços do milho e do farelo de soja, ingredientes básicos na alimentação dessas aves, por se tratarem de commodities. Como consequência, tem-se buscado alternativas que possibilitem reduzir os custos, visando melhorarem os ganhos dos empreendimentos avícolas (FERNANDES *et al.*, 2018; DALÓLIO *et al.*, 2017).

O farelo de arroz integral, em função de suas características nutricionais, é classificado como alimento energético, com potencial de substituir, total ou parcialmente, o milho nas rações de frangos de corte, dependendo dentre outros fatores, da oferta e do consequente preço de mercado. Trata-se de um ingrediente com o teor de proteína bruta e de energia metabolizável, respectivamente, em torno de 13% e de 2.583 kcal/kg, além de minerais e vitaminas (ROSTAGNO *et al.*, 2017). Em contrapartida, apresenta fatores antinutricionais, com destaque para elevado nível de fósforo (1,71%) ligado ao fitato (1,37%), cuja molécula tem capacidade de quelar outros minerais e até parte da proteína, tornando esses nutrientes indisponíveis. Também, destaca-se o elevado conteúdo de fibra

bruta, com valores entre 7 e 10% (ROSTAGNO *et al.*, 2017; JUNQUEIRA *et al.*, 2009; DILELIS *et al.*, 2019), em que o trato gastrointestinal de frangos de corte tem limitação fisiológica em digerir.

Porém, com relação aos fatores limitantes de alimentos, tem se obtido respostas positivas de estudos com uso de aditivos (HIDAYAT; WINA; SOPIYANA, 2021), com destaque para enzimas exógenas, que podem auxiliar o processo digestivo, atuando em substratos específicos, melhorando a digestibilidade dos nutrientes das dietas (MIRANDA *et al.*, 2017; VALADARES *et al.*, 2016).

Assim, objetivou-se avaliar a utilização do farelo de arroz integral associado a complexo enzimático sobre a metabolizabilidade dos nutrientes e retenção de minerais no período de 22 a 35 dias de idade, bem como a composição e deposição de nutrientes na carcaça de frangos de corte, no período de 1 a 35 dias idade.

### **Material e Métodos**

Foram realizados dois experimentos, um para a avaliação da metabolizabilidade dos nutrientes e a retenção de minerais na fase de 22 a 35 dias de idade de frango de corte (experimento 1) e, outro para a avaliação da composição química e deposição de nutrientes na carcaça, no período de 1 a 35 dias (experimento 2), os quais foram conduzidos nos galpões de metabolismo e de desempenho, respectivamente, do setor de avicultura do Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Piauí (DZO/CCA/UFPI), em Teresina, Piauí. As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Pesquisa em Nutrição Animal (LAPEN) do DZO/CCA/UFPI.

O experimento foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Experimentação com Uso de Animais da Universidade Federal do Piauí (CEEA/UFPI), sub o número 573/2019.

No ensaio de metabolismo, desenvolvido no período de 27 a 34 dias de idade, foram utilizados 72 frangos, selecionados individualmente, fundamentando-se no peso para a formação das parcelas.

Na fase pré-experimental, correspondendo ao período de 1 a 26 dias de idade, as aves foram alojadas em galpão convencional, recebendo ração padrão, formulada para atender as exigências nutricionais, de acordo com a fase, segundo Rostagno *et al.* (2017). As aves foram vacinadas contra as doenças de Marek, Gumboro e Newcastle no incubatório.

Assim, no 27º dia, as aves foram alojadas em gaiolas metabólicas, preparadas com comedouros e bebedouros tipo calha, além de bandejas coletoras de excretas. As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 3 x 2, representado por três níveis de inclusão de farelo de arroz integral nas rações: 0; 7,5 e 15%, suplementadas ou não com complexo enzimático, totalizando seis tratamentos e seis repetições. A unidade experimental foi representada por duas aves, alojadas em cada gaiola metabólica. As rações foram isonutritivas e formuladas à base de milho e farelo de soja, para atender as exigências nutricionais (Tabela 1), de acordo com a fase de criação, segundo Rostagno *et al.* (2017). Os tratamentos foram constituídos da seguinte forma: T1 – ração controle (0% de farelo de arroz integral) sem complexo enzimático; T2 – ração controle (0% de farelo de arroz integral) com complexo enzimático; T3 – ração com 7,5% de farelo de arroz integral sem complexo enzimático; T4 – ração com 7,5% de farelo de arroz integral com complexo enzimático; T5 – ração com 15% de farelo de arroz integral sem complexo enzimático; T6 – ração com 15% de farelo de arroz integral com complexo enzimático.

O complexo enzimático nas dietas experimentais continha protease (6.250,00 U/g), xilanase (540,00 U/g) e fitase (1.000,00 U/g), em que a adição foi feita substituindo parte do material inerte presente na ração (caulim), de acordo com as recomendações do fabricante. A incorporação do complexo enzimático nas dietas, foi pela forma “over the top”, sem alterar os níveis nutricionais.

A água foi fornecida à vontade, sendo trocada duas vezes ao dia. As rações, também, foram fornecidas à vontade e pesadas no início e no final do período de coleta para quantificar o consumo por unidade experimental. O programa de luz foi contínuo, durante as 24 horas do dia.

As variáveis ambientais, temperatura e umidade relativa do ar, foram aferidas por meio de termômetros de bulbo seco, bulbo úmido e termômetro de globo negro, situados no centro do galpão, realizando-se as leituras diariamente, duas vezes ao dia (8 e 16 horas), com exceção do termômetro digital de máxima e mínima, que foi aferido somente pela manhã, durante todo o período experimental. Esses dados foram, posteriormente, convertidos em Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), conforme proposto por Buffington *et al.* (1981).

Tabela 1 - Composição percentual e conteúdo nutricional das dietas experimentais para frangos de corte de 22 a 35 dias de idade, em função dos níveis de inclusão do farelo de arroz integral associado a complexo enzimático

Ingredientes (%)	22 a 35 dias		
	0%FAI <sup>3</sup>	7,5%FAI	15%FAI
Milho (7,86% PB)	62,440	54,978	47,516
Farelo de soja (48%PB)	28,431	27,582	26,734
Óleo de soja	3,963	4,835	5,707
Fosfato bicálcico	1,506	1,397	1,288
Suplemento vitamínico mineral <sup>1</sup>	1,000	1,000	1,000
Calcário calcítico	0,806	0,864	0,923
L-Lisina- HCL	0,429	0,429	0,430
Sal comum	0,494	0,489	0,483
DL- Metionina	0,371	0,374	0,377
L-Treonina	0,163	0,171	0,179
L-Arginina	0,172	0,156	0,139
L-Valina	0,163	0,162	0,161
L-Triptofano	0,013	0,014	0,015
Inerte <sup>2, 4</sup>	0,050	0,050	0,050
Farelo de arroz integral	0,000	7,500	15,000
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
Proteína bruta (%)	19,000	19,000	19,000
EM (kcal/kg)	3.150	3.150	3.150
Arginina digestível (%)	1,257	1,257	1,257
Lisina digestível (%)	1,175	1,175	1,175
Metionina digestível (%)	0,620	0,623	0,626
Met. + cistina digestível (%)	0,870	0,870	0,626
Treonina digestível (%)	0,776	0,776	0,776
Triptofano digestível (%)	0,212	0,212	0,212
Valina digestível (%)	0,620	0,623	0,626
Cálcio (%)	0,792	0,792	0,792
Cloro (%)	0,365	0,360	0,355
Fósforo disponível (%)	0,370	0,370	0,370
Sódio (%)	0,208	0,208	0,208
Ácido linoleico (%)	3,468	4,014	4,561

<sup>1</sup> Nível de garantia por 1 kg do produto, recomendado para 100 kg de ração: Metionina 159,5 g/kg, Ferro 3.000mg/kg, Cobre 6.600kg/kg, Manganês 5.000mg/kg, Zinco 4.500mg/kg, Iodo 100mg/kg, Selênio 20mg/kg, Vitamina A 700.000UI/kg, Vitamina D<sub>3</sub> 200.000UI/kg, Vitamina E 1.000UI/kg, Vitamina K<sub>3</sub> 80mg/kg, Vitamina B<sub>1</sub> 1.200mcg/kg, Niacina 3.500mg/kg, Pantotenato de Cálcio 800mg/kg, Ácido Fólico 50mg/kg, Biotina 4,5mg/kg, Cloreto de Colina 30mg/kg, Salinomicina Sódica 6.600kg/kg, Virginamicina 1.500mg/kg. <sup>2</sup> Complexo enzimático – contém: Protease 6.250,00 U/g, Fitase 1.000,00 U/g, Xilanase 540,00 U/g, Vitamina A 2.000,00 UI/kg, Vitamina D<sub>3</sub> 600,00 UI/kg, Vitamina E 15,00 UI/kg. Recomendação segundo o fabricante: 500g/tonelada. <sup>3</sup>FAI = Farelo de arroz integral; EM = Energia metabolizável. <sup>4</sup>As rações dos tratamentos T<sub>2</sub>, T<sub>4</sub> e T<sub>6</sub>, na fase de crescimento receberam a adição de complexo enzimático através da substituição do material inerte, 50g de complexo enzimático para cada 100 kg de ração.

O período experimental teve duração de oito dias, sendo os quatros primeiros dias destinados à adaptação dos frangos às gaiolas e às dietas experimentais, sendo os quatro últimos dias destinado para coleta das excretas. Foram realizadas, em cada ensaio, duas

coletas totais diárias das excretas de cada unidade experimental, num intervalo aproximado de 12 horas, para evitar fermentação e perda de nutrientes. As excretas coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos identificados, pesadas e conservadas em freezer a  $-5^{\circ}\text{C}$ , até o período final do experimento, quando foram realizadas as análises laboratoriais (matéria seca, proteína, extrato etéreo e cinza).

No final das coletas, toda excreta proveniente da mesma unidade experimental de cada ensaio foi descongelada e misturada uniformemente. Após este procedimento foi feita a pré-secagem das excretas em estufa com ventilação forçada de ar por até 72 horas a  $65^{\circ}\text{C}$ . Em seguida, as excretas foram moídas em moinho tipo Wiley, acondicionadas em recipientes, e posteriormente, realizadas as análises químicas de acordo com os procedimentos de Silva e Queiroz (2002).

Os cálculos dos coeficientes de metabolizabilidade dos nutrientes e da retenção de minerais foram realizados de acordo com Matterson *et al.* (1965) e Ramos *et al.* (2006):

- Nutriente metabolizável (g/dia) = nutriente consumido (g/dia) – nutriente excretado (g/dia)

- Nutriente metabolizável da ração (%) = [nutriente metabolizável (g/dia) / consumo de MS da ração (g/dia)] x 100

- Coeficiente de metabolizabilidade (%) = [nutriente metabolizável (g/dia) / nutriente consumido (g/dia)] x 100;

- Mineral retido (g/dia) = mineral consumido (g/dia) – mineral excretado (g/dia)

- Mineral retido da ração (%) = [mineral retido (g/dia) / consumo de MS da ração (g/dia)] x 100

- Coeficiente de retenção (%) = [mineral retido (g/dia) / mineral consumido (g/dia)] x 100.

No experimento 2, foram avaliados os efeitos da suplementação do complexo enzimático associado a níveis de farelo de arroz integral em dietas para frangos de corte, no período de 1 a 35 dias de idade, sobre a composição e deposição de nutrientes na carcaça. Foram utilizados 396 pintos de corte, da linhagem Ross 308, com um dia de idade, vacinados contra as doenças de Marek, Gumboro e Newcastle no incubatório.

O delineamento experimental adotado foi o em blocos casualizados, em esquema fatorial 3 x 2, sendo três níveis de farelo de arroz integral (0%; 7,5% e 15%), com ou sem suplementação enzimática, com seis repetições.

As aves receberam três dietas experimentais, isoenergéticas e isoproteicas (Tabelas 2 e 3), formuladas à base de milho e farelo de soja para atender as exigências nutricionais das aves conforme as recomendações de Rostagno *et al.* (2017).

Cada unidade experimental foi representada por 11 aves alojadas em boxes de 2,7 m<sup>2</sup> dotados de comedouros tubulares, bebedouros pendulares e cama composta de casca de arroz, distribuídas em dois galpões de alvenaria coberto de telhas de cerâmica, piso cimentado e cortinas nas laterais para o controle das correntes de ar. Os galpões eram equipados com ventiladores. O programa de luz adotado foi o contínuo, sendo luz natural e artificial.

As aves foram mantidas em sistema de aquecimento, por meio de lâmpadas incandescentes posicionadas próximas as aves, nos dez primeiros dias de vida e tiveram livre acesso à água e às dietas experimentais durante todo o período experimental.

Os dados sobre temperatura e umidade relativa do ar foram coletados duas vezes ao dia, às 8 e às 16 horas, por meio de termo-higrômetros de máxima e de mínima, bulbo seco, bulbo úmido e globo negro, mantidos no centro do galpão à altura das aves. Os dados foram, posteriormente, convertidos em Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), conforme proposto por Buffington *et al.* (1981).

No 35º de idade, foi selecionada uma ave de cada unidade experimental, com peso vivo próximo da média, identificada e colocada em jejum alimentar por 12 horas. Posteriormente, as aves foram abatidas por deslocamento cervical. O mesmo procedimento foi realizado com um dia de vida das aves, em que foram selecionadas seis aves com média de peso semelhante aos das submetidas aos tratamentos experimentais.

Após o abate, as carcaças foram congeladas e autoclavadas para obtenção de uma amostra representativa. As aves foram acondicionadas em recipientes de inox específicos para autoclave e mantidas a 127°C e 1 atm. Os pintos de um dia e de 35 dias de idade foram submetidos a esta temperatura e pressão, respectivamente, por três horas e cinco horas. Após este procedimento, as amostras foram homogeneizadas em liquidificador industrial, secas em estufa 55°C por 72 horas (amostra seca ao ar), trituradas em processador de alimentos e acondicionadas em recipientes identificados. Posteriormente, foram encaminhadas ao laboratório para determinação dos teores de matéria seca, matéria mineral, extrato etéreo e proteína bruta, de acordo com a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002).

Tabela 2 - Composição percentual e valor nutricional das dietas experimentais para frangos de corte na fase pré-inicial e inicial (1 a 7 e 8 a 21)

Ingredientes (%)	1 a 7 dias			8 a 21 dias		
	0%FAI <sup>3</sup>	7,5%FAI	15%FAI	0%FAI	7,5%FAI	15%FAI
Milho (7,86% PB)	62,295	54,731	47,167	64,480	56,916	49,352
Farelo de soja (48%PB)	30,368	29,606	28,843	27,774	27,011	26,249
Óleo de soja	1,292	2,186	3,081	1,964	2,859	3,754
Fosfato bicálcico	1,923	1,815	1,707	1,710	1,602	1,494
Suplemento vitamínico mineral <sup>1</sup>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Calcário calcítico	0,977	1,035	1,092	0,895	0,952	1,009
L-Lisina- HCL	0,477	0,476	0,476	0,5189	0,513	0,508
Sal comum	0,536	0,531	0,525	0,495	0,494	0,494
DL- Metionina	0,423	0,426	0,429	0,410	0,412	0,415
L-Treonina	0,187	0,195	0,202	0,278	0,257	0,236
L-Arginina	0,251	0,230	0,209	0,214	0,213	0,211
L-Valina	0,209	0,207	0,205	0,189	0,196	0,204
L-Triptofano	0,013	0,014	0,015	0,018	0,019	0,020
Inerte <sup>2,4</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Farelo de arroz integral	0,000	7,500	15,000	0,000	7,500	15,000
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
Proteína bruta (%)	21,000	21,000	21,000	20,000	20,000	20,000
EM (kcal/kg)	2.975	2.975	2.975	3.0500	3.0500	3.050
Arginina digestível (%)	1,398	1,398	1,398	1,344	1,344	1,344
Lisina digestível (%)	1,307	1,307	1,307	1,256	1,256	1,256
Metionina digestível (%)	0,692	0,694	0,697	0,666	0,669	0,671
Met. + cistina digestível (%)	0,967	0,967	0,967	0,929	0,929	0,929
Treonina digestível (%)	0,863	0,863	0,863	0,829	0,829	0,829
Triptofano digestível (%)	0,235	0,235	0,235	0,226	0,226	0,226
Valina digestível (%)	1,006	1,006	1,006	0,967	0,967	0,967
Cálcio (%)	0,971	0,971	0,971	0,878	0,878	0,878
Cloro (%)	0,391	0,386	0,380	0,381	0,376	0,371
Fósforo disponível (%)	0,463	0,463	0,463	0,419	0,419	0,419
Gordura (%)	4,216	5,870	7,524	4,921	6,575	8,229
Sódio (%)	0,225	0,225	0,225	0,218	0,218	0,218
Ácido linoleico (%)	2,103	2,660	3,216	2,478	3,035	3,591
Potássio (%)	0,840	0,906	0,971	0,792	0,857	0,923

<sup>1</sup>Níveis de garantia por kg do produto: metionina (min) 190g/kg; ferro (min) 3.500,00 mg/kg; cobre (min) 8.000,00mg/kg; manganês (min) 7.200mg/kg; zinco (min) 5.000mg/kg; iodo (min) 140mg/kg; selênio (min) 25mg/kg; vitamina A (min) 700.000UI/kg; vitamina D3 (min) 250.000UI/kg; vitamina E (min) 1.500UI/kg; vitamina K3 (min) 100mg/kg; vitamina B1 (min) 100mg/kg; vitamina B2 (min) 550mg/kg; vitamina B6 (min) 180mg/kg; vitamina B12 (min) 1.400mcg/kg; niacina (min) 3.500mg/kg; pantotenato de cálcio (min) 1.000mg/kg; ácido fólico (min) 55mg/kg; biotina (min) 5mg/kg; cloreto de colina (min) 32g/kg; nicarbazina 12.5g/kg; virgiamicina (min) 1.650mg/kg. <sup>2</sup>Complexo enzimático – contém: Protease 6.250,00 U/g, Fitase 1.000,00 U/g, Xilanase 540,00 U/g, Vitamina A 2.000,00 UI/kg, Vitamina D3 600,00 UI/kg, Vitamina E 15,00 UI/kg. Recomendação segundo o fabricante: 500g/tonelada. <sup>3</sup>FAI = Farelo de arroz integral. <sup>4</sup>As rações dos tratamentos T2, T4 e T6, na fase pré-inicial e inicial receberam a adição de complexo enzimático através da substituição do material inerte, 50g de complexo enzimático para cada 100 kg de ração.

A deposição de nutrientes foi calculada a partir dos valores de composição química, pela diferença do nutriente na carcaça das aves, aos 35 dias e no primeiro dia de idade. Para a determinação da matéria seca, proteína, extrato etéreo e matéria mineral na carcaça, foi utilizada a metodologia adaptada de Fraga *et al.* (2008).

Os dados foram submetidos à avaliação de homogeneidade e normalidade, removidos os outliers identificados e, em seguida, submetidos à análise de variância pelo procedimento GLM do SAS versão 9.0 (SAS, 2002), com  $\alpha = 0,05$ . Foi realizado teste de regressão para os níveis de inclusão de farelo de arroz integral e comparação de média para a presença ou ausência do complexo enzimático, ambos a 5% de significância.

### Resultados e Discussão

Durante o período do ensaio sobre avaliação da metabolizabilidade de nutrientes e retenção de minerais, observou-se que o valor médio da temperatura mínima foi de 24,55°C, enquanto o da máxima, de 35,75°C, com a umidade média de 71,75% e o valor médio de ITGU de 81,01. Para o ensaio, envolvendo a avaliação da deposição e da composição dos nutrientes na carcaça, verificou-se durante o período experimental de cinco semanas (Tabela 3), variação das temperaturas mínima e máxima, respectivamente, na faixa de 19,8 e 24,8°C e 34,6 e 38,4°C, com a umidade relativa do ar oscilando entre 54,0 e 78,0% e o ITGU entre 77,45 e 82,36.

Tabela 3 - Valores médios das temperaturas, umidade relativa do ar e índice de Temperatura e do Globo Negro, durante o período experimental, no ensaio de composição e deposição de nutrientes na carcaça, no período de 1 a 35 dias

Semanas	Temperatura (°C)		Umidade (%)	ITGU
	Mínima	Máxima		
1 <sup>a</sup>	23,0	38,4	64,57	77,45
2 <sup>a</sup>	19,8	34,6	54,00	80,87
3 <sup>a</sup>	19,8	36,3	58,21	82,36
4 <sup>a</sup>	24,8	35,7	65,50	81,10
5 <sup>a</sup>	24,3	35,8	78,00	80,92

Assim, pôde-se constatar que a média das temperaturas máximas diárias atingiu o valor considerado acima da temperatura de conforto térmico recomendada, para estes períodos da vida de frangos de corte, indicando que os animais foram criados em ambiente com elevada temperatura durante parte do dia (ABREU; ABREU, 2011). O valor médio de ITGU foi considerado acima do recomendado para frangos de corte na 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> semana

de vida, pois as aves estavam submetidas a condições de estresse por calor durante parte do dia, caracterizado por valores de ITGU acima de 77 (MEDEIROS *et al.*, 2005).

Com relação à metabolizabilidade dos nutrientes, verificou-se que não houve interação entre o farelo de arroz integral e o complexo enzimático, para o coeficiente de metabolizabilidade dos nutrientes avaliados ( $P>0,05$ ).

Constatou-se que o incremento de farelo de arroz integral (x) influenciou de forma linear decrescente ( $P<0,05$ ), o coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca (CMMS) (Tabela 4), de acordo com a equação:  $CMMS = - 0,0694x + 76,4915$  ( $R^2 = 0,9799$ ), havendo redução do aproveitamento da matéria seca com o aumento dos níveis de farelo de arroz integral nas dietas. Também, foi observado que os níveis de farelo de arroz integral (x) influenciaram de forma quadrática ( $P<0,05$ ), o coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta (CMPB), de acordo com a equação:  $CMPB = - 0,0400x^2 + 0,5684x + 71,9600$  ( $R^2 = 1,00$ ), com o maior coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta estimado, ocorrendo no percentual de inclusão de 7,1% de farelo de arroz integral, o que equivale ao coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta de 73,98%. É importante ressaltar que o coeficiente médio de metabolizabilidade da proteína oscilou entre 71,48 a 73,97% e o da matéria seca, na faixa entre 71,70 e 76,30%. Por outro lado, o coeficiente de retenção da matéria mineral não foi influenciado pelo incremento dos níveis de farelo de arroz integral nas dietas ( $P>0,05$ ). Quanto a adição do complexo enzimático, não se observou interferência no coeficiente de metabolizabilidade dos nutrientes avaliados ( $P>0,05$ ).

Tabela 4 – Metabolizabilidade de nutrientes em dieta de frangos de corte no período de 22 a 35 dias de idade, alimentados com dietas contendo níveis de farelo de arroz integral, associados com complexo enzimático

Parâmetros	Complexo Enzimático	Farelo de Arroz Integral (%)			Média <sup>1</sup>	CV (%)	Valor P <sup>2</sup>	
		0	7,5	15			L	Q
CMMS (%)	SEM	75,25	74,46	72,65	74,12 <sup>a</sup>	2,47	0,0001	0,3854
	COM	77,35	74,68	70,75	74,26 <sup>a</sup>			
Média		76,30	74,57	71,70				
CMPB (%)	SEM	70,11	73,67	74,88	72,89 <sup>a</sup>	4,17	0,7026	0,0455
	COM	73,81	74,27	68,09	72,06 <sup>a</sup>			
Média		71,96	73,97	71,48				
CRMM (%)	SEM	39,98	40,60	39,78	40,12 <sup>a</sup>	13,81	0,0625	0,1443
	COM	48,79	37,60	39,94	42,11 <sup>a</sup>			
Média		44,38	39,10	39,86				

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P>0,05$ ).

<sup>2</sup>L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos à inclusão de farelo de arroz integral na dieta.

CMMS: Coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca; CMPB: Coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta; CRMM: Coeficiente de retenção da matéria mineral.

Com relação à retenção de minerais pelos frangos de corte, verificou-se que não houve interação entre o farelo de arroz integral e o complexo enzimático, para o coeficiente de retenção dos minerais avaliados ( $P > 0,05$ ) (Tabela 5). Assim, pode-se observar que os coeficientes de retenção de cálcio (CRC), do fósforo (CRP), do potássio (CRK), do enxofre (CRS) e do cromo (CRCR), foram influenciados pela inclusão do farelo de arroz nas dietas ( $P < 0,05$ ), de acordo com as respectivas equações:  $CRCA = -0,272x + 68,561$  ( $R^2 = 0,7642$ );  $CRP = -0,203x + 66,030$  ( $R^2 = 0,7505$ ),  $CRK = -0,304x + 39,138$  ( $R^2 = 0,9769$ ),  $CRS = -0,343x + 67,257$  ( $R^2 = 0,942$ ),  $CRCR = -0,656x + 62,209$  ( $R^2 = 0,7265$ ). Neste sentido, observou-se que esses coeficientes de retenção decresceram linearmente com o aumento dos níveis de farelo de arroz integral nas dietas. Porém, o complexo enzimático influenciou de forma significativa coeficiente de retenção de cálcio ( $P < 0,05$ ), em que a adição de enzimas aumentou o coeficiente de retenção de cálcio, enquanto o de fósforo, enxofre e cromo, com e sem o complexo enzimático, não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ). Para o potássio, a adição do complexo enzimático reduziu o coeficiente de retenção ( $P < 0,05$ ).

A hidrólise do fitato aumenta a disponibilidade de cálcio em frangos de corte (WALK *et al.*, 2012a; WALK *et al.*, 2012b; COWIESON *et al.*, 2014). A alta concentração de cálcio tem um grande efeito negativo na utilização do fósforo fitico (ZELLER *et al.*, 2015; BEESON *et al.*, 2017).

Embora o efeito benéfico da antiga recomendação da indústria sobre a suplementação da enzima fitase (ou seja, 500 FTU/kg da dieta) esteja bem estabelecido na literatura, muitos pesquisadores têm utilizado doses superiores a essa recomendação para aumentar à utilização de fosforo ligado a molécula do ácido fitico e obter resultados mais expressivos (FARHADI *et al.*, 2017; FARHADI *et al.*, 2019).

Quanto ao coeficiente de retenção cloro (CRCL), observou-se efeito quadrático dos níveis de farelo de arroz integral das dietas, de acordo com a equação  $CRCL = 0,208x^2 - 2,701x + 44,249$  ( $R^2 = 1$ ), com ponto de valor mínimo estimado de 35,48%, correspondendo a 6,493 de inclusão de farelo de arroz nas dietas. A adição do complexo enzimático também melhorou de forma significativa o coeficiente de retenção do cloro ( $P < 0,05$ ). Também, observou-se que o coeficiente de retenção do zinco (CRZN) foi influenciado de forma quadrática pelo incremento do farelo de arroz integral nas dietas, segundo a equação:  $CRZN = 0,146x^2 - 2,739x + 29,712$  ( $R^2 = 1$ ), com o ponto de valor mínimo, correspondendo ao valor estimado de 16,846%, em resposta a 9,39% de inclusão

de farelo de arroz. A adição do complexo enzimático, também, melhorou a retenção de zinco ( $P < 0,05$ ).

Tabela 5 – Retenção de minerais em dieta de frangos de corte no período de 22 a 35 dias de idade, alimentados com dietas contendo níveis de farelo de arroz integral, associados com complexo enzimático

Parâmetros	Complexo Enzimático	Farelo de Arroz Integral (%)			Média <sup>1</sup>	CV (%)	Valor P <sup>2</sup>	
		0	7,5	15			L	Q
CR Calcio (%)	SEM	68,680	63,895	62,503	65,026 <sup>b</sup>	5,31	0,0201	0,1102
	COM	69,713	66,607	68,380	68,225 <sup>a</sup>			
Média		69,197	65,251	65,175				
CR Fosforo (%)	SEM	66,548	65,488	64,348	65,460 <sup>a</sup>	3,86	0,0038	0,1069
	COM	64,558	65,603	60,214	63,649 <sup>a</sup>			
Média		65,553	65,551	62,469				
CR Potássio (%)	SEM	39,872	40,280	38,313	39,488 <sup>a</sup>	11,68	0,0154	0,6926
	COM	37,998	34,238	30,418	34,218 <sup>b</sup>			
Média		38,935	37,259	34,366				
CR Enxofre (%)	SEM	66,237	64,244	60,712	63,701 <sup>a</sup>	4,64	0,0008	0,5128
	COM	67,588	66,432	62,966	65,821 <sup>a</sup>			
Média		66,913	65,437	61,736				
CR Cloro (%)	SEM	40,435	31,395	41,363	37,731 <sup>b</sup>	18,28	0,0646	0,0003
	COM	48,063	39,980	59,685	49,243 <sup>a</sup>			
Média		44,249	35,688	50,524				
CR Zinco (%)	SEM	28,843	14,595	16,752	20,747 <sup>b</sup>	22,88	0,0014	0,0004
	COM	30,582	19,222	27,056	25,535 <sup>a</sup>			
Média		29,713	17,371	21,435				
CR Cromo (%)	SEM	59,958	51,805	53,177	54,980 <sup>a</sup>	12,83	0,0031	0,0552
	COM	67,945	55,805	55,050	59,600 <sup>a</sup>			
Média		63,952	53,805	54,113				

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

<sup>2</sup>L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos à inclusão de farelo de arroz integral na dieta. CR: Coeficiente de retenção.

Para a deposição de nutrientes na carcaça de frangos de corte (Tabela 6), no período de 1 a 35 dias de vida, constatou-se que não houve interação entre os níveis de farelo de arroz integral e o complexo enzimático para os parâmetros: deposição de água, proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral na carcaça ( $P > 0,05$ ).

A adição de farelo de arroz (x) interferiu de forma quadrática na deposição de água na carcaça dos frangos de corte (DAC) ( $P < 0,05$ ), de acordo com a equação:  $DAC = 0,983x^2 - 15,969x + 1360,156$  ( $R^2 = 1$ ), com ponto estimado de valor mínimo equivalendo a 8,12% de inclusão de farelo de arroz, assim, correspondendo à deposição de 1.295,37 gramas de água na carcaça dos frangos de corte.

A deposição de proteína bruta na carcaça (DPBC) foi influenciada de forma linear decrescente pela adição de farelo de arroz (x) nas dietas das aves ( $P < 0,05$ ), de acordo com a equação:  $DPBC = - 2,455x + 455,312$  ( $R^2 = 0,9922$ ). Assim, o aumento na adição de farelo de arroz nas dietas reduz a deposição de proteína bruta na carcaça dos frangos de corte aos 35 dias de idade. O incremento de complexo enzimático não influenciou nos parâmetros avaliados de deposição de nutrientes na carcaça dos frangos de corte aos 35 dias de vida ( $P > 0,05$ ).

Em relação ao extrato etéreo e material mineral depositados na carcaça, não se observou efeito dos níveis de farelo de arroz integral das dietas, nem da adição do complexo enzimático ( $P > 0,05$ ).

Tabela 6 – Deposição de nutrientes na carcaça de frangos de corte, no período de 1 a 35 dias de idade, alimentados com dietas contendo níveis de farelo de arroz integral associados a complexo enzimático

Parâmetros	Complexo Enzimático	Farelo de Arroz Integral (%)			Média <sup>1</sup>	CV (%)	Valor P <sup>2</sup>	
		0	7,5	15			L	Q
Água (g)	SEM	1359,39	1267,03	1355,79	1327,40 <sup>a</sup>	5,60	0,5981	0,0463
	COM	1360,92	1324,40	1325,27	1337,54 <sup>a</sup>			
Média		1360,16	1295,71	1341,92				
Proteína Bruta (g)	SEM	475,27	450,25	423,16	449,56 <sup>a</sup>	8,38	0,0256	0,8294
	COM	437,21	419,84	415,12	424,58 <sup>a</sup>			
Média		456,24	435,05	419,50				
Extrato Etéreo (g)	SEM	251,70	239,67	238,76	243,378 <sup>a</sup>	11,68	0,6952	0,5866
	COM	230,49	236,14	247,49	237,481 <sup>a</sup>			
Média		241,09	237,91	242,73				
Matéria Mineral (g)	SEM	71,98	60,14	79,64	70,59 <sup>a</sup>	32,29	0,8570	0,3587
	COM	100,18	75,83	76,61	84,65 <sup>a</sup>			
Média		86,08	67,99	78,26				

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

<sup>2</sup>L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos à inclusão de farelo de arroz integral na dieta.

Observou-se que não houve interação entre os níveis de farelo de arroz integral e o complexo enzimático ( $P > 0,05$ ) (Tabela 7), para os parâmetros avaliados de deposição dos nutrientes na carcaça, envolvendo os valores percentuais de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral.

Neste sentido, foi observado que os níveis de farelo de arroz integral não influenciaram os valores percentuais de matéria seca, extrato etéreo e de matéria mineral na carcaça. Porém, constatou-se que o incremento de farelo de arroz integral (x) nas dietas interferiu de forma linear decrescente ( $P < 0,05$ ) o percentual de proteína (PP), de acordo com a equação:  $PP = -0,1801x + 59,877$  ( $R^2 = 0,921$ ). Logo, à medida que ocorreu

aumento nos níveis de farelo de arroz integral nas dietas, observou-se redução no valor percentual de proteína na carcaça de frango de corte, no período de 1 a 35 dias de vida.

A diferença comparativa entre os valores obtidos para a dieta controle e a com 15% de farelo de arroz integral teve comportamento semelhante ao da incorporação dos nutrientes em gramas na carcaça, porém com percentuais diferentes. Houve redução do percentual de proteína bruta na carcaça de 4,46% e incremento de extrato etéreo de 2,16%, de matéria mineral de 3,85% e de matéria seca de 1,65%.

Também, foi constatado que o complexo enzimático não influenciou os percentuais de proteína bruta, de extrato etéreo e de matéria mineral ( $P > 0,05$ ). Porém, interferiu reduzindo o percentual de matéria seca, que compõe a carcaça de frangos de corte ( $P < 0,05$ ), aos 35 dias de idade.

Tabela 7 - Composição de nutrientes na carcaça de frangos de corte, no período de 1 a 35 dias de idade, alimentados com dietas contendo níveis de farelo de arroz integral associados a complexo enzimático

Parâmetros	Complexo Enzimático	Farelo de Arroz Integral (%)			Média <sup>1</sup>	CV (%)	Valor P <sup>2</sup>	
		0	7,5	15			L	Q
Matéria Seca (%)	SEM	36,78	37,59	35,10	36,49 <sup>a</sup>	5,33	0,500	0,148
	COM	34,72	35,40	35,20	35,10 <sup>b</sup>			
Média		35,75	36,49	35,16				
Proteína Bruta (%)	SEM	59,82	58,63	57,31	58,59 <sup>a</sup>	5,32	0,039	0,604
	COM	60,38	57,53	57,54	58,54 <sup>a</sup>			
Média		60,10	58,08	57,42				
Extrato Etéreo (%)	SEM	31,48	31,05	32,16	31,56 <sup>a</sup>	9,20	0,161	0,415
	COM	31,65	32,13	34,14	32,55 <sup>a</sup>			
Média		31,57	31,59	33,06				
Matéria Mineral (%)	SEM	8,93	7,86	10,84	9,21 <sup>a</sup>	31,60	0,665	0,298
	COM	13,39	10,43	10,59	11,52 <sup>a</sup>			
Média		11,16	9,14	10,73				

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

<sup>2</sup>L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos à inclusão de farelo de arroz integral na dieta.

De maneira similar, os resultados encontrados no presente estudo estão em consonância com os obtidos por Pontalti *et al.* (2014), ao evidenciaram que as adições de farelo de arroz nas dietas de frangos de corte, diminuem o coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca e da proteína bruta. Também, diferem dos observados por Pereira e Adeola (2016), que relataram que a adição de valores próximos de 6% de farelo de arroz nas dietas de frangos de corte melhora a retenção de cálcio e de fosforo

pelos frangos de corte, e que o farelo de arroz não influencia na metabolizabilidade da proteína pelos frangos de corte, no período de 15 a 22 dias de idade.

Neste sentido, Sanchez *et al.* (2019), em pesquisa com farelo de arroz integral e complexo enzimático, em dietas de frango de corte, na mesma fase, observaram que o farelo de arroz não influencia no valor percentual de proteína bruta metabolizada, enquanto a adição do complexo enzimático aumenta o percentual de proteína bruta metabolizada.

Ainda, com esta perspectiva, Sanchez *et al.* (2018) ressaltaram que o farelo de arroz apresenta a propriedade de combinar fibras solúveis e insolúveis, na forma de polissacarídeos não amiláceos (PNA's), principalmente, arabinoxilanos e arabinose. Assim, a quantidade de polissacarídeos não amiláceos presente no farelo de arroz integral, possivelmente, interfere de forma negativa no valor do coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca e da proteína bruta, porém, sendo observada melhoria no coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta para níveis baixos de inclusão de farelo de arroz integral nas dietas dos frangos de corte, e piora em níveis mais altos, tendo como consequência redução na deposição e composição de proteína bruta na carcaça dos frangos de corte aos 35 dias de idade. O presente estudo, encontra-se em discordância com o constatado pelos autores supracitados com relação ao aproveitamento da matéria seca e da proteína bruta.

Ressalte-se que o farelo de arroz é composto além dos PNA's, por frações de hemicelulose, e de lignina, fração não degradada nos processos metabólicos (ARUN *et al.*, 2020), bem como de  $\beta$ -glucanos, pectina e goma (IRAKLI *et al.*, 2021), fitatos e inibidores de tripsina, os quais podem limitar seu uso na formulação de rações, por serem considerados fatores antinutricionais de animais não ruminantes.

Para Kiarnie *et al.*, (2017), a composição da dieta se constitui em um dos principais fatores que pode influenciar a utilização de nutrientes e a fisiologia gastrointestinal, em função da presença de fatores antinutricionais e da natureza do substrato disponível.

Os resultados encontrados por Cowieson *et al.* (2015) e Kaczmarek *et al.* (2016), em experimentos realizados com incremento de fitase em dietas para frangos de corte, apontaram melhor aproveitamento de minerais de uma forma geral, e principalmente de cálcio e fósforo, referente ao aumento na disponibilidade de minerais liberados pela fitase a partir do complexo mineral do fitato. No presente estudo o complexo enzimático

melhorou a retenção do cálcio, sem influenciar na retenção do fósforo pelos frangos de corte.

A xilanase é uma carboidrase que hidrolisa as ligações dos arabinosilanos, e Raza *et al.* (2019) sugeriram que os possíveis mecanismos de ação da xilanase em dietas de aves são a redução da viscosidade no trato gastro intestinal, a redução da destruição da parede celular intestinal e a geração de prebióticos. Barekatin *et al.* (2013), em pesquisa com a combinação de xilanase e protease em dietas contendo sorgo, não encontraram diferença significativa no aproveitamento de nutrientes pelas aves. Embora a xilanase tenha degradado a fração insolúvel de polissacarídeos não amiláceos para liberar quantidades substanciais de açúcares livres, a combinação de xilanase com protease diminui esse efeito da xilanase. Resultados similares foram encontrados no presente estudo.

Neste contexto, apesar de que o incremento de complexo enzimático nas dietas de frangos de corte melhora a retenção de minerais como o cálcio, o cloro e o zinco, isso não se reflete na melhoria na metabolizabilidade dos nutrientes, ou na melhor deposição e composição de nutrientes na carcaça. O que se contrapõe aos resultados esperados, tendo em vista que o complexo enzimático continha protease (6.250,00 U/g), xilanase (540,00 U/g) e fitase (1.000,00 U/g).

### Conclusão

A inclusão de farelo de arroz integral nas dietas, a partir do nível de 7,1% de inclusão, interfere negativamente na metabolizabilidade da proteína bruta, e como consequência também interfere na deposição de proteína bruta e na composição de proteína bruta da carcaça dos frangos de corte aos 35 dias de idade, enquanto a adição do complexo enzimático não interfere no coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca, proteína bruta e matéria mineral.

Os coeficientes de retenção de cálcio, fósforo, potássio, enxofre, e do cromo respondem de forma linear decrescente ao aumento dos níveis de farelo de arroz da dieta.

A adição do complexo enzimático aumenta o coeficiente de retenção de cálcio, cloro e zinco, porém, não interfere no de fósforo, enxofre e cromo, enquanto o de potássio reduz o valor.

### Referências

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40. n. 1. p. 1-14, 2011.

ARUN, V.; PERUMAL, E. M.; PRAKASH, K. A.; RAJESH, M. Sequential fractionation and characterization of lignin and cellulose fiber from waste rice bran. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 8, n. 5, 2020.

BAREKATAIN, M. R.; ANTIPATIS, C.; CHOCT, M.; IJI, P. A. Interaction between protease and xylanase in broiler chicken diets containing sorghum distillers' dried grains with solubles. **Animal Feed Science and Technology**, v. 182, p. 71-81, 2013.

BEESON, L.; WALK, C. L.; BEDFORD, M. R.; OLUKOSI, O. A. Hydrolysis of phytate to its lower esters can influence the growth performance nutrient utilization of broilers with regular or superdoses of phytase. **Poultry Science**, v. 96, p. 2243-2253, 2017.

BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO-ROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER, W.W. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, v. 24, n. 3, p. 711-0714, 1981.

COWIESON, A. J.; AURELI, R.; GUGGENBUHL, P.; FRU-NJI, F. Possible involvement of myoinositol in the physiological response of broilers to high doses of microbial phytase. **Animal Production Science**, Clayton South, v. 55, n. 6, p. 710-719, 2015.

DALÓLIO, F. S.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; SILVA, D. L.; XAVIER JÚNIOR, M. L.; OLIVEIRA, V. D. Avaliação nutricional e energética da soja integral tostada para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 69, n. 2, p. 437-444, 2017.

DILELIS, F.; GOMES, A. V. C.; LIMA, C. A. R.; CORRÊA, D. C. B.; REIS, T. L. Metabolizable energy of rice bran, cottonseed meal and wheat bran for slow-growing broilers at two ages. **Ciência Animal Brasileira**, v. 20, p. 1-10, 2019.

FARHADI, D.; KARIMI, A.; SADEGHI, G. H.; ROSTAMZADEH, J.; BEDFORD, M. R. Effects of a high dose of microbial phytase and myo-inositol supplementation on growth performance, tibia mineralization, nutrient digestibility, litter moisture content, and foot problems in broiler chickens fed phosphorus-deficient diets. **Poultry Science**, v. 96, p. 3664-3675, 2017.

FARHADI, D.; KARIMI, A.; SADEGHI, A. A.; ROSTAMZADEH, J.; BEDFORD, M. R. Effect of a high dose of exogenous phytase and supplementary myo-inositol on mineral solubility of broiler digesta and diets subjected to in vitro digestion assay. **Poultry Science**, v. 98, p. 3870-3883, 2019.

FERNANDES, R.T.V.; ARRUDA, A.M.V.; MELO, A.S.; FERNANDES, D.R. Rendimento produtivo e viabilidade econômica de feno de forrageiras em rações para frangos pescoço pelado. **Boletim da Indústria Animal**, v. 75, n. 1, p.342-350, 2018.

FRAGA, A. L.; MOREIRA, I.; FURLAN, A. C.; BASTOS, A. O.; OLIVEIRA, R. P. D.; MURAKAMI, A. E. Lysine requirement of starting barrows from two genetic groups fed on low crude protein diets. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 51, n. 1, p. 49-56, 2008.

HIDAYAT, C.; WINA, E.; SOPIYANA, S. Beneficial of Bioactive Compound of Rice Bran for Chicken's Functional Feed. **CARTAZOA**, v. 31, n. 2, p. 75-84, 2021.

IRAKLI, M.; LAZARIDOU, A.; BILIADERIS, C. G. Comparative Evaluation of the Nutritional, Antinutritional, Functional, and Bioactivity Attributes of Rice Bran Stabilized by Different Heat Treatments. **Foods**, v. 10, n. 1, p. 57, 2021.

JUNQUEIRA, O. M.; DUARTE, K. F.; CANCHERINI, L; C.; ARAÚJO, L. F.; OLIVEIRA, M. C.; GARCIA, E. A. Composição química, valores de energia metabolizável e aminoácidos digestíveis de subprodutos do arroz para frangos de corte. **Ciência Rural**, v. 39, n. 8, p. 2497-2503, 2009.

KACZMAREK, S. A.; COWIESON, A. J.; HEJDYSZ, M.; RUTKOWSKI, A. Microbial phytase improves performance and bone traits in broilers fed diets based on soybean meal and containing lupin meal. **Animal Production Science**, Clayton South, v. 56, n. 10, p. 1669-1676, 2016.

KIARIE, E.; WALSH, M. C.; ROMERO, L. F.; ARENT, S.; RAVINDRAN, V. Nutrient and fiber utilization responses of supplemental xylanase in broiler chickens fed wheat-based diets are independent of the adaptation period to test diets. **Poultry Science**, v. 96, p. 3239-3245, 2017.

MATTERSON, L. D.; POTTER, L. M.; STUTZ, M. W. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **Storrs: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station**, n. 7, 11 p., 1965.

MEDEIROS, C. M.; BAETA, F. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; TINÔCO, I. F. F.; ALBINO, L. F. T.; CECON, P. R. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. **Engenharia na Agricultura**, v. 1, p. 277-286, 2005.

MIRANDA, L. M. B. DE; GOULART, C. DE C.; LEITE, S. C. B.; BATISTA, A. S. M.; LIMA, R. C. Farelo de caroço de algodão em rações para frangos de corte com ou sem suplementos enzimáticos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 4, p. 690-699, 2017.

PEREIRA, L. F. P.; ADEOLA, O. Energy and phosphorus values of sunflower meal and rice bran for broiler chickens using the regression method. **Poultry Science**, v. 95, ed. 9, p. 2081-2089, 2016.

PONTALTI, G. C.; EBLING, P. D.; VILLANUEVA, A. P.; TEIXEIRA, L. G.; RIBEIRO, A. M. L. Full fat rice bran processed by infrared in different time periods in broiler diets. **Ciência rural**, v. 44, n. 3, p. 561, 2014.

RAMOS, L. S. N.; LOPES, J.B.; FIGUEIRÊDO, A.V.; FREITA, A. C.; FARIAS, L. A.; SANTOS, L. S.; SILVA, H. O.. Polpa de caju em rações para frangos de corte na fase final: desempenho e características de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 804-810, 2006.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F.T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M. L.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**. Composição de alimentos e exigências nutricionais. 4. ed. Viçosa, MG - Departamento de Zootecnia, UFV, 488 p. 2017.

SANCHEZ, J., THANABALAN, A., KHANAL, T., PATTERSON, R., SLOMINSKI, B. A., KIARIE, E. Effects of feeding broiler chickens up to 11% rice bran in a cornsoybean

meal diet without or with a multi-enzyme supplement. **Animal Nutrition**, v. 5, n. 1, 2018.

SANCHEZ, J.; THANABALAN, A.; KHANAL, T.; PATTERSON, R.; SLOMINSKI, B. A.; KIARIE, E. Growth performance, gastrointestinal weight, microbial metabolites and apparent retention of components in broiler chickens fed up to 11% rice bran in a corn-soybean meal diet without or with a multi-enzyme supplement. **Animal nutrition**, v. 5, n. 1, p. 41-48, 2019.

**SAS. Statistical Analysis Systems User's Guide:** Version 9.0. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc., 2002.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos** (Métodos químicos e biológicos). 3 ed. Viçosa, MG: UFV. 2002. 235p.

TICKLE, P. G.; CODD, J. R. Thermoregulation in rapid growing broiler chickens is compromised by constraints on radiative and convective cooling performance. **Journal of Thermal Biology**: v. 79, p. 8-14. 2019.

VALADARES, C. G; SANTOS, J. S; LUDKE, M. C. M. M; LUDKE, J. V; SILVA, J. C. N. S; PEREIRA, OS. Determinação da energia metabolizável do farelo de milho residual com e sem enzima em rações para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.**, v. 68, n. 3, p.748-754, 2016.

WALK, C. L.; BEDFORD, M. R.; MCELROY, A. P. Influence of limestone and phytase on broiler performance, gastrointestinal pH and apparent ileal nutrient digestibility. **Poultry Science**, v. 91, p. 1371-1378, 2012.

WALK, C. L.; ADDO-CHIDIE, E. K.; BEDFORD, M. R.; ADEOLA, O. Evaluation of a highly soluble calcium source and phytase in the diets of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 91, p. 2255-2263, 2012.

ZELLER, E.; SCHOLLENBERGER, M.; WITZIG, M.; SHASTAK, Y.; KUHN, I.; HOELZLE, E.; RODEHUTSCORD, M. Interactions between supplemented mineral phosphorus and phytase on phytate hydrolysis and inositol phosphates in the small intestine of broilers. **Poultry Science**, v. 94, p. 1018-1029, 2015.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avicultura de corte tem alcançado grandes e importantes avanços, nas mais diferenciadas áreas do conhecimento, no entanto, os custos com alimentação, ainda se constitui aspecto que preocupa o meio produtivo, especialmente, com o crescente preço dos ingredientes tradicionais, como o milho e o farelo de soja no mercado interno.

Neste cenário, a busca por alimentos alternativos capazes de minimizar os efeitos danosos do ponto de vista econômico para atividade avícola tem representado grande desafio para o meio técnico e científico brasileiro.

Assim, com esta perspectiva, o presente estudo, envolvendo o uso de farelo integral de arroz associado com complexo enzimático para frangos de corte, contemplando ensaios de desempenho, de metabolizabilidade, composição e deposição de nutrientes na carcaça, teve como foco avaliar um ingrediente bastante representativo no contexto nacional, especialmente, para o nordeste brasileiro, cuja produção e consumo de arroz na alimentação humana atingem patamares elevados.

O incremento de farelo de arroz integral, até o nível de 15% nas dietas de frangos de corte, interfere negativamente na metabolizabilidade da matéria seca na fase de crescimento dos frangos de corte, apesar de promover uma menor deposição de água na carcaça dos frangos de corte aos 35 dias de vida. O incremento de farelo de arroz integral interfere negativamente na metabolizabilidade da proteína bruta, e como consequência também interfere na deposição de proteína bruta e na composição de proteína bruta da carcaça dos frangos de corte aos 35 dias de idade. A adição do complexo enzimático piora a composição de matéria seca na carcaça dos frangos de corte. O incremento de farelo de arroz integral nas dietas dos frangos de corte, piora a retenção do cálcio, fósforo, potássio, enxofre, zinco e cromo pelas aves, níveis próximos de 15% de farelo de arroz melhoram a retenção de cloro pelos frangos de corte. A adição do complexo enzimático nas dietas melhora a retenção de cálcio, cloro e zinco pelas aves, e piora a retenção de potássio.

O complexo enzimático não influencia os parâmetros de desempenho em dietas de frangos de corte, nem os parâmetros relacionados ao rendimento da carcaça e dos principais cortes, nem na qualidade da cama e dos parâmetros ósseos, exceto para peso relativo do fígado, que reduz o peso. O aumento do teor de farelo de arroz integral nas dietas, a partir do nível de 7,1% de inclusão, interfere negativamente na metabolizabilidade da proteína bruta, e como consequência também influencia na

deposição de proteína bruta e na composição de proteína bruta da carcaça dos frangos de corte aos 35 dias de idade. A adição do complexo enzimático não influencia no coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca, proteína bruta e matéria mineral. Os coeficientes de retenção cálcio, fósforo, potássio, enxofre e do cromo respondem de forma decrescente ao aumento dos níveis de farelo de arroz integral na dieta. A adição do complexo enzimático aumenta o coeficiente de retenção de cálcio, cloro e zinco, porém, não interfere no fósforo, enxofre e cromo, enquanto o de potássio reduz o valor.

Mediante o exposto, recomenda-se que mais estudos sejam feitos com o objetivo de esclarecer a inclusão do farelo de arroz integral, fazer a manipulação nutricional das dietas quando a suplementação enzimática for utilizada, levando em consideração a matriz nutricional das enzimas, seguida de algumas análises como as que visam identificar as reais quantidades dos fatores antinutricionais presentes no farelo de arroz integral. Em paralelo a isso, recomenda-se que mais estudos sejam feitos trabalhando níveis de suplementação com complexo enzimático associados ao farelo de arroz integral.